



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

581.1 .L948

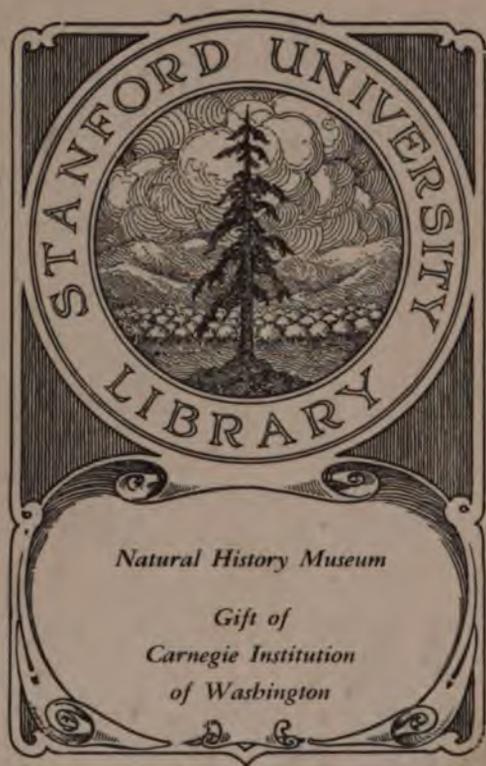
C.2

Lehrbuch der biologie

Stanford University Libraries



3 6105 046 587 544



Natural History Museum

*Gift of
Carnegie Institution
of Washington*

69/201 9/20

LEHRBUCH
DER
BIOLOGIE DER PFLANZEN

VON
PROF. DR. FRIEDRICH LUDWIG

Ueber seine von der Universität zu Gießen, am 11. März 1842, ertheilte Promotion. Mitglied der Naturforschenden Gesellschaft zu Braunschweig, der Naturforschenden Gesellschaft zu Bonn, der Naturforschenden Gesellschaft zu Gießen, der Naturforschenden Gesellschaft zu Würzburg, Mitglied der Societe scientifique de France, der Academie des Sciences de Berlin.

MIT 29 IN DEN TEXT BEDRUCKTEN FIGUREN.



STUTTGART.
VERLAG VON FERDINAND ENKE.

1895.

Verlag von FERDINAND ENKE in Stuttgart.

Neuere botanische Werke.

Lehrbuch der Niedereren Kryptogamen.

Mit besonderer Berücksichtigung
derjenigen Arten, die für den Menschen von Bedeutung sind oder im
Haushalte der Natur eine hervorragende Rolle spielen.

Von

Prof. Dr. Friedr. Ludwig.

Mit 13 Figuren in etwa 130 Einzelbildern.

Gr. 8. 1890. geb. M. 9.—

Die Fachpresse sagt über dieses Werk:

Naturwissensch. Wochenschrift: Der Verfasser hat mit grossem Fleisse die gesammte einschlägige Literatur benutzt und giebt die neuesten Forschungen in ausführlicher Form wieder.

Gaea: Nicht nur der Botaniker, sondern auch der Arzt, der Chemiker, der Naturfreund im Allgemeinen finden in diesem Werke ein überaus werthvolles Compendium, welches den dämäligen Stand der Wissenschaft repräsentirt.

Vierteljahresschrift f. öff. Gesundheitspflege: Das Buch hat eine überwiegend praktische Tendenz. Professor Ludwig, der auf fast sämmtlichen Gebieten der Kryptogamenforschung selbst literarische Leistungen aufzuweisen hat, war der richtige Mann, die Resultate dieser Wissenschaft in der Form eines Lehrbuches vorzutragen.

Naturae Novitates: Vorliegender Band kostet alles, was über die niederen Kryptogamen im Allgemeinen, nicht nur von rein botanischen, sondern auch vom praktischen Standpunkt aus, wissenschaftlich erscheint und ist deshalb besonders Studenten der Medicin, Pharmacie, Land- und Forstwirthschaft zu empfehlen. Nur wer die literarische Hiessliteratur der Gegenwart kennt, wird die kritische Arbeit des Autors voll zu würdigen wissen.

Forstwissensch. Centralbl.: Das Werk leistet vorzugsweise als Nachschlagewerk vorzügliche Dienste. Alles Wissenswerthe über die niederen Kryptogamen wurde in übersichtlicher und anschaulicher Weise zusammengetragen.

Kürzlich erschienen:

Blütenbiologische Floristik

des

mittleren und nördlichen Europa sowie Grönlands.

Systematische Zusammenstellung

des in den letzten zehn Jahren veröffentlichten Beobachtungsmaterials.

Von

Professor Dr. E. Loew.

Gr. 8. 1894. geb. M. 11.—



U

•

LEHRBUCH
DER
BIOLOGIE DER PFLANZEN.

VON

PROF. DR. FRIEDRICH LUDWIG

Oberlehrer am Gymnasium mit Realabteilung zu Greis, correspondirendem Mitgliede der Naturforschenden Gesellschaft zu Danzig, der Naturforschenden Gesellschaft Isis zu Dresden, der Naturforschenden Gesellschaft des Osterlandes zu Altenburg, Mitglied der Société mycologique de France, der Deutschen Bot. Gesellschaft etc.

MIT 28 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN FIGUREN.

STUTTGART.
VERLAG VON FERDINAND ENKE.

1895.

Wl'

581.1
L948
cop. 2
727557

Vorwort.

Die Begründung der Pflanzenbiologie als einer besonderen Wissenschaft rührt von Federico Delpino her, der zuerst 1867 seine „Pensieri sulla biologia vegetale, sulla tassonomia e sul valore tassonomico dei caratteri biologici“ (Nuovo Cimento, Vol. XXV, Pisa) veröffentlichte. Er trennte als Biologie („Lebenslehre“) die Lehre von den äusseren Lebensbeziehungen der Pflanze von der Physiologie, der Lehre von den Vorgängen des inneren Pflanzenlebens. Während die letzteren auf physikalisch-chemische Umwandlungen hinauslaufen, spotten die ersteren aller mechanischen Erklärungsversuche in dem Masse, wie dies mit der mechanischen Erklärung des Lebens überhaupt immer der Fall sein wird. Variabilität, Erbllichkeit, Anpassungsvermögen, die Faktoren, welche bei der Gestaltung der äusseren Lebensbeziehungen die Hauptrolle spielen, sind den lebenden Wesen im Gegensatz zu den unorganischen toten Körpern eigen.

Noch am 25. April 1875 schrieb Ferdinand Cohn in Breslau an Delpino: „Gewiss ist die von Ihnen unterschiedene Beziehung zwischen Biologie und Physiologie eine wichtige, wenn ich auch zweifeln möchte, dass die von Ihnen gewählten Bezeichnungen sich einbürgern werden, da man sich gewöhnt hat, beide Worte nahezu synonym anzuwenden, wenigstens bei den Pflanzen, wo die äusseren Lebenserscheinungen, die Sie mit Recht als biologische unterscheiden, bisher nur wenig beobachtet wurden. Vielleicht wird die reiche Fülle neuer Thatsachen und Ideen die Biologie der Pflanzen zu einer selbständigen Wissenschaft erheben.“ Heute, nach 20 Jahren, sind die äusseren Lebenserscheinungen — damals noch

wenig beobachtet — in einer Fülle erforscht und wissenschaftlich untersucht worden, ist die Literatur über sie derartig angeschwollen, dass nicht nur die Abgliederung der Biologie als einer besonderen Disciplin dem nach Entlastung ringenden Geiste unumgänglich nöthig scheint, dass auch die Zeit nicht ferne sein wird, in der besondere Lehrkanzeln der Universitäten für die Pflanzenbiologie begründet werden müssen, wie sie für Physiologie, Anatomie etc. schon lange bestehen. Es ist damit auch das Bedürfniss zu Tage getreten, alles das, was bisher auf dem neuen Gebiete erforscht wurde, in einem Lehrbuch der Biologie der Pflanzen einheitlich zusammenzufassen. Diesem Bedürfniss ist das vorliegende Lehrbuch entsprungen.

Wer das Pflanzenleben in seinen mannigfaltigen Anpassungen und Beziehungen zur Aussenwelt erforschen will, muss natürlich an der Quelle draussen in freier Natur selbst schöpfen, soweit ihm dies möglich ist. Nur der Führer und Lehrmeister bei diesen Studien der lebenden Pflanzen selbst will und kann das vorliegende Buch sein.

Möge es der jungen Wissenschaft viele neue Freunde zuführen.

Greiz, im Januar 1895.

Der Verfasser.

Inhaltsübersicht.

	Seite
§ 1. Einleitung	1
I. Abschnitt.	
Biologie der Ernährung.	
Kapitel I. Die Ausrüstungen der Land- und Wasserpflanzen.	
§ 2. Ernährung der Land- und Wasserpflanzen	3
§ 3. Schlamm- und submerse Wasserpflanzen, Schwimmpflanzen, amphibische Gewächse	5
§ 4. Schilfgewächse und Sumpfpflanzen	10
Kapitel II. Anpassungen an die parasitische Lebensweise.	
§ 5. Die verschiedenen Stufen des Parasitismus	11
§ 6. Beiläufige Schmarotzer (Hemiparasiten)	12
§ 7. Parasitische Lauraceen und Convolvulaceen	13
§ 8. Ernährung der Orobanchen	14
§ 9. Anpassungen der Balanophoraceen an die parasitische Lebensweise	15
§ 10. Anpassungen der Rafflesiaceen an den Parasitismus	17
§ 10b. Wasserparasiten (Loranthaceen)	19
§ 11. Parasitische Kryptogamen. Anpassungen der Pilzparasiten an die chemischen Eigenschaften des Wirthes. Chemotropismus und Contactreize. Facultativer Parasitismus. Anpassungen an einzelne Organe des Wirthes	21
§ 12. Beeinflussung der Wirthspflanzen durch kryptogamische Parasiten	28
§ 13. Gewohnheitsrassen und Schwesterarten	31
Kapitel III. Ernährung höherer Pflanzen durch Vermittelung der Pilze.	
§ 14. Mykorrhizen und Mykodomatien	34
§ 15. Ektotrophe Mykorrhizen	35
§ 16. Endotrophe Mykorrhizen	38
§ 17. Mykodomatien der Erlen, Eläagnaceen etc.	39
§ 18. Wurzelknöllchen der Leguminosen	40
Kapitel IV. Fleischfressende Pflanzen.	
§ 19. Arten fleischfressender Pflanzen	41
§ 20. <i>Dionaea muscipula</i> und <i>Aldrovanda vesiculosa</i>	43
§ 21. Die <i>Drosera</i> -arten. Verdauung derselben, Reizströme, Fütterungsversuche, Bewegung ganzer Blätter	48

	Seite
22. Die Fleischverdauung der Pinguiculaarten	55
23. Thierfänger mit Fallen und Fanggruben (Utricularia, Polypom- pholyx, Biovularia, Genlisea	56
24. Lock- und Fangrüstung und Verdauungsorgane der Nepenthaceen	63
25. Cephalotaceen	65
26. Sarraceniaceen	66
27. Ascidien der Asclepiadeen	68
28. Betheiligung der Bakterien bei der Eiweissverdauung.	69
29. Frage nach der Fleischverdauung von Lathraea und Bartschia . .	71
30. Klebrüstungen zum Thierfang bei Drosophyllum, Byblis, Rori- dula etc. Andere Thierfänger	74
31. Ein fleischfressender Pilz mit Schlingenfalle	77
Kapitel V. Anpassungen an das Gesellschaftsleben (Socialismus, Aggregation, Symbiose).	
32. Socialismus, Vegetationsformationen	77
33. Weitere Arten von Symbiose, Aggregationsarten	83
34. Phytozoön: Hydra, Spongilla etc. Symbiosen der Chlorellen und Zooxanthellen, Dactylococcus und Cyclops, Mimikry der Nerien etc.	89
35. Flechten	92
36. Die Algen des Flechtenbundes (Flechtengonidien)	93
37. Symbiosen der Nostocaceen mit höheren Pflanzen. Lebermoose und Räderthierchen	96
38. Beeinflussung der Pflanzenwelt durch Gallthiere (Cecidio- logie). Gallformen. Aehnlichkeit mit Früchten	97
39. Verursachung der Pflanzengallen durch thierische Enzyme	104
40. Dimorphismus der Gallen und Heterogenese der Gallwespen . . .	105
41. Schutzvorrichtungen der Gallen	108
42. Gegenleistungen der Gallthiere. Yuccaarten und Yuccamotten. Gallwespen und Gallblüthen der Feigen. Cecidiorrhizen	110
43. Honigthau und Pflanzenläuse	115
Kapitel VI. Anpassungen an die physikalisch-chemische Beschaffenheit des Bodens.	
44. Pelogene und psammogene Pflanzen	119
45. Empfindlichkeit gegen chemische Reize. Oligodynamische Wir- kungen	123
Kapitel VII. Ausnützung des Raumes. Die Kletterpflanzen oder Lianen.	
46. Eintheilung der Lianen, systematische Vertheilung und geo- graphische Verbreitung	124
47. Spreizklimmer	129
48. Wurzelkletterer	130
49. Windende Gewächse	131
50. Rankenpflanzen: Blattkletterer, Blattranker, Zweigklimmer, Haken- klimmer, Uhrfederranker, Fadenranker	136
51. Kletterpflanzen unter den niederen Kryptogamen	145
Kapitel VIII. Ausnützung der Zeit. Phänologie.	
52. Pflanzenkalender	146
53. Phänologische Karten	149
54. Aprilreductionen. Culturzonen Sachsens	150
55. Thermische Constanten. Blüthezeit neu angesiedelter Pflanzen .	152
56. Blüthezeit. Vegetationsperioden in Europa und Australien. Ein- fache und doppelte Vegetationsperiode	158

	Seite
§ 57. Vertheilung der Phasen über die Vegetationsperiode. Blühfolge nahe verwandter Pflanzen. Dauer des Blühens und der Einzelblüthe	161
§ 58. Periodisches Oeffnen und Schliessen der Blüthen nach bestimmten Tagesstunden. Blumenuhren an verschiedenen geographischen Orten	165

II. Abschnitt.

Schutzmittel der Pflanzen.

Kapitel IX. Schutzmittel gegen Wetterungunst.

§ 59. Schutz gegen zu hohe Transpiration.	168
§ 60. Xerophyten.	170
§ 61. Haarkleid der Pflanzen.	171
§ 62. Lackirte Blätter etc.	173
§ 63. Glänzende Oberfläche, Wachüberzüge, Kalkkrustation etc.	176
§ 64. Nopalgewächse und andere Fettpflanzen	177
§ 65. Ruthengewächse	179
§ 66. Flachsprosser und Compasspflanzen	180
§ 67. Laubabwerfende Gewächse	181
§ 68. Unterirdische Entfaltung. Anpassungen der Oxalideen	182
§ 69. Xerophiler Charakter von Pflanzen feuchter Wohnorte, bei denen die Wasserversorgung auf andere Weise erschwert ist	187
§ 70. Fixe Lichtlage	187
§ 71. Reiz- und Schlafbewegungen der Blätter	189
§ 72. Periodisches Falten der Blätter etc. Vitalität	194
§ 73. Periodische Bewegungen zum Schutz der Blüthen und Früchte gegen Wetterungunst, gamo- und karpotropische Bewegungen	197
§ 74. Hansgirg's Typen der gamo- und karpotropischen Bewegungen. Sonderanpassungen	200
§ 75. Schutz gegen den Regen in regenreichen Gegenden. Untersuchungen von Jungner und Stahl. Träufelapparat. Schutz gegen Regenschlag. Ombrophile und ombrophobe Sprosse	204

Kapitel X. Schutzmittel gegen Thierfrass.

§ 76. Schutzmittel der Pflanzen gegen Weidethiere. Von grösseren Thieren gemiedene und begehrte Pflanzen und ihre Ausrüstungen	208
§ 77. Schutzähnlichkeit der Pflanzen	213
§ 78. Bewaffnete Pflanzen. Nadel- und Distelblätter, Alhagi- und Phryganengebüsche	215
§ 79. Chemische Schutzmittel gegen Thierfrass. Warnfarben	219
§ 80. Alkaloide	221
§ 81. Aetherische Oele	222
§ 82. Schutz durch Gift- und Brennhaare und durch brennende Säfte	224
§ 83. Schutzmittel der Blüthen gegen unberufene Gäste	226
§ 84. Schutzmittel gegen Schnecken und andere omnivore Thiere	235
§ 85. Ameisenschutz. Myrmekophilie und ihre Verbreitung	242
§ 86. Myrmekophilie, Monocotyledonen, Salicineen, Leguminosen, Rosaceen, Caprifoliaceen, Ranunculaceen, Malvaceen, Verbenaceen, Polygoneen, Convolvulaceen, Rubiaceen, Oleaceen, Bignoniaceen	248
§ 87. Ameisenschutz in der Blüthenregion der Compositen	256
§ 88. Weitere Fälle von Ameisenschutz in der Blüthenregion. Ameisenschutz gegen Einbruchsdiebstahl. Myrmekophile und myrmekophobe Form von Ricinus communis. Cactaceen	258
§ 89. Myrmekophile Gallen	262
§ 90. Nektarsecretion bei Pilzen	264
§ 91. Wohnstätten bildende Ameisenpflanzen	264
§ 92. Schimper's Untersuchungen über die Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Ameisen im tropischen Amerika	265
§ 93. Weitere Untersuchungen von K. Schumann	271

	Seite
§ 94. Die Anpassungen der Pflanzenwelt an die Milben (Acarodomatien). Beobachtungen von Lundström, Fritz Müller, v. Lagerheim	273
§ 95. Einige Beispiele von Acarodomatien	278
§ 96. Systematische Uebersicht der acarophilen Pflanzen	283

III. Abschnitt.

Biologie der Fortpflanzung und Verbreitung.**Kapitel XI. Ausrüstungen der Pflanzen zur Verbreitung durch das Wasser (hydrochore Ausrüstungen).**

§ 97. Hydrochore Ausrüstungen der Kryptogamen	289
§ 98. Der Polymorphismus der Algen etc. als Anpassung an die äusseren Verhältnisse	291
§ 99. Anpassungen der Pilzfructificationen an das Wasser- und Luftleben	292
§ 100. Hydrochore Ausrüstungen der Phanerogamen. Samenverbreitung im Süsswasser. Meeresströmungen und Treibfrüchte	294
§ 101. Hydrochasia und secundäre Hydrochasia	296
§ 102. Wanderknospen bei Wasserpflanzen, Verbreitung von Ablegern etc. der Landpflanzen durch das Wasser	299

Kapitel XII. Verbreitung der Pflanzen durch den Wind (anemochore Ausrüstungen).

§ 103. Anemochore Kryptogamen. Brandpilze, Rostpilze, Boviste etc.	301
§ 104. Capillitien der Pilze, Elateren der Lebermoose, Peristom der Laubmoose. Ausrüstungen der Farne, Schachtelhalme und Bärlappgewächse	303
§ 105. Anemochore Phanerogamen. Ausstreuen der Samen. Öffnungsmechanismus der Porenkapseln. Capillitien der Orchideen etc.	305
§ 106. Ausrüstungen der Samen und Früchte. Kleinheit der Samen	309
§ 107. Flügelsamen und Flügelfrüchte	310
§ 108. Haarige und fedrige Verbreitungsausrüstungen	314
§ 109. Mechanische Leistungen der Flugorgane	316
§ 110. Windroller	325

Kapitel XIII. Schleudervorrichtungen etc.

§ 111. Kryptogamen. Schleudermaschinen der Pilze, Schleuderring der Farnsporangien etc.	326
§ 112. Ausschleuderungsvorrichtungen der Samen und Früchte der Phanerogamen	331
§ 113. Aussäungsausrüstungen der Geraniaceen	340
§ 114. Dynamische Bauprinzipien der Trockenfrüchte	344
§ 115. Einige sonstige allgemeine Eigenthümlichkeiten der Schleuderfrüchte	348
§ 116. Ballisten	348
§ 117. Kriechende und hüpfende Früchte	349
§ 118. Selbstthätiges Einbohren der Früchte in den Boden und andere Ausrüstungen zur Befestigung am Keimboden	350

Kapitel XIV. Amphikarpie, Heterokarpie.

§ 119. Amphikarpie und Geokarpie	352
§ 120. Heterokarpie. Larvenähnliche und andere „verkleidete“ Früchte	356
§ 121. Verschiedene Ausrüstungen einer und derselben Frucht	359

	Seite
Kapitel XV. Verbreitung durch Thiere (zoochore Ausrüstungen.)	
§ 122. Allgemeine zoochore Ausrüstungen der höheren Gewächse . . .	360
§ 123. Beeren, Steinfrüchte und andere fleischige Früchte, Lock- und Schutz-ausrüstungen	360
§ 124. Von welchen Thieren werden die fleischigen Früchte und Samen verbreitet?	365
§ 125. Nüsse und ähnliche Früchte. Die beiden Formen der Tannenhäher . . .	374
§ 126. Verbreitung von Samen und Sporen durch Ameisen	376
§ 127. Anheften der Samen und Früchte durch Wasser und Erde	377
§ 128. Klebrige und schleimige Verbreitungs-ausrüstungen	379
§ 129. Klettvorrichtungen. Ankerkletten, Wollkletten, Schleuder- oder Schüttelkletten, Bohrkletten, Trampelkletten	380
§ 130. Einige der wichtigsten Kletten und ihre Verbreitung durch Thiere . . .	383
Kapitel XVI. Verschiedenheit der Verbreitungs-ausrüstungen innerhalb derselben Familie oder Gattung.	
§ 131. Verbreitungs-ausrüstungen der Gattungen der wichtigsten Familien . . .	393
§ 132. Verbreitungs-ausrüstungen der Polygonaceen	399
§ 133. Zoochore Ausrüstungen einiger niederen Kryptogamen	403
Kapitel XVII. Culturpflanzen und Pilzgärten der Ameisen.	
§ 134. Pilze als Culturpflanzen der Ameisen. Pilzgärten der Schlepper-, Haar- und Höckerameisen	406
IV. Abschnitt.	
Blüthenbiologie.	
Kapitel XVIII. Allgemeines. Zoogamie, Hydrophilie, Anemophilie.	
§ 135. Blüthenbiologische Literatur	421
§ 136. Anpassungen der geschlechtlichen Fortpflanzung. Selbstbefruchtung und Fremdbefruchtung	422
§ 137. Ausrüstungen zur Verhinderung der Selbstbestäubung und Förderung der Fremdbestäubung	423
§ 138. Erhaltung der Art durch Sicherung der Selbstbefruchtung	426
§ 139. Verschiedene Uebertragungsweisen der Befruchtungskörper	427
§ 140. Zoogame und wasserblüthige (hydrophile) Gewächse	428
§ 141. Windblüthige Gewächse (Anemophile)	429
Kapitel XIX. Zoidiophilie.	
§ 142. Eintheilung der Zoidiophilen in Schneckenblüthler, Vogelblüthler und Insectenblüthler. Die Anpassungen der Blumen an Insecten und die Blumenkategorien	429
§ 143. Anpassungen der Insecten an die Blumenthätigkeit	434
Kapitel XX. Beispiele von Blüthenanpassungen an die die Befruchtung vermittelnden Agentien.	
§ 144. Anpassungen der Ranunculaceen, Papaveraceen, Nymphiaceen	441
§ 145. Anpassungen der Violaceen an Fliegen (<i>V. biflora</i>), schienensammelnde und bauchsammelnde (<i>V. palmata</i> etc.) Bienen, Hummeln (<i>V. tricolor</i>), Falter (<i>V. calcarata</i>) und Nachtschmetterlinge (<i>V. cornuta</i>). Blütheneinrichtungen, Kleistogamie	447
§ 146. Silenaceen. Tag- und Nachtfalterblumen, Tagschwärmerblumen. Alsinaceen. Andere lepidopterophile Blumen	449
§ 147. Geraniaceen. Blüthenbiologie der Arten von <i>Geranium</i> und <i>Erodium</i> . Blüthgewohnheiten. Variabilität des Saftmales	453

	Seite
§ 148. Rutaceen. Gamotropische Bewegungen, Reizbewegungen der Staubgefäße und Narben	470
§ 149. Papilionaceen. Losschnellende Geschlechtstheile von Medicago, Genista etc., Nudelpumpeneinrichtung von Lotus etc. Mechanismen mit Griffelbürste bei Vicia, Lathyrus u. s. w.	471
§ 150. Cäsalpiniaceen. Arbeitsteilung bei den Staubgefäßen von Pollenblumen. Enantiostylie	480
§ 151. Halorrhagideen, Callitricheen, Ceratophylleen. Hydrophile Ausrüstungen der Süßwassergewächse	483
§ 152. Passifloraceen und andere Vogelblüthige. Vorrichtungen bei Passiflora, Marcgravia zur Anlockung insectenfressender Vögel zur Pollenübertragung. Fleischige, süsse Blumenblätter etc. zur Anlockung bestäubungsvermittelnder Vögel und Fledermäuse	484
§ 153. Caprifoliaceen (mannigfaltige Anpassungen der Arten von Lonicera, Symphoricarpus, Viburnum, Sambucus), Rubiaceen, Ausschleuderung des Pollens bei Posoqueria fragrans	487
§ 154. Compositen, Blüthengenossenschaften. Befruchtungsausrüstungen von Centaurea, Chrysanthemum, Tussilago, Petasites, Eupatorium. Campanulaceen	487
§ 155. Primulaceen. Heterodistylie, Heterotristylie	492
§ 156. Bestäubungsmechanismen und Bestäubungsvermittler der Asclepiadeen. Klemm- und Kesselfallen	497
§ 157. Gentianeen und Apocyneen. Klemmfallenblumen	503
§ 158. Borragineen. Bedeutung des Farbenwechsels. Farbencontrast	511
§ 159. Polemoniaceen. Kleistogamie von Collomia in Europa. Polemonium Phlox	513
§ 160. Scrofulariaceen. Schwebfliegenbestäubungsapparat bei Veronica. Bestäubung von Verbascum, Scrofularia, Linaria. Hummel- und Falterthür bei Alektorolophus. Bestreuungsmechanismen der Rhinantaceen. Innige Anpassung der Pedicularisarten an Hummeln. Collinsia (Schmetterlingsblüthe), Calceolaria (Schlagbaummechanismus), Pinguicula vulgaris (Bienenblume) und P. alpina (Fliegenklemmfallenblume)	515
§ 161. Labiaten	522
§ 162. Kätzchenträger. Anpassungen der Anemophilie	523
§ 163. Moraceen und Urticaceen. Pollenschleuderwerke	524
§ 164. Aristolochiaceen. Kesselfallenblumen. Ekelblumen	525
§ 165. Orchideen. Allgemeine Befruchtungsanpassungen. Befruchtungshergang bei den einheimischen Orchisarten, bei Anacamptis, Nigritella, Platanthera, Ophrys, Cephalanthera, Spiranthes, Listera. Trimorphismus. Reizbarkeit und Pollenschleuder von Catasetum und anderen Vandeen. Cypripedium	526
§ 166. Aroideen. Kesselfalle von Arum maculatum. Anpassungen an Aasfliegen und Aaskäfer bei anderen Arumarten. Amorphophallus und andere Ekelblumen. Wohlgeruch von Dracunculus Canariensis. Blüten und Wohlgeruch bei Philodendron. Schneckenbefruchtung. Lemnaceen, Zoidiophilie, Dichogamie etc.	539
§ 167. Najadeen und Hydrocharideen. Marine Anpassungen an Wasserbefruchtung (Zostera, Cymadocea, Halodule, Vallisneria, Enhalus)	544
§ 168. Gramineen. Verstäubungsmechanismus. Andere Windblüthige mit langen pendelnden Staubfäden	546
Kapitel XXI. Domestication und Transmutation.	
§ 169. Zuchtwahl des Menschen. Grenzen der Variation. Richtungen und Erzeugnisse menschlicher Zuchtwahl	548
§ 170. Transmutation der Arten ohne Zuthun des Menschen. Selection. Züchtungsproducte der Insecten etc. Theorien von Ch. Darwin, Weismann, Nägeli, Kerner v. Marilaun, F. Delpino und Herm. Müller	552

Einleitung.

§ 1. Während die Linné'sche Lehre, dass die Arten unveränderlich seien, bis zu Ende der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts von der Mehrzahl der Naturforscher festgehalten wurde, haben die eingehenderen Forschungen der Neuzeit zu dem unumstösslichen Ergebniss geführt, dass, was unabhängig von einander schon in Deutschland Goethe, in Frankreich Geoffroy Saint-Hilaire, in England der Grossvater Charles Darwin's, Erasmus Darwin aussprachen, die Art veränderlich ist, ihre Grenzen inconstant sind. Alphonse de Candolle kam bereits bei der monographischen Bearbeitung der Eichenarten der Erde zu dem Ergebniss, dass diejenigen im Irrthume seien, „welche wiederholen, dass die Mehrzahl unserer Arten deutlich begrenzt und dass die zweifelhaften Arten in einer geringeren Minorität sind. Dies schien so lange wahr zu sein, als man eine Gattung unvollkommen kannte und ihre Arten auf wenige Exemplare gegründet wurden d. h. provisorisch waren. Sobald wir dazukommen, sie besser zu kennen, strömen die Zwischenformen herbei und die Zweifel über die Grenzen der Art erheben sich“. De Candolle beschreibt 48 Varietäten von *Quercus Robur*, die sich fast durchweg um die drei von der Mehrzahl der Naturforscher als Arten aufgefassten *Quercus pedunculata*, *sessiliflora*, *pubescens* gruppiren; von den 300 Eichenarten der Erde sind nach De Candolle mindestens 200 „provisorisch“. Gleiches Resultat haben die neueren monographischen Arbeiten der verschiedensten Pflanzengruppen, z. B. von *Hieracium*, *Aconitum*, *Saxifraga*, *Potentilla*, *Lolium*, *Carex*, *Sphagnum* etc. etc. ergeben. Unsere modernen Arten sind vielfach nichts als conventionell unterschiedene Knotenpunkte in den vielfach in einander laufenden Pflanzengestaltungen. In gleicher Weise ist es unumstössliche Thatsache, dass gegenwärtig fortgesetzt neue Formen durch Variation der vorhandenen Pflanzenformen entstehen, und dass diese Variabilität zu neuen erblichen Arten führt und gilt allen Naturforschern für erwiesen, dass unsere heutige Pflanzenwelt durch Weitergestaltung und Umgestaltung aus

den Pflanzenformen der Vorwelt entstanden ist, von ihr abstammt, wie das Hühnchen vom Ei. Die Pflanzencharaktere, welche diese Formen bestimmen — die der Vorwelt wie der Gegenwart — zeigen aber deutlich ein zwiefaches Verhalten. Die einen zeigen eine grosse Unabhängigkeit von den äusseren Verhältnissen — wir benutzen sie um die Pflanzenformen systematisch zu Gattungen, Familien, Stämmen zusammenzufassen, zu gruppieren, die Stammescharaktere, spezifischen Charaktere. Sie geben uns bei dem Suchen nach den Vorfahren in der Transmutation der Arten den rechten Weg an, sind der Prüfstein der „natürlichen Verwandtschaft“ (die sich u. a. auch in der Möglichkeit sexueller Vereinigung, Bastardirung, äussert). Die übereinstimmenden Merkmale unserer jetzt unterschiedenen natürlichen Familien, z. B. der Ranunculaceen, Coniferen, Euphorbiaceen etc. sind solche „Stammescharaktere“.

Die zweite Art von Pflanzencharakteren zeigt unverkennbare Beziehungen zu den äusseren Lebensbedingungen, Anpassungen an die verschiedensten äusseren Agentien (Klima, Boden, Thierwelt, die übrige Pflanzenwelt etc.), die in der Gestalt, den Bewegungen, der ganzen Entwicklungsweise der Einzelpflanze zum Ausdruck gelangen. Es sind dies die biologischen Pflanzencharaktere, unabhängig von der systematischen Verwandtschaft, in gleichmässiger Entwicklung bei den Repräsentanten der verschiedensten Pflanzenfamilien, wenn diese nur unter den gleichen äusseren Verhältnissen leben. So zeigen z. B. in Anpassung an das Klima in heissen Xerophytengebieten Euphorbien, Asclepiadeen etc. völlig den Habitus, Bau und die Lebensweise der Cactusarten ohne eine Abänderung ihrer Familiencharaktere oder eine Annäherung derselben an die Cacteen.

Die Pflanzenbiologie ist die Lehre von diesen letzteren Charakteren (hinsichtlich deren die Pflanze eine ausserordentliche Plasticität besitzt). Unsere Aufgabe wird es daher sein, die biologischen Charaktere von den systematischen zu trennen und im Einzelnen sie als Anpassungen an die äusseren Lebensbedingungen nachzuweisen.

Diese Anpassungen sind mannigfaltig wie die äusseren Verhältnisse selbst; doch führen die biologischen Charaktere der Pflanzenwelt, die bisher Gegenstand eingehenderer botanischer Untersuchung gewesen sind, zu der folgenden provisorischen Gliederung der noch jungen Lehre von der Pflanzenbiologie: 1. Biologie der Ernährung. 2. Biologie des Schutzes (Phylakteriologie). 3. Biologie der Fortpflanzung (Blüthenbiologie). 4. Biologie der Verbreitung der Fortpflanzungsorgane.

I. Abschnitt.

Biologie der Ernährung.

Kapitel I. Die Ausrüstungen der Land- und Wasserpflanzen.

§ 2. Den Landpflanzen stehen zwei Medien behufs der Ernährung zu Gebote, der Boden und die Atmosphäre, von denen der erstere das Wasser und die Nährsalze liefert, letztere in der Hauptsache den wichtigsten Baustoff der Pflanze, die Kohlensäure, und zum Athmungsprocess den Sauerstoff. Für die Gewinnung der Nährsalze des Bodens ist bei den höheren Pflanzen die Wurzel auch insofern betheiligt, als sie Kohlensäure und andere Stoffe ausscheidet, welche die Bodenbestandtheile in wasserlösliche Salze umwandeln.

Die jungen Würzelchen mit ihren Saugzellen, den Wurzelhaaren, sind sowohl den chemischen Bestandtheilen des Bodens wie der Vertheilung der Feuchtigkeit und Temperatur gegenüber in hohem Grade empfindlich und schlagen, als wären sie mit einem Gehirn begabt, den vortheilhaftesten Weg ein, suchen, tasten gewissermassen nach den günstigsten Stellen, ungünstige oft in weitem Weg umgehend und meidend. Es ist, wie mehrfach hervorzuheben sein wird, diese Sensibilität des pflanzlichen Protoplasmas nützlichen und verderblichen Einflüssen gegenüber eine kaum minder grosse als bei dem thierischen Plasma, bei welchem letzteren wir uns die Reaction auf die Reize als von einem Willen beeinflusst denken. „Es ist u. a. ein frappantes Beispiel,“ sagt Pfeffer, „wenn die bis dahin ohne ein bestimmtes Ziel herumschwimmenden Bakterien bei Darbietung von etwas Fleisch oder Fleischextract nun sogleich, sich drängend und stossend, nach dem anlockenden Körper eilen und demgemäss auch in eine mit dem Köder gefüllte Capillare steuern, welche ihnen als Falle gestellt wurde. Bei zu hoher Concentration des Lockmittels oder nach Zugabe von Alkohol oder Säure zu diesem, prallen

die Bakterien in einiger Entfernung von der Capillare zurück und vermeiden so ein Medium, das auf sie durch die hohe Concentration oder durch die giftigen Beigaben schädlich oder tödtlich wirken würde." Manche Bakterien, wie auch die Samenfäden der Farne und Moose werden durch ganz spezifische Stoffe angelockt, die letzteren nur durch Rohrzucker, die der Farne allein durch Apfelsäure und die Bakterien und andere Mikroorganismen besitzen eine so hohe Sensibilität gegen spezifische Stoffe in der allergeringsten Quantität die oft an die höheren Potenzen der Homöopathie erinnern, dass sie der Mikrochemie der Neuzeit als unentbehrliche Reagentien dienen. Das durch die Saugzellen der Wurzeln bei den niederen Erdpflanzen (Moosen etc., auch durch Rhizoiden oder die grünen Theile selber) aufgenommene mit Nährsalzen beladene Wasser wird in erster Linie durch den Transspiraionsstrom emporgeleitet, der der Verdunstung durch die Spaltöffnungen der Blätter und anderer Pflanzentheile seine Entstehung verdankt, während die Kohlensäure der Luft von den grünen Pflanzentheilen an der ganzen Oberfläche aufgenommen und an die chlorophyllhaltigen Zellen zur Assimilation abgeliefert wird.

Vergleicht man mit den eigentlichen Landpflanzen die Wasserpflanzen, so ergeben sich wichtige Anpassungen an das Wasserleben.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Wassers selbst sind andere, als die der Nährmedien der Landpflanzen. Das grössere spezifische Gewicht des Wassers der Luft gegenüber macht gewisse Einrichtungen der Landpflanzen, die der Festigung dienen (Holzgewächse etc.), überflüssig, indem das Wasser einen grossen Theil der Last der Pflanzenorgane bei den Wasserpflanzen trägt. Die Temperaturveränderungen des Wassers erfolgen allmählich, nicht plötzlich, wie die der Luft und des festen Landes, und vermöge seiner Eigenschaft, bei $+4^{\circ}$ C. den kleinsten Raum einzunehmen oder das grösste spezifische Gewicht zu haben, gefriert das Wasser nur an der Oberfläche, in der Tiefe eine Temperatur über 0° bewahrend, die auch dem Boden der Gewässer zu Gute kommt. Im Wasser am und im Boden können daher Gewächse überwintern, die am Lande im Winterfrost zu Grunde gehen würden. Daher sind auch unsere eigentlichen Wasserpflanzen ausdauernd (mit Ausnahme der uferbewohnenden Tännelarten und des Nixenkrautes, *Najas flexilis* und *N. minor*), auch Wasserformen solcher Arten, die noch in einer besonderen einjährigen Landform existiren, wie *Batrachium aquatile*, *Sparganium natans* etc.

Von besonderer Bedeutung sind die chemischen Verhältnisse des Wassers, das die Nährsalze des Bodens selbst gelöst enthält, für die Bestandtheile der Atmosphäre eine ungleiche Löslichkeit besitzt etc. Das Wasser nimmt aus der Atmosphäre nur 2—3 % Sauerstoff auf, während das Luftmeer davon etwa 21 % enthält, dagegen hat das Wasser einen hohen Kohlensäuregehalt, auch die Bodengase haben eine wesentlich andere Zusammensetzung auf dem Wassergrund als am Lande. Die Beleuchtungsverhältnisse sind im Wasser, das einen guten Theil der Sonnenstrahlen absorbiert, andere als in der Luft. Die Lebewelt, die theils der Pflanze von Nutzen, theils zu Schaden ist, ist eine andere als die des Landes. Schliesslich hat das Luftmeer über und der Boden unter dem Wasser andere physikalische Eigenschaften und andere Zusammensetzung. Alle diese Eigenthümlichkeiten des Nährmediums haben der Pflanzenwelt des Wassers ihren besonderen Stempel aufgedrückt.

Wir können im Wasser — wir reden zunächst von unseren Binnengewässern — ein fünffaches Pflanzenleben unterscheiden:

1. Pflanzenleben im Boden der Gewässer (Schlammplanzen).
2. Das Leben im Boden und Wasser (bewurzelte submerse Wasserpflanzen).
3. Das Leben im Wasser (nicht wurzelnde submerse Wasserpflanzen).
4. Das Leben in Wasser und Luft (nichtwurzelnde Schwimmpflanzen und nichtwurzelnde submerse Gewächse mit Luftblüthen).
5. Das Leben in allen drei Medien zugleich (wurzelnde Pflanzen, die ihren Blütenstand über Wasser entwickeln, und die eigentlichen Sumpf- und Uferpflanzen).

§ 3. Zu den Schlammplanzen gehören wohl nur niedere Algen (*Oscillariaceen* etc.) und Pilze (*Saproleginaceen*, Eisenbakterien, Schwefelbakterien etc.). Ueber die eigenthümliche Ernährungsweise dieser Organismen vgl. mein Lehrbuch der niederen Kryptogamen.

Bei den submersen Wasserpflanzen findet die Aufnahme des die Mineralstoffe und Kohlensäure enthaltenden Wassers an der ganzen Oberfläche durch die dünnwandige chlorophyllhaltige Epidermis (bei den Landpflanzen chlorophyllos!) statt, daher fehlen den untergetauchten Blättern die Spaltöffnungen, der Transpirationsstrom und das Hervortreten der Gefässe kommt

in Wegfall, und hiermit schwindet der strenge Gegensatz von Haupt- und Nebenachse. Die Wurzeln fehlen ganz oder sie haben doch die Rolle der Nahrungsaufnahme verloren (die Wurzelhaare fehlen) und dienen in der Hauptsache nur noch als Haftorgane. Bei den grünen Pflanzentheilen, denen ausschliesslich die Nahrungsaufnahme und der Gasaustausch obliegt, hat der geringen Sauerstoffmenge etc. des Wassers entsprechend eine Oberflächenvergrösserung durch weitgehende Zertheilung und Verzweigung stattgefunden. Sowohl die Blätter der submersen Wasserpflanzen, wie die untergetauchten Wasserblätter der Pflanzen der vierten und fünften Gruppe besitzen mit wenigen Ausnahmen tief zerschlitzte Blätter mit zum Theil haarfeinen oder borstlichen Abschnitten, so z. B. bei *Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Utricularia*, *Hottonia*. Bei den Arten von *Batrachium*, *Oenanthe*, *Phellandrium* etc. sind wenigstens die untergetauchten Blätter so tief zerschlitzt. Bei *Elodea*, *Vallisneria*, *Callitriche* etc. sind die dünnen Blätter zwar einfach, aber schmal-linealisch und in grosser Zahl vorhanden. Die weitgehende Zertheilung der erstgenannten Pflanzen schützt zugleich das Blatt vor dem Zerreißen durch Wasserströmungen und Wasserthiere.

Wurzellos sind z. B. die *Utricularien*. Die am Boden festgewachsenen submersen Pflanzen haben meist die Fähigkeit, bei Wassermangel auch in der Luft längere Zeit zu vegetiren, oder sogar Landformen zu bilden, wie *Myriophyllum*.

Bei den Schwimmgewächsen sind die schwimmenden Blätter nie getheilt, stets einfach, ganzrandig, rundlich, elliptisch etc. auf der Oberfläche schwer benetzbar, lederartig. Im anatomischen Bau zeigen die Schwimmgewächse eine dreifache Anpassung, zum Schutz gegen die an der Oberfläche heftigen Bewegungen des Wassers und der auffallenden Regentropfen, zum Schutz gegen die intensivere Wirkung des direkten Sonnenlichtes und Anpassung an die schwimmende Lebensweise selbst. Die Oberseite der Schwimmblätter besitzt dem entsprechend eine chlorophyllfreie wasserhaltige Epidermis und die assimilirenden grünen Zellen als Palissadenparenchym ausgebildet. Unter ihm finden sich grössere lufthaltige Interzellularräume, die das Blatt schwimmend erhalten. Die Schwimmpflanzen besitzen im Gegensatz zu den submersen Pflanzen Spaltöffnungen, so dass ein Transpirationsstrom möglich ist; aber diese finden sich nicht, wie bei den Landpflanzen, auf der Unterseite, sondern allein auf der Oberseite des Blattes die mit der Luft in Berührung steht.

Da wo Blattstiele vorhanden sind, zeigen diese die besondere Eigenthümlichkeit, dass sie ihr Längenwachsthum genau nach der Tiefe des Wassers einrichten, so dass das Blatt immer zum Schwimmen kommt.

Zu den Schwimmgewächsen gehören von einheimischen Pflanzen z. B. die Wasserlinsen, Lemnaceen (nur *Lemna trisulca* ist bei uns submers). Die in Bengalen lebende kleinste Wasserlinse *Wolffia microscopica*, wie unsere etwa 1 mm grosse *Wolffia arrhiza* sind wurzellos, während die anderen Arten zur Erhaltung der horizontalen Lage nach abwärts im Wasser schwebende Adventivwurzeln treiben, so *Lemna gibba*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza*. Die Wolffioideen bilden die Blüthen in einem kleinen Grübchen (*Wolffia Welwitschii* in zwei Grübchen), *Wolffiella* hat länglich pfeilförmige Hauptspresse. Von den Lemnoideen hat die Gattung *Spirodela* viele Wurzeln, *Lemna* eine Wurzel. Bei ihnen werden die Blüthen in seitlichen Taschen erzeugt. Die Ueberwinterung unserer Teichlinsen — in wärmeren Gegenden sind keine besonderen Anpassungen nöthig — geschieht nach Hoffmann und Hegelmaier bei *Wolffia arrhiza* durch Wintersprossen, die sich von den Sommersprossen nur durch grosse Anhäufung von Reservestoffen unterscheiden, und hierdurch beschwert im Herbst zu Boden sinken, um im Frühjahr wieder emporzusteigen. Bei *Spirodela polyrrhiza* werden besondere gestielte Wintersprossen von geringerer Grösse und Wurzelzahl, Nierenform und ohne Lufthöhlen gebildet, deren Spaltöffnungen geschlossen bleiben, so lange sie am Boden liegen. Im Frühjahr sprossen aus ihnen die Sommersprossen hervor, die nach Verbrauch der Reservestoffe zur Oberfläche steigen. Die eigentlichen Lemnaarten können einen hohen Kältegrad ertragen, bilden daher keine besonderen Wintersprossen. Die überwinternden Sprossen trennen sich nur am Ende der Vegetationsperiode meist in jugendlichem Zustand von ihren verwesenden Muttersprossen los und harren den Winter über so aus, dabei bleibt *Lemna minor* so lange am Wasserspiegel bis dieser zufriert; erst in dem leichteren den Gefrierpunkt erreichenden Wasser werden sie submers durch ihr durch Reservestoffe erhöhtes Gewicht.

Die Arten von *Ceratophyllum*, *Elodea* etc. überwintern unverändert im Wasser. Die Arten von *Utricularia*, *Hottonia*, *Aldrovanda* bilden besondere Winterknospen, die sich im Frühjahr loslösen und zur Oberfläche steigen. Die übrige Pflanze stirbt ab. Der Kalmus, die Wasserrosen, der Knöterich und das schwimmende

Laichkraut überwintern durch Rhizome. *Hydrocharis*, *Stratiotes*, *Hydrilla*, *Potamogeton pusillus* etc. bilden noch Winterknospen. *Potamogeton crispus* bildet einzelne starre Seitenzweige als Winteräste aus, die sich leicht loslösen und zu Boden sinken, hat aber auch ein überwinterndes Rhizom, *Potamogeton pectinatus* etc., *Sagittaria*, *Alisma* etc. bilden dagegen Knollen und sterben im Herbst bis auf diese ab.

Eine Familie, deren Arten ausgeprägte Schwimmpflanzen sind, ist die der Nymphäaceen, der Teichrosen, von denen bei uns jetzt nur wenige Arten, nämlich die gelben Teichrosen, *Nuphar luteum* und *N. pumilum* und die weissblühenden Arten *Nymphaea alba* und *N. candida* wachsen, während zur Braunkohlenzeit Europa, nach dem Grafen von Saporta, reich an den prächtigsten Formen dieser Familie war. „Man muss“, sagt Saporta, „nach Aegypten, Nubien, an die Gewässer von Senegambien und die überschwemmten Savannen von Guyana oder an die Lagunen von Indien und China gehen, um auch dann noch abgeschwächte Beispiele von dem zu finden, was in Europa in der oligocänen Zeit die Seelilien waren. Nicht allein *Nelumbium Buchii* von Monte Promina und die Fragmente von Wurzelstöcken, welche Heer auf der Insel Wight beobachtete, bezeugen die Gegenwart von europäischen oligocänen Lotosblumen. Die eigentlichen Nymphäen (*Nymphaea parvula*, *N. Charpentieri*, beweisen nicht allein die Existenz von Pflanzen, doppelt so gross als unsere weisse Seelilie (*N. alba*); es gab auch in dem damaligen Europa Gattungen oder Sectionen von Gattungen, die heute ausgestorben sind, deren Charaktere wir nur in sehr unvollkommener Weise analysiren können, die sich aber hinlänglich von unseren heutigen Arten unterscheiden, um uns glauben zu lassen, dass ihre Blumen uns überraschen, und unsere Bewunderung erregen würden, wenn es möglich wäre sie zu betrachten. Der erste dieser tertiären Typen ist in den Gypsen von Aix vertreten (*Nymphaea gypсорum*), ein anderer in Saint-Zacharie (*N. polyrrhiza*), ein dritter, wie es scheint, in dem Aquitan von Manosque (*N. calophylla*). Ein Bruchstück seiner Früchte, mit Lappen von Blumenblättern umgeben, beweist, dass er gefüllte Blumen hatte, die wenigstens doppelt so gross als diejenigen unserer heutigen Seelilien, und nach einem ganz anderen Plan construirt waren“

Von jetzt lebenden Nymphäaceen kennt man im Ganzen 52—53 verschiedene Arten von sehr verschiedenar biologischer Anpassung. Die (2) Arten von *Nelumbo* strecken ihre schildförmigen

Blätter hoch über das Wasser empor und reifen auch die Früchte über Wasser, ihre Blüten sind gelblich oder rosenfarben. In der Unterfamilie der Cabomboideen haben die Arten von Cabomba schildförmige Schwimmblätter und vieltheilige untergetauchte Blätter (ähnlich denen des *Batrachium aquatile*), die Arten von *Brasenia* (*B. purpurea*), Schwimmblätter und Wasserblätter schildförmig elliptisch. Die Unterfamilie der Nymphäoiden umfasst die Gattungen *Barclaya* (3 Arten mit fünfblättrigem Kelche und oberständiger, walzig röhrenförmiger Blumenkrone, der innen die zahlreichen abwärtsgebogenen Staubgefäße eingefügt sind (*Barclaya longifolia* hat längliche, gestielte Blätter von der Form deren des Wasserknöterichs), *Nuphar* (7 Arten), *Nymphaea* (ca. 32 Arten), *Euryale* und *Victoria* (2—3 Arten). Die Gattung *Victoria*, deren bekannteste Art unserer Gewächshäuser, *Victoria regia* mit ihren Blättern von 1 m Durchmesser und Blüten von 20—40 dm Durchmesser in den ruhigen Nebenflüssen des Amazonenstromes meilenweit die Wasseroberfläche bedeckt, und die Gattung *Euryale* haben bestachelte Stengel und Blätter. Die Untergattungen von *Nymphaea* selbst, die nachtblüthigen Lotosarten, die gelblüthigen *Xanthantha*-arten etc., *Nymphaea coerulea* mit blauen, *N. stellata* und *N. gigantea* mit blaurosen und weissen Blüten zeigen gleichfalls mannigfache Anpassungen an das Leben im Wasser.

Bei der zu den Onagraceen gehörigen Wassernuss (*Trapa natans*), einer im Aussterben befindlichen Schwimmpflanze, stellen die sehr feinfiederig getheilten grünen, submersen Blätter Wasserwurzeln dar, die an die grünen von Fritz Müller beobachteten Luftwurzeln gewisser epiphytischer Orchideen erinnern.

Merkwürdige Uebergänge von typisch submersen Arten zu echten Schwimmpflanzen, amphibischen Arten und Landpflanzen zeigt die Gattung *Batrachium*. Unser *Batrachium hederaceum* und das in Sicilien, England etc. verbreitete *B. caenosum* besitzen lauter typische Schwimmblätter. *B. divaricatum* der Teiche besitzt zerschlitze, *B. fluitans* der Flüsse besitzt sehr feinertheilte submerse Blätter, letzteres bildet nur selten nierenförmige Schwimmblätter. *B. aquatile* mit pinselförmig zertheilten Wasserblättern erzeugt im Wasser hauptsächlich zur Blüthezeit Schwimmblätter. Die Luftformen mancher *Batrachium*-arten in dicht mit Wasserpflanzen besetzten Tümpeln haben ausser den submersen zerschlitzen Blättern und echten Schwimmblättern noch typische Luftblätter (Spaltöffnungen an der Unterseite der Blätter etc.). Eigentliche Landformen

treten beim Austrocknen der Sümpfe sowohl bei *B. aquatile* als bei *fluitans* auf, sie haben aber bei *B. divaricatum* nur die typischen zerschlitzten Blätter.

Bei dem amphibischen Wasserknöterich, *Polygonum amphibium* hat die Wasserform langgestielte, breitlanzettliche, am Grund herzförmige Schwimmblätter von lederartiger Consistenz. Bei der Landform sind dagegen die dem Wurzelstock entspringenden Stengel aufrecht, von unten an mit schmallanzettlichen, festsitzenden Blättern besetzt, deren Fläche runzelig ist. Bei der Wasserform ist der Luftkanal stärker entwickelt. Die Landform bildet zur Erreichung der nöthigen Biegungsfestigkeit etc. im Stengel ein besonderes Skelett von mechanischen Zellen ausserhalb des Bastgewebes (Phloëms) aus. (Vgl. auch die Schutzmittel der Blüten.)

§ 4. Zu den Luftpflanzen unserer Gewässer, die meist im Boden festgewurzelt sind, zumeist auch einen kräftig entwickelten Wurzelstock besitzen, wie z. B. der Kalmus, die Schwertlilien etc., gehören die Schilfgewächse und die unter deren Schutz befindlichen Sumpfpflanzen. Die letzteren zeigen alle möglichen Uebergänge von Landpflanzen zu den der Ernährung durch das Wasser angepassten Wasserpflanzen. Von den Ehrenpreisarten (*Veronica scutellata*, *V. Beccabunga*, *V. Anagallis*), den Brunnenkressearten (*Nasturtium aquaticum* etc.) und den Umbelliferen (*Sium*, *Berula*, *Oenanthe*, *Cicuta virosa*) bis zu den Alismaceen etc. *Oenanthe aquatica* z. B. besitzt — ebenso wie die anderen Wasserumbelliferen — einen dicken, röhrigen Stengel, und neben den grob zertheilten Luftblättern haarförmig zertheilte Wasserblätter, in tiefem Wasser bildet er nur die letzteren aus. Von Alismaceen (gegen 10 Gattungen mit 45—48 Arten) ist *Elisma natans* noch echte Schwimmpflanze mit Schwimmblättern und submersen Blättern. *Alisma Plantago* und *Sagittaria sagittifolia* bilden bei tiefem Wasserstand submerse schmalblättrige Fransen (*forma graminifolia*), die Linné mit einer *Vallisnerie* verwechselte, auch *Echinodorus ranunculoides* verhält sich so, während andere Arten, wie auch z. B. unsere *Calla palustris*, nur einerlei Blätter haben. Eine der ältesten Anpassungen an das Wasserluftleben stellen die Schilfgewächse mit elastischen, leichten, biegungsfesten Schwertblättern dar, die sich mit ihrem charakteristischen anatomischen Bau (Luftkammern etc.) bei Arten der verschiedensten systematischen Verwandtschaft wie die Rohrkolbengewächse (*Typhaceen*), Igelkolben (*Sparganiaceen*), Schwertlilien

(Irideen), Kalmus (Aroideen), Wasserveilchen (*Butomus umbellatus*) finden, ferner Arten von *Scirpus*, die Rohr- oder Schilfgräser (*Arundo*, *Phragmites*) etc. M. J. Klinge hat nachgewiesen, dass diese Gewächse durch ihre üppige Rhizombildung selbst eine Verschiebung der Flussläufe zu ihren Gunsten bewirken. „Haben flutende, schwimmende und untergetauchte Gewächse, die sich am günstigsten entwickeln an Stellen, die von der Stromleitung nicht getroffen sind, im Verein mit dem zwischen ihnen abgelagerten Detritus so weit vorgearbeitet, dass *Butomus umbellatus*, *Sagittaria sagittifolia*, *Glyceria*, *Acorus*, *Arundo*, *Phragmites*, *Scripus lacustris* geeigneten Boden finden, so arbeiten diese Gewächse durch Massentwicklung darauf hin, das Gefälle der Flüsse durch Ueberwachsen ganz zu heben, um für ihre Sippschaft weiten Raum zu schaffen. Der Fluss sucht der Pflanze seitlich auszuweichen, und zwar meist unter dem Winde.“ Ueber die Biologie der Wassergewächse handelt besonders H. Schenck, „Die Biologie der Wassergewächse.“ Bonn 1886; vgl. auch meine Abhandlung „Zur Biologie der phanerogamischen Süßwasserflora“ in dem Sammelwerk von O. Zacharias: „Die Thier- und Pflanzenwelt des Süßwassers. Leipzig 1891, p. 65—134.

Kapitel II. Anpassungen an die parasitische Lebensweise.

a) Phanerogamen.

§ 5. Wie im Thierreiche, so gibt es auch im Pflanzenreiche zahlreiche Arten, welche die bereits verarbeitete Nahrung anderen Arten ihresgleichen entnehmen, entweder ohne besondere Wahl oder mit besonderer Anpassung an die chemisch-physikalischen Eigenthümlichkeiten des Wirthes, die Schmarotzer oder Parasiten. Wir können unter den Phanerogamen die folgenden Stufen eines echten Parasitismus unterscheiden:

1. Beiläufige Schmarotzer. Sie besitzen neben der parasitischen Ernährung noch andere Ernährungseinrichtungen. — Rhinantaceen, Santalaceen, *Lathraea*, *Monotropa* etc.
2. Parasitische Lauraceen und Convolvulaceen.
3. Orobanchaceen.
4. Balanophoreen.
5. Rafflesiaceen.

1. Beiläufige Schmarotzer (Hemiparasiten).

§ 6. Zu ihnen gehören in erster Linie solche Gewächse, welche, chlorophyllhaltig, durch echte Wurzeln zwar einen Theil der Nahrung direct dem Boden entnehmen (dabei die Wurzeln anderer Pflanzen aber derartig begleitend und umschlingend, dass ihnen die durch die Ausscheidungen letzterer löslich gemachten Bodenbestandtheile zugänglich sind, die Wurzelhaare fehlen ihnen meist), daneben aber durch besondere Saugwurzeln anderen Pflanzen gewisse Nährstoffe entziehen. Es sind dies gegen 100 Santalaceen und gegen 200 Rhinanthaceen. Unter den einheimischen Arten besonders von den ersteren die Leinblattarten (*Thesium*), von den letzteren die Arten von *Alectorolophus*, *Euphrasia*, *Odontites*, *Pedicularis*, *Bartsia*, *Tozzia*, welche durch ihren Parasitismus auf Getreidefeldern (*Alectorolophus hirsutus*, *Euphrasia Odontites*) und in dem Graswuchs der Wiesen den Ertrag schmälern (*Alectorolophus minor*, *Euphrasia officinalis* etc.). Das Volk bezeichnet wohl aus diesem Grunde auch die *Alectorolophus*arten als „Hunger“, die Wiesen-*Euphrasia*en als „Milchdieb“. Bei den *Thesium*arten bilden die Saugwurzeln (*Haustorien*) ziemlich grosse fast gestielte Knöpfe, deren zellige Rinde sich der angefallenen Wurzel plastisch mit breiter Basis anschmiegt oder dieselbe umwallt, während die aus Gefässbündeln und kleinen fadenförmigen Zellreihen bestehenden Elemente des Kernes in die centralen Holzkörper der Wirthswurzel eindringen und sich dort pinselig ausbreiten.

Die *Haustorien* der einjährigen *Rhinanthaceen* *Euphrasia*, *Alectorolophus*, *Melampyrum* sind meist kleiner, an der Ausgangsstelle nicht stielartig verschmälert und auch an den Wurzelspitzen (nicht nur seitlich) auftretend, auch ist der Gegensatz von Kern und Rinde weniger deutlich. Bei *Euphrasia* sind sie sehr winzige, der Wurzel des Wirthes nur anliegende Knötchen, bei *Alectorolophus* bis 3 mm gross, die Wurzel zuweilen bis über die Hälfte des Umfanges umwallend, bei *Melampyrum* dringen sie in die Wurzel ein und bilden in ihr eine kreisförmige Furche.

Bei den perennirenden Arten von *Pedicularis* entwickelt meist jede der langen Wurzelfasern nur eine einzige Saugwarze, da aber beim Absterben einjähriger Wirthspflanzen neue *Haustorien* gebildet werden müssen, so finden starke Verlängerungen der eigenen Wurzeln nach dem Absterben der alten *Haustorien* statt, und die

langen, dicken stärkereichen Wurzelfasern verbreiten sich dicht unter der Oberfläche. *Bartschia alpina* mit ähnlichen Haustorien wie *Alectorolophus* entnimmt nach Kerner und v. Wettstein nicht nur anderen Pflanzen und, durch gegliederte Wurzelhaare, dem Boden die Nahrung, sondern ist auch ein facultativer Fleischfresser (?).

Nichtgrüne Parasiten, denen das Chlorophyll ganz oder fast ganz fehlt, die aber die organische Substanz noch in anderer Form aufnehmen, sind die Arten von *Lathraea* (?) und *Monotropa*. Die letztere entnimmt durch Mykorrhizen noch die Humusbestandtheile des Bodens (s. da), während die *Lathraea* nach Kerner und v. Wettstein thierische Körper fängt und verdaut. Ueber die vorwiegend parasitische Ernährung von *Lathraea* und deren Organe vgl. Heinricher (Ber. d. D. B. G. XI. 1893. S. 1 bis 17), der eine andere Ernährungsweise aber ganz bezweifelt. Auch Cohn, Krause, Scherffel kamen zu dem Schluss, dass *Lathraea* kein Thierfänger ist.

2. Parasitische Lauraceen und Convolvulaceen.

§ 7. Die parasitischen Windengewächse keimen noch auf jedem Substrat und senken zunächst Würzelchen in den Boden, vermögen sich aber über die ersten Keimstadien hinaus nur zu erhalten, wenn sie bestimmte Wirthspflanzen finden, an denen sie emporwinden und in deren Stengel sie ihre Haustorien hineinsenken. Die Wurzel stirbt später ab. Laubblätter zur Assimilation fehlen ihnen. Sie gehören der Lauraceengattung *Cassyta* (mit einigen 30 Arten) und der Convolvulaceengattung *Cuscuta* mit etwa 50 Arten an. Die *Cassyta*arten schmarotzen zum grössten Theil auf den *Casuarineen* und *Melaleuca*arten Neuhollands, *Cassyta filiformis* findet sich in Cochinchina, *C. Americana* in Brasilien, Mexiko etc. Europäische Arten dieser Gattung mit fadenförmigem windenden blattlosen Stengel fehlen. Sie gleichen in ihrem Aeusseren völlig den Arten der über die ganze Welt verbreiteten Convolvulaceengattung *Cuscuta*. *Cuscuta corymbosa* auf *Medicago* ist mit Luzernesamen aus Südamerika in Belgien eingeschleppt worden und verbreitet sich von dort durch Europa, nach Deutschland kam sie aus Frankreich. *Cuscuta europaea* var. *Schkuhriana* auf Brennesseln, Hopfen, Hanf, Weiden, var. *Viciae* auf *Vicia sativa*. *C. lupuliformis* auf Weiden, Pappeln, Schneeball, Ahorn etc. *C. Epithymum* auf Heide,

Ginster und Klee (var. *Trifolii*). *B. Epilinum* auf Flachs. *C. Cerasiata* ist am Main und Rhein verbreitet.

Keimblätter fehlen dem Keimling der *Cuscuta*arten, derselbe lebt bis zur Ausbildung der Haustorien von den in seinem kolbigen, bald verschrumpfenden Ende aufgespeicherten Reservestoffen. Derselbe vermag nach deren Verbrauch ohne zu wachsen 4—5 Wochen unverändert an der Erde liegend am Leben zu bleiben, aber nur, wenn er mit lebenden Pflanzen in Berührung bleibt, bildet er Haustorien; auch bei seinen Nutationen vor Verschrumpfung des Endkolbens werden todte Stützen vermieden, so lange lebende in der Nähe sind. Da, wo ein lebender Stengel umschlungen ist, schwillt der Faden an und es entstehen gewöhnlich mehrere Saugwarzen reihenförmig neben einander; auf abgestorbenen oder todten Körpern verflachen sich dieselben zu Haftscheiben, auf lebenden wächst aus der Mitte der Warze ein Zellbündel heraus, das in die Gewebe der Nährpflanze eindringt und als Saugorgan dient. Die Verbindung mit dem Boden stirbt dann ab. In der Hauptsache ähnlich verhält sich *Cassyta*.

3. Orobanchen.

§ 8. Die Samen der Sommerwurzarten (*Orobanche*), deren man nach v. Beck allein 90 kennt, und die Arten der verwandten Gattungen *Cistanche*, *Phelipaea*, *Christisonia*, *Phacelanthus*, *Aeginetia*, *Conopholis*, *Epiphegus* etc. dringen mit dem Wasser in den Erdboden, kommen jedoch nur dann über die ersten Keimzustände hinaus, wenn das untere Ende des Keimlings mit einer normalen Nährwurzel in Berührung kommt. Es bildet sich dann an dem kleinen wurzelartigen Faden ein zapfenförmiges Ende, das durch die Rinde (mit der es verschmilzt) und in das Gefäßbündel treibt; der ausserhalb gelegene Theil des Keimfadens verdickt sich dann und es treten nach unten sprossähnliche Adventivwurzeln hervor (ohne Wurzelhaube), welche neue Haustorien bilden, während nach oben zu der Blütenstand zur Entwicklung gelangt. Auch das ursprüngliche Haustorium treibt in der Nährwurzel Auswüchse, die in ähnlicher Weise Blüthensprosse erzeugen.

Die Mehrzahl der Orobanchen wächst auf krautigen mehrjährigen Gewächsen, wenige wachsen auf Holzpflanzen (Wurzeln), so wächst *Epiphegus Virginianus* nur auf *Fagus ferruginea* (cf. Schrenk in *Proceed. Am. Micr. Soc.* Vol. XV. S. 91—128). Es sind viele nur auf bestimmte Nährpflanzen oder Pflanzenformen beschränkt,

so *Phelipaea* auf *Centaurea*, *Orobanche Hederæ* auf *Epheu*(wurzeln), *O. Laserpitii Sileris* auf *Laserpitium Sileris*, *O. Salviae* auf *Salbei*, *O. lucorum* auf *Berberis*, *O. alba* und *O. Teucris* auf *Labiaten*, *O. gracilis*, *O. lutea* auf *Papilionaceen*, *O. major* und *O. flava* auf *Compositen*, *O. caryophyllacea* auf *Rubiaceen*, *O. alsatica* auf *Umbelliferen*, andere Arten können auf den verschiedensten Pflanzenwurzeln zur Entwicklung kommen. So wurde nach v. Beck *O. minor* auf 58, *O. ramosa* auf 35 verschiedenen Pflanzenarten angetroffen, letztere namentlich auf Hanf und Tabak, erstere als ein gefährlicher Feind der Wiesenkleeculturen. Der Keimling der *Orobanchaceen* besitzt keine *Kotyledonen* und vermag sich nicht aus der umgebenden Erde zu nähren, nur *Lathraea* macht eine Ausnahme, indem der Keimling dünne flache *Kotyledonen* und echte Wurzeln mit zahlreichen Wurzelfasern besitzt. Die Sommerwurzgewächse winden nicht, ihr oft über $\frac{1}{2}$ m hoher Blütenstengel wächst astartig aus der Nährwurzel hervor.

4. Balanophoraceen, Kolbenschosser.

§ 9. Die meist ein- oder zweijährigen *Balanophoraceen* oder *Kolbenschosser* finden sich nur in den Urwäldern der Äquatorialzone und wenig darüber hinaus, mit alleiniger Ausnahme des auf den Wurzeln der *Pistacia Lentiscus*, *Myrtus communis* etc. in Sicilien, dem südlicheren Spanien, auf Malta wachsenden „*Malteserpilzes*“, *Cynomorium coccineum*. Sie sind sämtlich chlorophyllfreie Wurzelschmarotzer mit verkümmerten Blättern und von pilzartigem Ansehen, besonders an die *Phalloideen* unter den Pilzen erinnernd und entwickeln ihre fleischigen Blüthenschäfte aus einer Knolle, die den Wurzelzweigen anderer Pflanzen aufsitzt. Die Keimlinge haben weder *Kotyledonen* noch Würzelchen.

Die Gattung *Langsdorffia* besitzt einen cylindrischen, ästigen, aufsteigenden, filzigen Strunk von blassgelblicher Farbe, welchem fleischige Blüthenstände mit dachziegeligen Schuppen ringsum entspringen, welche an gewisse *Compositen* (*Immortelle*) erinnern. *Langsdorffia Moritziana* schmarotzt auf den Wurzeln von Palmen und Feigen; kommen die Keimlinge der *Langsdorffia* an eine geeignete Baumwurzel, so üben sie, indem sie zur Knolle werden, an der Unterlage eine eigenartige Umgestaltung aus. Die Wurzelrinde wird zerstört, das Holz zerfasert, die Holzbündel erheben sich und vertheilen sich fächerartig, so dass sich die Elemente beider Pflanzen

verflechten und verketten. Der Strunk enthält in besonderen Gängen Wachs (Balanophorin), das zu Kerzen verarbeitet werden kann.

Eine zweite Gattung *Scybalium* besitzt an Stelle des schlangenförmig verzweigten Strunkes eine klumpige, knollige, öfter unregelmässig gelappte Verbindung mit der Wirthspflanze, welche letztere sich an der Verbindungsstelle ähnlich wie bei *Langsdorffia* umgestaltet. Der keulenförmig-fleischige, dicht beschuppte Spross verbreitert sich oben scheibenförmig und erzeugt auf der Scheibe zwischen Schüppchen und Haaren die kleinen Blütenköpfchen. Das ganze Gebilde gleicht dann einem Hutpilz. *Scyballium* fungiforme, *Sc. jamaicense*, *Sc. Glaziovii*, *Sc. depressum* sind Bewohner des äquatorialen Amerika. — Noch mehr gleichen Pilzen, „die doch Blüten tragen“ — „hieroglyphische Schlüssel zweier Welten, die wie Traum und Wachen in endloser Wechselbeziehung sich einander auslegen und fliehen“ —, die der östlichen Halbkugel eigenen (Wachs liefernden) Arten von *Balanophora*, wie *Balanophora fungosa* auf den Wurzeln von *Eucalyptus* und *Ficus* in Neuholland und den Neuen Hebriden, *B. involucrata* auf den Wurzeln von *Quercus*, *Acer*, *Aralia*, *B. elongata* mit 30 cm hohem Kolben auf den Wurzeln von *Thibaudia* auf Java; sie gleichen den Phalloideen, Keulen- und Hutpilzen auch in Bezug auf die bunte Färbung. Die aufgestülpten Rinden bilden um die Stielbasis eine kelch- oder becherförmige Umwallung.

Die Gattung *Helosis* (Amerika) hat kolbige, lang gestielte zapfenförmige Blütenstände, die sich senkrecht von den Ausläufern erheben. Die Nährwurzeln werden schliesslich ganz von den schmarotzenden Knollenstöcken umwuchert, so dass sie wie eine Fortsetzung derselben erscheinen. *Helosis gujanensis* wächst in Mexiko. Zapfenförmigen Blütenstand, aber keine Ausläufer besitzt *Corynaea* (Südamerika), z. B. *Corynaea Turdiei* mit purpurnem Kolben auf weissem Schaft auf den Wurzeln der Fieberrindenbäume. *Rhopalocnemis phalloides* auf den Wurzeln der Eichen, Feigen etc. in Java und im Himalaja hat einen gelblich- oder rötlichbraunen Knollenstock von Kopfgrösse, aus dem 2—6 hellbraune Blütenzapfen von der Form der Cycadeenzapfen und über 30 cm Länge, 4—6 cm Dicke hervorwachsen.

Bei den Gattungen *Lophophytum*, *Ombrophytum*, *Lathrophytum* sitzen die Blüten in getrennt rundlichen Köpfchen einer fleischigen Spindel auf. Bei *Lophophytum mirabile*, das im Urwald Brasiliens auf Ingawurzeln den Boden oft weithin bedeckt,

gleichen die unentfalteten Kolben etwa einem Cycadeenzapfen; nach Abfall der braunen, die Blüten verdeckenden Schuppen treten an langer weissröthlicher Spindel unten in dottergelben Köpfchen die weiblichen, oben in weit aus einander gerückten Köpfchen die blassgelben männlichen Blüten hervor. Noch bunter ist *Lophophytum Leandri* (Spindelblatt röthlich, Deckschuppen gummiguttfarben, Fruchtknoten gelblich, Griffel roth, Narben weiss). Die *Ombrophytum*blüthenstände gleichen einem Maiskolben, *Lathrophytum* entbehrt auch jeglicher Schuppenblätter. Am Cap der guten Hoffnung finden sich nur 3 *Balanophoreen*, darunter die nach faulen Fischen riechende *Sarcophyte sanguinea* auf *Acacia*arten und anderen *Mimoseen*, deren Blütenstand die Form einer von der Wurzel ausgewachsenen Weintraube mit warzigen Beeren hat, aber durch seine Farbe eher einem thierischen Gebilde ähnelt. Auch der anfangs erwähnte europäische *Malteserschwamm*, *Cynomorium coccineum*, mit phallusähnlichem Blütenkolben, hat blutrothe Farbe und giebt bei Verletzung einen blutrothen Saft von sich.

Die *Hydnoreen* (*Hydnora Africana* auf Wolfsmilcharten und *H. triceps* aus Südafrika, *H. Americana* aus Südbrasilien) besitzen 4—6kantigen, prismatischen, längs der Kanten mit Warzen besetzten Knollenstock. Die Blütenknospen, anfangs von Kugel-, dann von Feigen- oder Keulenform, öffnen sich am verdickten Ende mit drei dicken fleischigen Klappen. Die jeglicher Deckblätter baaren Blüten haben wie die der *Rafflesiaceen* Aasgeruch. Der Knollenstock entsteht ähnlich wie bei den *Balanophoraceen*, obwohl die *Hydnoreen* den *Rafflesiaceen* näher stehen.

5. Rafflesiaceen.

§ 10 a. Die *Rafflesiaceen* theilen mit den *Balanophoreen* und *Hydnoreen* den ungegliederten, nur aus Zellen bestehenden Keimling, den Mangel an Chlorophyll und das allgemeine pilzähnliche Aussehen, unterscheiden sich aber im Blüten- und Fruchtbau und in der Verbindung mit der Wirthspflanze. Bei den vorigen Familien sind in einem knollen- oder wurzelstockartigen Gebilde Gefässe und Zellen des Parasiten mit den aufgeblättern Holzzen aus Wurzel oder Stamm verwachsen, bei den *Rafflesiaceen* bildet der Keimling unter der Rinde einen Hohlcylinder, der den Holzkörper der Wurzel oder des Stammes der Wirthspflanze umwuchert, ohne knollenförmige Bil-

dungen. Die Samen von *Rafflesia* gelangen hauptsächlich durch Elephanten, die in die breiige Fruchtmasse treten, an die *Cissus*-wurzeln, während die an holzigen Zweigen, Lianen etc. wachsenden Rafflesiaceen Beerenfrüchte haben, deren Samen durch die Excremente übertragen werden, oder durch Affen und andere vorbeistreifende Thiere verbreitet werden.

Der fadenförmige Keimling erzeugt bei *Rafflesia* und *Pilostyles Haussknechtii* auf *Astragalus* unter der Rinde, die er durchdringt, feinfädige einfache oder verzweigte oder sich netzförmig verbindende Vegetationskörper, die mit den, auch zwischen Rinde und Holz wuchernden Mycelien der Hutpilze die grösste Aehnlichkeit haben. In anderen Fällen stellt der Vegetationskörper ein Gewebe aus mehreren Zellschichten, selten einen ununterbrochenen Hohlcyylinder dar. An gewissen Stellen entstehen in dem Gewebekörper des Parasiten Floralpolster — Zellenzüge und Gefässe — und es bildet sich eine weitere Gliederung in Achse und Blüten aus. Nur bei *Cytinus* entspringt der Knospe ein reichblättriger Stengel mit einer Traubendolde von Blüten, bei anderen Rafflesiaceen entsteht aber aus der Knospe direct die Blüthe selbst. Bei *Apodanthes* und *Pilostyles* sind die letzteren klein und ein Wirthszweig mit ihren Blüten lässt sich z. B. bei *Apodanthes Flacourtiana* mit einem blühenden Daphnezweig vergleichen. Bei *Brugmansia* und *Rafflesia* sind die Blüten dagegen sehr ansehnlich, so bei *Brugmansia Zippelii* auf *Cissus*wurzeln, besonders aber bei den „Riesenblumen“ *Rafflesia Arnoldi* auf den Wurzeln von *Vitis*arten auf Sumatra, wo die Blume 0,8—1 m im Durchmesser und 5—8 kg Gewicht hat (mit ihr wurde durch den staubfeinen Samen auch eine *Vitis*art im Bot. Garten zu Buitenzorg inficirt), ferner bei *Rafflesia Patma* auf *Vitis scariosa* auf Java, wo die Blüten bis über einen halben Meter Durchmesser haben. Kerner vergleicht die Blütenform der eines Vergissmeinnichts. Da wo das napfförmige Mittelstück, dem die Staubgefässe und Griffel eingefügt sind, in die Perigonlappen übergeht, ist ein fleischiger Ring. Bei *R. Patma* ist die Mitte und der Ring schmutzig blutroth, die warzigen Lappen sind von der Farbe der menschlichen Haut. Die auf schlangenförmig dem Boden anliegenden Wurzeln schmarotzenden Rafflesiablüthen (5 Arten bekannt) haben einen widerlichen Aasgeruch für die Bestäubungsvermittler. In Europa ist die interessante Parasitenfamilie der Rafflesiaceen nur durch den *Hypocist*, *Cytinus hypocistis*,

vertreten, welcher auf den Wurzeln verschiedener Cistrosensträucher in Südeuropa, namentlich in Griechenland, wächst. Andere *Cytinus*-arten finden sich in Mexiko und am Cap.

§ 10b. Wasserparasiten,

die dem Wirthe nur die rohe, noch nicht assimilirte Nahrung entnehmen, in den Haustorien nur Xylemelemente zur Leitung der Mineralstoffe, nicht, wie die echten Schmarotzer, Siebröhren zur Leitung der Assimilate enthalten, sind die Loranthaceen, zu denen unsere Mistel, *Viscum album*, und die Riemenmistel, *Loranthus europaeus*, gehören. Sie enthalten daher Chlorophyll.

Die Loranthaceen (mit etwa 540 Arten) sind mit Ausnahme der Gattung *Nuytsia* und *Gayadendron*, die ihre Wurzeln in der Erde entwickeln, meist strauch- oder selbst krautartige, chlorophyllartige Halbparasiten, die nur auf die durch den Wirth aus dem Boden zugeführten Nährstoffe angewiesen sind. Die Verbindung mit dem Substrat geschieht in sehr mannigfacher Weise. Die Früchte sind Scheinbeeren, der Verbreitung durch Vögel angepasst, und daraus erklärt sich zum Theil die epiphytische Lebensweise, die mit der weiteren Anpassung an den hemiparasitischen Nahrungserwerb verbunden ist. Eine klebrige Viscinschicht dient zur Befestigung der Samen an das Keimbett. (Die Passage der Samen durch den Vogelmagen ist nicht nöthig, scheint aber nach meinen Erfahrungen förderlich zur Weiterentwicklung des Keimlings.)

Loranthaceen (nach Engler).

I. Loranthoideen.

Gayadendron (in 4 Arten) und *Nuytsia floribunda* nicht parasitisch.

Phrygilanthus, ca. 20 Arten, z. B. *Phr. heterophyllus* in Chile und Peru auf Myrtaceen. *Phr. eugenioides* in Südamerika, umklammert häufig die Baumstämme, soll aber auch im Boden wurzeln und zuweilen nach dem Absterben des Baumes allein übrig bleiben. *Phr. celastroides* in Australien auf Eucalypten, *Phr. verticillatus* auf *Colletia crenata*, *Phr. tetrandrus* in Chile und Peru auf *Olea europaea* und *Populus nigra*.

Struthanthus, 40 Arten, z. B. *Str. marginatus* mit Haftwurzeln in Brasilien und Paraguay, häufig auf Citrus, *Coffea*, *Ficus*, *Eugenia dysenterica* etc., besonders den Kaffeeplantagen schädlich, *Str.*

syringifolius auf Lauraceen und *Mangifera*, *Str. vulgaris* im südlichen Brasilien auf *Bombax*, *Chorisia*, *Guarea*.

Phthirusa, 34 Arten, zum Theil kletternd, dann auch mit Haftwurzeln am Stengel, z. B. *Ph. Theobromae* auf *Theobroma*, *Mangifera*, *Nerium*; *Ph. pyrifolia* auf *Mangifera*, *Citrus*, *Persea indica*, *Lagerstroemia indica*.

Psittacanthus, 50 Arten, z. B. *Ps. robustus* auf *Vochysia* etc., *Ps. furcatus* auf *Anacardium*.

Orychanthus, 8 Arten, mit an der Nährpflanze hinkriechenden und in dieselbe Haustorien senkenden Wurzeln, z. B. *O. ruficaulis* auf *Nerium*, *Erythrina*, *Coccoloba* etc.

Loranthus, ca. 200 Arten, in der alten Welt, z. B. *L. europaeus* auf Eiche (Südeuropa, Oesterreich, Mähren, Böhmen, vereinzelt in Deutschland, z. B. bei Dohma bei Pirna), *Castanea*, *L. odoratus* im Himalaya auf Eichen, *L. ligustrinus* (vielleicht Wurzelparasit), *L. speciosus* auf den Gebirgen Javas, *L. dodonaeifolius* in Senegambien auf Tamarindenstämmen.

Elytranthe, 30 Arten, im indisch-malayischen Gebiet, z. B. *E. loniceroides*.

Aëthanthus, 4 Arten, in den Anden Südamerikas, z. B. *A. Mutisii*.

II. Viscideen.

Antidaphne, 2 Arten, in Kolumbien und Peru, mit dicken, flachen, spatelförmigen Blättern.

Eremolepis, 5 Arten, z. B. *E. Wrightii* auf *Hufelandia pendula*.

Eubrachion, 2 Arten, mit stielrunden Zweigen, denen in der Jugend schildförmig längliche Schuppenblätter spiralig anliegen, *E. brasiliense* und *E. ambiguum* (Uruguay).

Tupeia antarctica in Neuseeland, *Lepidoceras squamiferum* auf Myrtaceen.

Ginalloa, 4 Arten, z. B. *G. andamanica*.

Notothixos, 4 Arten, graufilzige oder gelbwollige Sträucher mit gegenständigen flachen, lederartigen Blättern, *N. floccosus*, *N. incanus*, *N. subaureus*, *N. cornifolius*.

Arceuthobium, ca. 10 Arten, auf Coniferen, reich verzweigte parasitirende Sträucher mit Rindensaugsträngen, mit schuppigen paarweise verzweigten Niederblättern. *A. Oxycedri* auf *Juniperus* im Mittelmeergebiet. *A. pusillum*, *A. americanum*, *A. divaricatum* auf *Pinus*, *A. Douglasii* auf *Pseudotsuga Douglasii* und *Picea Engelmanni*, *A. occidentale* auf *Pinus* und *Abies grandis*.

Viscum, ca. 20 Arten. Unser *Viscum album* auf allen möglichen Bäumen Europas und des aussertropischen Asiens, besonders Pappeln, Weiden, Birn- und Apfelbäumen, Birken, Linden, Ebereschen, Ahornen, Tannen, Kiefern etc., selbst auf Rosen, Weinreben und *Loranthus*, *V. capitellatum* auf anderen Loranthaceen und *V. ramosissimum* auf *Rhododendron* in Vorderindien und Ceylon, *V. pauciflorum* auf *Euclea* und *Rhus* im Capland und *V. Crassulae* auf strauchigen *Crassula* und succulenten Euphorbien im Capland (letzteres mit länglichen rothen Scheinbeeren), *V. japonicum*, *V. capense*, *V. minimum* auf Euphorbiastämmen, *V. salicornioides* (vom Aussehen der *Salicornia*) mit schuppenartigen Hochblättern an den Zweigen.

Dendrophthora, ca. 14 Arten in Westindien, zum Theil nur mit Schuppenblättern, z. B. *D. Biserrula* auf *Arbutus* mit rundlichen Zweigen, *D. Epiviscum* auf *Phoradendron rubrum* und *Dendrophthora buxifolia* mit 4 flügeligen zusammengedrückten Zweigen, *D. opuntiioides* mit blattartigen Zweigen.

Phoradendron, ca. 80 Arten, meist im tropischen Amerika. Behaart z. B. *Ph. flavescens* auf Eichen, *Populus*, *Platanus*, *Fraxinus*, var. *tomentosum* auf Mimosen in Mexiko, *Ph. Bolleanum* auf *Juniperus*. Kahl: *Ph. crassifolium* auf *Coffea*, *Bertiera*, *Schinus* etc., *Ph. latifolium* auf *Myrsine guyanensis* und *Lagetta*. Ohne Laubblätter: *Ph. californicum* auf *Mimosa*, *Cassia*, *Larrea*, *Ph. juniperinum* auf *Juniperus* und *Libocedrus recurvens*.

b) Parasitische Kryptogamen.

§ 11. Bei den parasitischen Kryptogamen — es handelt sich hauptsächlich um Pilze, Algen und Flechten — spielen die Anpassungen an die chemische Zusammensetzung der Wirthspflanzen eine Hauptrolle und, wie es scheint, muss auf sie das Vorkommen der Parasiten auf ganz bestimmten Wirthspflanzen und Wirthsthieren in erster Linie zurückgeführt werden, wie die ausschliessliche Wirkung der männlichen Sexualzellen auf die Eier der gleichen Species und die Richtungsbewegungen der ersteren nach den letzteren hin dem Chemotropismus zuzuschreiben sind. Bei den Moosen war es Zuckerlösung, bei den Farnen Apfelsäurelösung, welche nach Pfeffer die Spermatozoiden in das Archegonium zur Befruchtung der Eizelle leiten, und auch bei den Pilzinfektionen scheinen bestimmte chemische Stoffe der Wirthspflanze die Keimung der Sporen

oder doch das Eindringen der Pilzschläuche in das Gewebe zu veranlassen und zu leiten. Auf Pfeffer's Veranlassung hat der Japanese Miyoshi eine Reihe von Versuchen über chemotropische Reizbewegungen der Pilze überhaupt angestellt, indem er theils Blätter (z. B. von *Tradescantia*) mit der zu prüfenden Substanz injicirte und, nachdem er sie abgespült, auf der Spaltöffnungen führenden Epidermis mit Pilzsporen beschickte, theils dünne Colloidiumhäutchen oder abgezogene Epidermisstreifen oder dünne Glimmerblättchen durch Nadelstiche mit feinen Löchern versehen auf Flüssigkeiten oder Gelatine mit der zu prüfenden Substanz legte und dann hierauf die Pilzsporen aussäete. Es ergab sich, dass bei den einzelnen Pilzen ganz bestimmte chemotropische Reize wirksam sind. Nur wenn die injicirten oder unter den Blättchen befindlichen Substanzen chemotropische Reizmittel waren, drangen die heranwachsenden und auf der Oberfläche fortkriechenden Pilzhyphen in die Spalt- oder Stichöffnungen ein. Als gute Reizstoffe wurden (bei den Versuchen mit *Mucor Mucedo*, *M. stolonifer*, *Phycomyces nitens*, *Penicillium glaucum*, *Aspergillus niger*, *Saprolegnia ferax*) allgemein die neutralen Salze der Phosphorsäure und des Ammoniums befunden, wie auch Pepton und Asparagin, während durch die Nitrate, Chloride und weinsauren Verbindungen des Kaliums, Natriums, Calciums und durch Glycerin keine Anlockung der Pilzhyphen erzielt wurde. Dagegen zeigte Traubenzucker bei den obigen Pilzen mit Ausnahme von *Saprolegnia* eine positiv chemotropische Reizung. Wie die genannten Nitrate, Chloride und Tartrate wirken Alkalien, freie Säuren, Alkohol negativ chemotropisch. Das Verhalten der einzelnen Pilze ist aber ein sehr verschiedenes und auch die zur Reizwirkung nöthige Concentration ist in weiten Grenzen specifisch verschieden. Die parasitischen Arten *Botrytis Bassiana* (der Seidenraupe) und *B. tenella* (des Maikäfers) erwiesen sich in gleicher Weise als durch chemische Reize ablenkbar und durchbohrten Colloidiumhäutchen nur dann, wenn unter denselben ein geeignetes chemisches Reizmittel befindlich war.

Auch Büsgen hat gefunden, dass das Eindringen der Keimschläuche in die Nährpflanzen und die Entwicklung von Saugwurzeln, Haustorien, unter der Einwirkung gewisser chemischer Zellinhalte vor sich geht und hat es wahrscheinlich gemacht, dass es sich dabei oft um eine Exosmose von Stoffen aus dem Zellinnern handelt. Frank hatte schon 1878 bei der Beobachtung der Keimschläuche der *Cercospora cana* auf *Erigeron canadensis*

gefunden, dass die letzteren meist ohne Zweigbildung auf weite Strecken über die Epidermis wachsen, sobald sie aber an eine Spaltöffnung gelangen, ihr Wachsthum ändern, oft unter dichotomer Verzweigung und netzförmigem Anastomosiren der Zweige die Schliesszellen überspinnen und dabei bemerkt: „Es macht den Eindruck, als wenn die Pilzfäden schon auf den Schliesszellen der Spaltöffnungen ernährt würden und dann desto sicherer ins Innere wachsen könnten.“ Büsgen hat darauf hingewiesen, dass wenn man Blätter verschiedener Pflanzen in bakterienhaltige Flüssigkeiten legt, die Bakterien sich oft auf den Grenzen der Epidermiszellen ansammeln, in anderen Fällen (z. B. bei *Barbarea vulgaris*), sich in dichten Haufen über den Spaltöffnungen ansammeln und bei *Barbarea vulgaris* etc. gefunden, dass eine Benetzung der Blätter mit einer ammoniakalischen Lösung von Silbernitrat um die Spalte herum einen dichten schwarzen Niederschlag bildet, während die ganze übrige Epidermis oft frei davon bleibt. Es müssen hier also Substanzen aus den Schliessöffnungszellen diffundirt sein. In einem anderen Fall fand die Exosmose an den Grenzen der Epidermiszellen statt. Der Wachsüberzug, welcher sonst auch andere biologische Bedeutung haben kann (Schutz gegen Ameisen, Schutz gegen Benetzung), würde hiernach auch gegen den Verlust assimilirter Substanzen durch Exosmose und gegen die Ansiedelung schädlicher Epiphyten und Parasiten schützen.

Das Eindringen der Keimschläuche der Uredo- und Aecidiosporen der Uredineen findet durch die Spaltöffnungen statt, das der Sporidienkeimlinge der Teleutosporenbasidien direct durch die Aussenwände der Zellen; während hier also die Keimlinge verschiedener Sporen ein und derselben Pflanze verschiedene Eingangspforten in das Pflanzengewebe wählen, ist sonst ganzen Pilzfamilien eine einheitliche Art des Eindringens eigen.

Während es sich bei der eigentlichen Infection nach dem Vorstehenden um chemische Beeinflussung handeln dürfte, spielen nach Büsgen (Ueber einige Eigenschaften der Keimlinge parasitischer Pilze. Bot. Ztg. LI. p. 53—72) bei den vorbereitenden Veränderungen des Keimlings Contactreize eine Rolle, durch die der Keimling zur Bildung oft sehr umfangreicher und eigengestalteter Haftorgane, Appressorien, veranlasst wird, welche engste Berührung mit dem Substrat bewirken. Die Hauptresultate von Büsgen's Untersuchung über die Entstehung der Appressorien, Infectionsfäden und Haustorien sind die folgenden:

„1. Die Contactwirkung besteht in allen behandelten Fällen vor Allem darin, dass die Parasitenkeimlinge in engste Berührung mit dem Substrat gebracht werden, indem in Folge des Reizes ihre Wachstumsweise charakteristische Aenderungen erleidet.

Die Uredineenkeimlinge schmiegen sich ihrer ganzen Länge nach dem Substrate fest an, wobei zugleich reichliches Auftreten ihm paralleler Zweige oder wenigstens häufige Aenderung der Wachstumsrichtung in der Substratfläche stattfinden kann. Die Peronosporeenkeimlinge bleiben nach einmal stattgehabter Berührung wenigstens mit ihrer Spitze fortdauernd dem Substrate angeheftet, während ihre älteren Theile sich loslösen können. Sie erfahren dabei sehr verschiedenartige Anschwellungen — oft mit etwas verdickten Membranen —, welche mit ungeschwollenen Fadestrecken wechseln und dann als sehr einfache Appressorien gelten können; bei *Fusicladium* und einigen anderen Ascomyceten sind die Appressorien, welche die Anheftung an das Substrat besorgen, von dem übrigen Mycelium scharf unterschiedene, relativ dickwandige Gebilde, welche an der Berührungsfläche einen oder mehrere Tüpfel aufweisen; *Botrytis cinerea* endlich, wohl sammt den übrigen Sclerotinien, verhält sich entweder ähnlich wie *Fusicladium* oder bildet, bei guter Ernährung, in Folge des Berührungsreizes reiche Systeme kurzbleibender Zweige, deren sämtliche Spitzen dem berührenden Körper sich anpressen.

Die obigen Reactionen auf Contactreize treten, soweit untersucht (*Botrytis*, *Fusicladium*), nicht nur an den Keimlingen, sondern an den ganzen Mycelien, selbst den Fruchträgern (*Botrytis*) ein. Sie sind, wenigstens bei *Botrytis*, von Zusammensetzung und Concentration der Nährlösungen wie von der chemischen Natur der berührenden Körper unabhängig.

2. Das Eindringen in die Nährpflanze geschieht, wo die Epidermis durchbohrt wird, durch Infectionsfäden, welche von den festgehefteten Theilen der Keimlinge ausgetrieben werden. Ihre Entwicklung ist keine Folge des Berührungsreizes. Dieser bestimmt nur die Richtung, in welcher sie aus den Appressionen hervortreten, indem er zur Ausbildung des Tüpfels an der Berührungsfläche der letzteren führt.

Der Infectionsfaden kann, wenn der Parasitenkeimling noch wachstumsfähig ist, direct nach der Bildung des Appressoriums auswachsen, um den berührenden Körper, wie die Oberfläche eines Wasser- oder Gelatinetropfens, direct zu durchbrechen oder, wenn

dies, wie auf Glas, nicht möglich ist, an ihm entlang zu wachsen. Es kann aber auch die Bildung eines Infectionsfadens unterbleiben, wenn nicht dem Appressorium von aussen Nährstoffe zugeführt werden (*Fusicladium*, *Botrytis*). Als solche könnten dienen die vom Parasiten gebildeten Zersetzungsproducte der Zellmembran; sie können aber auch seitens der Zellinhalte geliefert werden, indem dieselben durch die Membran Stoffe nach aussen treten lassen, welche auf den Parasiten einen Ernährungsreiz ausüben. Speciell wird durch solche Stoffe die Bevorzugung der Zellgrenzen beim Eindringen hervorgerufen. Auch die Inhalte der Spaltöffnungsschliesszellen können in derselben Weise auf Parasiten einen besonderen Ernährungsreiz ausüben.

Der Infectionsfaden kann als ein erstes Haustorium angesehen werden. Wie er, sind auch andere Haustorien nicht, wie Frank will (Lehrb. der Botan. I. S. 254 und 418), Organe, welche in Folge eines Berührungsreizes sich bilden.

Nach den Beobachtungen an Erysiphe scheint es, dass sie hier ein Ernährungsreiz aus den Appressorien gewissermassen hervorlockt. Ueber die Haustorien der Peronosporeen lässt sich zur Zeit nicht viel sagen. An Keimschläuchen der Gonidien von *P. effusa* erhielt ich bei Cultur in sehr verdünnter Bierwürze mit einem Zusatz freier Phosphorsäure ohne Contact verzweigte Kurztriebe, die möglicherweise Haustorien vorstellten; auch an Hyphen von *Phytophthora infestans*, die unter Deckglas aus Kartoffelstückchen hervorzuschossen, traten kurze, hakig gekrümmte Zweige auf, die ganz den gelegentlich vorkommenden Haustorien des Pilzes glichen. Die Culturversuche liessen sich aber nicht weit genug treiben, um eine sichere Identification der beiderlei Organe zu gestatten.

3. Die Appressorien haben die doppelte Function der Vermittlung engster Berührung des Parasiten mit der Wirthspflanze, welche den Beginn des Stoffaustausches zwischen beiden ermöglicht, und der Festlegung der Ursprungsrichtung des Infectionsfadens, dem sie später auch als Widerlager bei dem Acte des Eindringens dienen mögen. Für beide Leistungen ist die besondere Ausbildung ihrer Membran an der Berührungsfläche, wie sie sich bei *Fusicladium* im Auftreten des Tüpfels ausspricht, von Bedeutung.

4. Bei den Peronosporeen und Uredineen befördern spontane Nutationen das Zustandekommen einer Berührung der Keimschläuche mit der Wirthspflanze. Möglicherweise wirkt hierbei auch Chemotropismus mit, dem man mit grosser Wahrscheinlichkeit das Hin-

steuern der Cystopusschwärmer nach den Spaltöffnungen zu schreiben darf.“

Je nach dem Ort, welchen der parasitirende Pilzmycel bewohnt, finden sich besondere biologische Anpassungen, welche auch in morphologischen Unterschieden ihren Ausdruck finden. Einige Beispiele mögen dies erläutern. Bei den Mehlthauschimmeln (Peronosporeen) durchwuchert das reichverzweigte, querscheidewandlose Mycel das Pflanzengewebe in den Intercellularräumen, von hier oft Haustorien in die Zellen hineinsendend, die bei Peronospora verzweigt, bei Cystopus etc. einfach kuglig sind. Das Mycel treibt die dichotom verzweigten Conidienträger durch die Spaltöffnungen der Blattunterseite. Bei den echten Mehlthauptilzen entwickelt sich das Mycel an der Oberfläche (Ober- und Unterseite) des Blattes und sendet nur Haustorien in die Nährpflanze. Die Früchte sind mit besonderen Anhängseln, Stützhaaren, versehen. Die Haustorien sind hier im einfachsten Fall (z. B. bei *Podosphaera pannosa*) sehr dünne, röhrenförmige, directe Ausstülpungen der Mycelfäden, die innerhalb der Epidermiszellen zu einer ei- oder keulenförmigen Blase anschwellen und von einer durch die Epidermis ausgeschiedenen Scheide umgeben werden. Bei *Microsphaera Lycii* u. A. entspringt die Haustorie erst einem halbkreisförmigen Appressorium, bei *Erysiphe communis* ist letzteres gelappt etc.

Viele Pilze vermögen sowohl saprophytisch als parasitisch zu leben (facultative Parasiten). Brefeld hat sehr viele Pilze, die bis dahin als ausschliessliche Schmarotzer galten, in künstlichen Nährlösungen gezogen, wo sie oft andere Entwicklungsformen (Oidien, Hefen etc.) bilden. Bei fortgesetzter, nicht parasitischer Lebensweise verlieren dieselben aber oft ihr Infectionsvermögen, wie z. B. die Brandpilze, manche pathogene Bakterien. Saprophyt ernährte Pilze erlangen oft erst im lebenden Körper wieder ihre volle Infectionstüchtigkeit (*Tetanusbacillus*, *Diphtheriebacillus* etc.). Dagegen ist für andere eine saprophytische Aufzucht oder eine Aufzucht in besonders zarten Organen des Wirthes nöthig zur Erlangung der pathogenen Eigenschaften. Letzteres ist z. B. bei *Sclerotinia Fuckeliana* der Fall. Kissling hat nachgewiesen, dass das direct aus den Sclerotien dieses Pilzes entspringende Mycel wohl Conidien erzeugt, aber selbst unfähig ist, eine Infection zu bewirken. Auch die aus jenen Conidien entstandenen Mycelien vermögen in Blätter, Stengel und andere harte

Gewebe nicht einzudringen, sondern befallen in der Regel die Pflanze von der Blüthe aus, deren Narben und Staubbeutel sie durchwuchern. Erst nach vorangegangener Aufzucht in diesen zarten Geweben oder nach einer längeren saprophyten Ernährung wird das Mycel befähigt, auch andere Pflanzentheile zu befallen. Die Blattstellen, an denen dies geschieht, werden gebräunt und zersetzt. Die Ursache dieser Fäulnissflecken ist von den Pilzfäden ausgeschiedenes, Cellulose lösendes Enzym. Wie hier, so wird bei vielen anderen Pilzparasiten, besonders bei den Holzzerstörern, ein Enzym ausgeschieden, das die Gewebe öfters auf weite Entfernung hin durchdringt und für die Invasion der Hyphen vorbereitet. Bei *Polyporus betulinus* und *P. laevigatus* hat sich hierbei ein eigenthümlicher Polymorphismus des Mycels ausgebildet. Beide die Birken zerstörenden Pilze sind anfänglich bei der Verbreitung ihres Mycels durch den Birkenstamm rein parasitisch und die radiär sich verbreitenden Myceltheile sind dies stets; denn das Holz der Birke ist durchaus Splintholz, indem die parenchymatischen Zellen plasmaführend bleiben und im Winter Reservestoffe ablagern und das aus der Spore keimende Mycel dringt in die lebenden Zellen ein und bräunt deren Inhalt. Die Ausdehnung des Mycels der Längsachse des Stammes parallel ist aber, weil die erste Zersetzungsflüssigkeit, die theils durch ihr Gewicht, theils durch den Wasserstrom auf- und abwärts geführt wird, ein Absterben der plasmaführenden Zellen zur Folge hat und so den Boden für das nachfolgende Mycel vorbereitet, eine vorwiegend saprophytische. Dementsprechend ist z. B. bei *P. laevigatus* das parasitische Mycel sehr zart, während das junge, welches die gelösten Stoffe aufzehrt und die verticale Verbreitung des Pilzes besorgt, äusserst kräftig und dicht mit Plasma gefüllt ist. Bei diesem Pilz kommt mit zunehmendem Nahrungsmangel eine dritte Mycelform vor, die aus den Aussprossungen der alten, bald zu Grunde gehenden Mycelfasern entsteht und aus sehr feinen, kaum messbaren, dicht filzartig die Gefässe und Tracheiden erfüllenden und die Auflösung der Zellwand beendigenden Fäden zusammengesetzt ist. In Berührung mit der atmosphärischen Luft (vielleicht durch Oxydation des Gerbstoffes) kommt schliesslich ein braunes, dickwandiges, schaumiges Füllgewebe zu Stande. Diese vierte Mycelform bildet auch die steinharte Scheidewand, wenn das Mycel mit dem des *Polyporus sulfureus* in demselben Baumstamm zusammentrifft.

Nicht alle Organe der Pflanze werden in gleicher Weise von den Pilzparasiten befallen, viele Brandpilze befallen nur die Antheren oder andere Theile der Blüthe und Frucht (*Ustilago Antherarum*, *Urocystis primulicola*, *Tilletia Sphagni* etc.), andere nur local Blätter und Stengel, noch andere wie die Arten von *Schinzia* nur die Wurzeln (*Schinzia Aschersoniana* die Wurzeln von *Juncus bufonius*).

Wieder andere kryptogamische Parasiten durchwuchern das ganze Gewebe der Wirthspflanze, produciren ihre Sporen aber nur an bestimmten Theilen derselben (Anpassungen an die Verbreitung der Sporen) oder können nur an gewissen Stellen ins Innere der Pflanze eindringen. Am deutlichsten finden sich derartige Unterschiede bei den Brandpilzen. Bei Pflanzen, die, wie der Mais, an allen jugendlichen Theilen von den Brandpilzen befallen werden können, findet an solchen Theilen ohne Weiteres eine Infection statt, es wird aber nur die inficirte Stelle brandig, der Pilz wächst nicht in die anderen Theile hinein. Bei den Flugbrandpilzen des Hafers und der Hirse etc. gelingt dagegen die Infection nur an ganz jungen Pflanzen. Nur im ersten Keimstadium vermögen die Nährpflanzen die Pilzkeime aufzunehmen, später werden sie gegen die Krankheit „immun“. Die Infection gelingt auch dann nicht, wenn man die ganze Stammspitze mit den Pilzkeimen besprengt; die letzteren dringen zwar ein, entwickeln sich aber im Inneren nicht weiter, da sie die eigentliche Vegetationsspitze, wo die Rispe gebildet wird, nicht mehr erreichen können und doch in letzterer allein der Brand zum Vorschein kommt. Die Keimfäden dagegen, welche in die Achse ganz junger Pflanzen etwas oberhalb des Wurzelknotens eindringen, wachsen im Innern des Stengels fort, wobei die Pflanze äusserlich gesund aussieht, bis plötzlich nach einer Incubationszeit von 4 Monaten der Brand zur Entwicklung kommt.

§ 12. Die Einwirkung der kryptogamischen Parasiten auf den Wirth hat zu mancherlei Anpassungen seitens der letzteren geführt. Im Grossen und Ganzen sind es nur Culturpflanzen und nicht einheimische Pflanzen, welche durch einheimische Pilzparasiten in grösserem Massstab erkranken und zu Grunde gerichtet werden, oder bei wilden Pflanzen sind dann die Urheber vorwiegend fremde Eindringlinge (vgl. *Puccinia Malvacearum*, *Plasmopara viticola*), welche das Gleichgewicht in der Vertheilung der Phanerogamen vorübergehend stören (auch Pilze, wie *Schinzia Aschersoniana*,

Phragmidium albidum dürften zu letzteren gehören), es hat aber den Pilzparasiten wie anderen Schädlingen gegenüber (z. B. Schnecken) innerhalb der einheimischen Pflanzenwelt allmählich ein Abfinden stattgehabt, auf Grund dessen grössere Gleichgewichtsstörungen nicht mehr vorkommen dürften, indem die höheren Pflanzen gewisse Schutzvorkehrungen gegen die Parasiten erworben haben (vgl. Acarodomatien, Wachsüberzug, chemische Abänderungen) oder die Schädigungen auf bestimmte Theile des pflanzlichen Organismus beschränkt wurden, wobei sogar dem Pilzparasiten gewisse, seine Entwicklung und Verbreitung fördernde Einrichtungen seitens der Wirthspflanze geworden sind. Es sind so ähnliche typische Bildungen zu Stande gekommen, wie in dem Ausgleich mit der schädigenden Thierwelt (vgl. die Gallen, Cecidien).

Formgestaltungen, welche aus dem Zusammenleben mit den kryptogamischen (Pilz-, Algen-, Flechten-) Parasiten hervorgegangen sind, sind zunächst die Pilzgallen (Mycocecidien) über die Gleiches wie von den thierischen Cecidien (vgl. dort) gilt. Solche Gallen können z. B. die Form von Kröpfen etc. haben, so bei den Weiden, Pappeln, Birken etc. (*Diplodia gongrogena*, Holzkropf der Espe, *Pestalozzia gongrogena*, Weidenkropf), ferner die durch manche Rostpilze (*Gymnosporangium*, *Uromyces Tepperianus*), durch *Exobasidium* (Galläpfel der Alpenrosen etc.), *Schinzia* etc. verursachten Knollen (vgl. auch die Mycodomatien). Hirschgeweihartig verzweigte Auswüchse (von 8—12 cm) bildet z. B. *Exobasidium Lauri* auf *Laurus Canariensis*, *Taphrina alnitorqua* spatelförmige, mannigfach verkrümmte Lappen der Deckschuppen der Erle, *Ustilago Maydis* bildet aus den Fruchtknoten des Mais bis 7 cm grosse Gallen, *Taphrina aurea* goldgelbe Gallen der Pappelkapseln, *Taphrina Pruni* die „Taschen“ der Pflaumen. *Ustilago Treubii* erzeugt auf *Polygonum chinense* zweierlei Gallen: Krebsgallen und sporenbergende Fruchtgallen. Bestimmte zur Nährpflanze gehörige Zellen haben eine Umprägung zu Gunsten des Parasiten erfahren, indem sie zu einem sporenbeschützenden und sporenerstreuenden Capillitium geworden sind. In den vegetativen Gallen (Krebsgallen) werden keine Sporen gebildet. Hexenbesen werden erzeugt auf der Weisstanne durch *Aecidium elatinum*, die Weymouthskiefer durch *Peridermium Strobi*, die Berberitze durch *Aecidium Magelhaenicum*, auf *Acacia* durch *Uromyces Schweinfurthii* und

Aecidium etbaica, auf *Cissus* (von mächtigen Dimensionen) durch *Schizonella Cissi*, auf *Prunus*, Birken, Erlen, Hainbuchen durch *Taphrina*arten. *Taphrina cornucervi* bildet auf einem Farnkraut des tropischen Asiens *Aspidium aristatum*, centimeterlange, stiftartige Auswüchse, die entweder einfach bleiben oder sich ein- oder mehrmals geweihartig gabeln. *Taphrina Laurencia* bildet ähnliche Hexenbesen an *Pteridium quadriauratum* auf Ceylon. Wie die Gallenbildungen, so sind auch die Hexenbesenbildungen durch Pilze denen durch Thiere (durch Blattläuse bei Rothbuchen etc.) völlig ähnlich.

Eine Erhöhung der Lebensdauer der Wirthspflanze durch den Pilzparasiten und zu Gunsten desselben findet bei vielen Pflanzen statt, indem die Vegetationsorgane oft auf Kosten der (meist ausbleibenden) Blütenbildung üppigere Gestaltung und längere Lebensdauer zeigen, so bei der durch *Uromyces striatus* oder *U. Pisi* (*Aecidium Cyparissias*) befallenen *Euphorbia Cyparissias*, bei *Sempervivum hirtum* durch *Endophyllum Sempervivi*, bei *Cirsium arvense* durch *Puccinia suaveolens*. Bei *Knautia*, *Saponaria officinalis* etc. tritt unter der Einwirkung von Brandpilzen eine Füllung der Blüten — die überhaupt häufig mit dem Verschwinden der Staubgefäße (z. B. bei gynodiöcischen und gynodimorphen Pflanzen) einher geht — ein. Eine Zerstörung der Staubgefäße, zuweilen Auftreten der Ovarien für sie, wird durch *Ustilagineen* nach Giard, der diese Erscheinung als parasitische Castration bezeichnet, bei vielen Pflanzen (*Lychnis*, *Carex*, *Andropogon*, *Hypericum* etc.) bewirkt. *Ustilago Vaillantii* hindert nach Grognot bei der Schopffhyacinthe (*Muscari comosum*) die Ausbildung des Schopfes. *Thecaphora hyalina* erzeugt auf *Convolvulus arvensis* einen Blütenpolymorphismus. Ed. Heckel hat hier gefunden, dass das Auftreten des letzteren und das Vorkommen des Brandpilzes (*Thecaphora*) in den verschiedensten Gegenden Frankreichs an die Anwesenheit einer Spinne, *Thomisus onustus*, gebunden ist, welche die Bestäubungsvermittler tödtet. Offenbar wird die durch die Spinne der Bestäubungsvermittler beraubte und zur Selbstbefruchtung gezwungene Pflanze durch Inzucht geschwächt und so dem Pilzparasiten zugänglich gemacht, der jene Umänderung der Blüthe bewirkt. Eine verschiedene Einwirkung auf nahe verwandte Pflanzen zeigt nach P. Magnus *Aecidium punctatum*. Während bei *Anemone nemorosa* die Blüten durch das Mycel und die Sporenbildung des Pilzes nicht modificirt

werden, erleidet die Blüthe von *Anemone ranunculoides* oft bedeutende Modificationen. Im einfachsten Fall werden die Blumenblätter schmal, verlängert und grünlich und die Fruchtblätter fehlen, in anderen Fällen verkümmern die Blumenblätter zu kleinen, unscheinbaren Blättchen, Fruchtblätter fehlen und Staubgefässe sind in der Zahl vermindert, oder die Theile der Blüthe sind in mehr oder minder entwickelte Laubblätter umgewandelt. *Aecidium leucospermum* und *Puccinia fusca* auf *Anemone nemorosa*, welche eine üppige Entfaltung von Stiel und Blatt bewirken, bewirken keine Modification der Blüthe, doch scheint die Blütenbildung durch letzteren Parasiten vermindert zu werden.

Gewohnheitsrassen.

§ 13. Bei den niederen kryptogamen Formen (Algen, Bakterien, Hefepilzen etc.) entstehen nachweislich schnell besondere Anpassungen an das Nährmedium, die zur Ausbildung besonderer Rassen führen; so können aus niederen grünen Algen an den an Kohlehydraten reichen Baumflüssen chlorophyllfreie Formen, also „Pilze“ (z. B. aus *Chlorella* die *Prototheca Zopfii*, aus *Pleurococcus* *Eomyces Criéanus*), aus Leuchtbakterien nichtphosphorescirende Rassen, aus Pigmentbakterien nichtchromogene Rassen, aus pathogenen Formen nichtpathogene etc. und öfter umgekehrt erzogen werden, die die neue Eigenthümlichkeit schliesslich erblich beibehalten, so dass die alte Form daraus nicht wieder zu gewinnen ist. Dies scheint in besonderem Masse bei den parasitischen Pilzen (vielleicht auch bei parasitischen oder epiphytischen Phanerogamen, bei *Viscum album* — *V. austriacum*) der Fall zu sein. So deuten, wie Magnus mit Recht hervorhebt, die Versuchsergebnisse bei den Rostpilzen etc. darauf hin, dass parasitische Pilze, die sich durch mehrere Generationen an eine bestimmte Nährpflanze gewöhnt haben, leichter in diese Nährpflanzen eindringen, als in andere Arten, auf denen sonst der betreffende Pilz auch auftritt, und es dürften so schliesslich die Arten entstanden sein, die nur auf bestimmten Wirthspflanzen heimisch sind, bei den Rostpilzen auch die merkwürdigen Erscheinungen des heteröcischen Generationswechsels. „So sehen wir häufig parasitische Pilze in einer Gegend epidemisch auf einzelnen Arten auftreten, während andere Arten, auf denen sie auch auftreten, frei von ihnen bleiben;

so z. B. *Peronospora parasitica*, *Puccinia Caryophyllacearum* auf *Moehringia trinervia* oder auf *Stellaria media* oder anderen Caryophyllen; *Puccinia graminis* und *P. coronata* treffen wir häufig an einzelnen Orten ausschliesslich auf einzelnen Grasarten an; *Ustilago violacea*, die in den Antheren der verschiedensten Caryophyllen angetroffen wird, tritt doch häufig an einer Localität nur in einer Art auf, z. B. in *Melandryum album* oder *Dianthus deltoides* oder *D. Carthusianorum*; einmal traf ich sie im Thiergarten bei Berlin ausschliesslich auf *Malachium aquaticum* an und das so reichlich, dass ich sie für Rabenhorst's Fungi europaei ausgab (Magnus in *Hedwigia* XXXIII. p. 81).“ Ein besonders günstiges Beispiel bieten die *Puccinia*formen von *Phalaris arundinacea*. Während die *Uredo*- und *Teleutosporen*formen dieser Rostpilze sich kaum unterscheiden lassen, hat man auf der Nährpflanze der *Aecidien*früchte nicht weniger als 5 Arten unterschieden. *Puccinia sessilis* Schneider (z. B. in Schlesien) auf *Convallaria majalis*, *P. Digraphidis* Sopp. auf *Polygonatum multiflorum* und *Majanthemum*. *P. Paridis* Plowr. auf *Paris quadrifolius* kommen an einzelnen Orten nur auf diesen Pflanzen oder doch schwer auf den anderen genannten Nährpflanzen zur Entwicklung, finden sich aber an anderen Orten (z. B. in der Mark Brandenburg bei Nauen, Finkenkrug), auf *Convallaria*, *Polygonatum*, *Majanthemum*, *Paris* zugleich, so dass sie Magnus nur als „Gewohnheitsrassen“ der einen Art *Puccinia Digraphidis* betrachtet. Bei den beiden anderen Formen, *Puccinia Winteriana* Magn. (*P. sessilis* Schröt.), deren *Aecidium* auf *Allium* und *Puccinia Phalaridis* Plowr., deren *Aecidium* auf *Arum maculatum* wächst, dürften dagegen diese Gewohnheitsrassen bereits zu endlich constanten Arten geworden sein, da bei Keimversuchen in England wie in Deutschland der von *Arumäcidien* gewonnene *Phalarisrost* nie auf *Allium* und der aus *Alliumäcidien* gezogene *Phalarisrost* nie auf *Arum* keimte, auch nicht um Leipzig, wo sich jetzt *Aecidien*formen (also mithin auch *P. Phalaridis* und *P. Winteriana*) finden. Um ähnliche Gewohnheitsrassen („species sorores“ Schröter) scheint es sich auch bei *Uromyces lineolatus* zu handeln, dessen *Aecidien*, nach Dietel's Culturversuchen auf *Sium* und *Hippuris* vorkommen, an einzelnen Orten aber sich nur einer dieser Nährpflanzen angepasst zu haben scheint. Nach Plowright bildet ein morphologisch gleicher Pilz (*Ur. maritimus* Plowr.) auf *Glaux maritima* *Aecidien*. — So bildet nach Dietel *Puccinia silvatica* Schröt. sowohl auf *Taraxacum officinale*, als auf *Senecio nemorensis* und *Lappa major* *Aecidien*, während andere

Roste der Rietgräser jetzt an vielen Orten nur auf bestimmten Phanerogamenspecies ihre Aecidien bilden, wie *P. Caricis* auf *Urtica*, *P. Pringsheimiana* auf *Ribes*, *P. dioica* auf *Cirsium*, *P. limosae* auf *Lysimachia*, *P. paludosa* auf *Pedicularis* etc.

Gewohnheitsrassen, oder aus solchen entstandene Arten sind ferner ohne Zweifel die vielen kaum zu unterscheidenden *Coleosporium*arten, deren Aecidien als Blasenroste unserer Kiefern bekannt sind, die aber nach den Cultureergebnissen Klebahn's u. A. immer nur auf einer der folgenden Nährpflanzen zur weiteren Entwicklung gelangen: *Petasites*, *Sonchus*, *Inula*, *Cacalia*, *Senecio*, *Tussilago*, *Euphrasia* und *Alectorolophus*, *Campanula*, ferner die Weiden- und Pappelmelampsoren mit ihren Aecidien.

Gewohnheitsrassen haben aber nicht nur die verschiedenen Nährböden gezeitigt, sondern auch die climatischen Verhältnisse des Standortes. So hat *P. Magnus* darauf hingewiesen, dass von den früher als *Puccinia flosculorum* zusammenfassend benannten Compositenrosten gleicher Teleutosporenform in der Ebene weitverbreitet sind die Unterarten mit vollständiger Fruchtfolge (Aecidien, Uredo-, Teleutosporen) auf ein und derselben Nährpflanze, wie *P. Prenanthis*, während sie in den Alpen fehlen. Dagegen treten in den Alpen die Formen ohne Aecidien (mit Uredo- und Teleutosporen) häufig auf, wie *Puccinia Hieracii*, *P. Cirsii*, *P. suaveolens* etc. und ausschliesslich in den höchsten Alpen tritt die *Puccinia Arnicae scorpoidis* auf, bei der die ganze Entwicklung in der Bildung der Teleutosporenlager verläuft. „Diese Thatsachen,“ sagt *P. Magnus*, „werden uns verständlich, wenn wir bedenken, dass je höher der Standort des Pilzes liegt, um so kürzer die für seine Entwicklung günstige Jahreszeit wird, er daher um so schneller seine Entwicklung durchlaufen muss. Deshalb bringen es die Arten mit vollständigem Generationswechsel nicht mehr zu der aufeinander folgenden Entwicklung aller ihrer Fruchtformen, und können sich daher in den Alpen nicht halten. Deshalb mussten dort die Arten ihren Entwicklungsgang mit der Ausbildung weniger Fruchtformen vollenden können, oder mit anderen Worten, ihren Generationswechsel abkürzen; sie überspringen daher die Aecidienbildung und sparen die Zeit der Entwicklung der Stylosporen- und Teleutosporenlager aus dem eingedrungenen Keimfaden der Aecidiumspore. Diese Arten mit abgekürztem Generationswechsel können selbstverständlich auch in der Ebene gut fortkommen. Aber gebildet haben sie sich wahrscheinlich durch die Abkürzung

der für ihre Entwicklung benötigten Jahreszeit. Deshalb beschränkt sich in den höchsten Alpen die Entwicklung auf die Bildung der Teleutosporen. Dass die *Puccinia Arnicae scorpoidis* nicht tiefer hinabgestiegen ist, kann durch die Natur ihrer Wirthspflanze, die nur in den höheren Alpen vorkommt, oder durch das relativ junge Alter der Art oder durch das Bedürfniss der klimatischen Verhältnisse der höchsten Alpen bedingt sein.“ Während die Rostarten, bei denen alle 3 Fruchtformen auf derselben Wirthspflanze gebildet werden, in den Alpen fast völlig fehlen, finden sich dort um so häufiger solche mit heteröischem Generationswechsel. Auch durch den Wirthswechsel wird die Entwicklung des Pilzes auf einer Wirthspflanze bedeutend gekürzt oder es wird die Entwicklung auf die Zeit der Entfaltung zweier sich in verschiedenen Zeiten entfaltender Wirthspflanzen vertheilt. Den Wirthswechsel betrachtet Magnus daher gleichfalls als klimatische Anpassung, von der oben gezeigt wurde, dass sie ganz besonders leicht zur Ausbildung von Gewohnheitsrassen führt.

Kapitel III. Ernährung höherer Pflanzen durch Vermittlung der Pilze.

Mykorrhizen und Mykodomatien.

§ 14. Frank hat zuerst die weite Verbreitung einer Symbiose der Pilze mit den Wurzelsystemen höherer Pflanzen nachgewiesen und ihre Bedeutung für die Pflanzenwelt näher ergründet. Die Pilzmycelien können einmal die Oberfläche der Wurzeln überziehen und als Ueberträger von Wasser und Nährstoffen fungiren, wie bei den Wurzeln der Cupuliferen, Coniferen und anderer Waldbäume, oder sie werden in das Protoplasma aufgenommen und hier ausgesogen, verzehrt, ähnlich wie von den fleischfressenden Pflanzen die niederen Thiere.

In morphologischer Hinsicht unterscheidet man Mykorrhizen, wo die Pilze mit der ganzen Wurzel in Symbiose stehen und Mykodomatien, wo sie localisirt sind, in besonderen von ihnen verursachten Gallen oder Pilzkammern auftreten.

Von den Mykorrhizen sind die mit äusserem Pilzmantel, die ektotrophen Mykorrhizen, die eigentlichen und ausschliesslichen Ueberträger des Wassers und der Nährstoffe des

Bodens, während die endotrophen Mykorrhizen, z. B. bei den Ericaceen und Orchideen, wie die Mykodomatien der Erlen und Eläagnaceen, und nach Frank auch die durch Bakterien verursachten Wurzelknöllchen der Leguminosen Organe zum „Pilzfressen“ sind. Die pilzfressenden Pflanzen wissen nach Frank „mit raffinierten Einrichtungen Pilze als ihre auserkorenen Opfer in ihr Protoplasma einzufangen, darin gross zu züchten und schliesslich zu verdauen, um so von der reichen Eiweissproduction gerade der Pilze, die die letzteren ja auch als menschliches Nahrungsmittel werthvoll macht, Nutzen zu ziehen.“ Es geht hierbei also der eine der beiden Symbionten im Organismus des anderen derart auf, dass er wie ein stofflicher Bestandtheil des letzteren erscheint, der im Stoffwechsel schliesslich verbraucht wird.

§ 15. 1. Die ektotrophen Mykorrhizen bestehen aus Wurzeln, die lückenlos von einem aus Pilzhypen bestehenden Mantel überzogen sind, dieser wächst an der Spitze mit dem Wurzelkörper fort und ist mit ihm auch organisch verbunden, indem die Hypen zwischen die Epidermiszellen der Wurzel eindringen und dieselben umspinnen. Von der unverpilzten Wurzel unterscheidet sich die Mykorrhiza oft durch vermindertes Längenwachsthum und stärkere Verzweigung, wodurch sie ein korallen- oder büschelförmiges Aussehen erhält, seltener besitzt dieselbe Fuchsschwanzform (bei *Pinus pinaster* vom Cap) oder ist langästig mit wurzelhaarähnlichen Seitenbildungen. Stärke des Pilzmantels und Farbe der Mykorrhizen schwanken je nach dem beteiligten Pilz. So fand Frank z. B. bei Buchen und Fichtenspargel um Ahlefeld kreideweisse, blassrosenrothe, blassviolette, safranrothe, goldgelbe, rostbraune Mykorrhizen. Ganz allgemein ist das Vorkommen der ektotrophen Mykorrhiza bei den Cupuliferen (Eichen, Buchen, essbare Kastanie, Haselnuss etc.). Sie stehen ganz regelmässig und aller Orten, in Deutschland, in Italien und Dänemark und Norwegen, wie am Cap der guten Hoffnung und in Australien in Wurzelsymbiose mit Pilzen, die ihnen Ammendienste leisten und die ganze Ernährung der Bäume aus dem Boden übernehmen. Zwar nicht so allgemein wie bei den Cupuliferen, aber an den meisten Standorten finden sich ektotrophe Mykorrhizen bei Salicineen (Weiden und Pappeln) und Coniferen (*Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Larix*), vereinzelt bei Birken und Erlen, bei Schlehen und Linden und wahrscheinlich noch weiter verbreitet, ganz allgemein bei dem Fichtenspargel, *Monotropa Hypo-*

pitys, der anfangs auf Fichtenwurzeln schmarotzt, dann als Moderpflanze in seinem nestartigen Wurzelsystem durch Pilze ernährt wird. Wie für die Cupuliferen, so hat Frank für die Kiefern

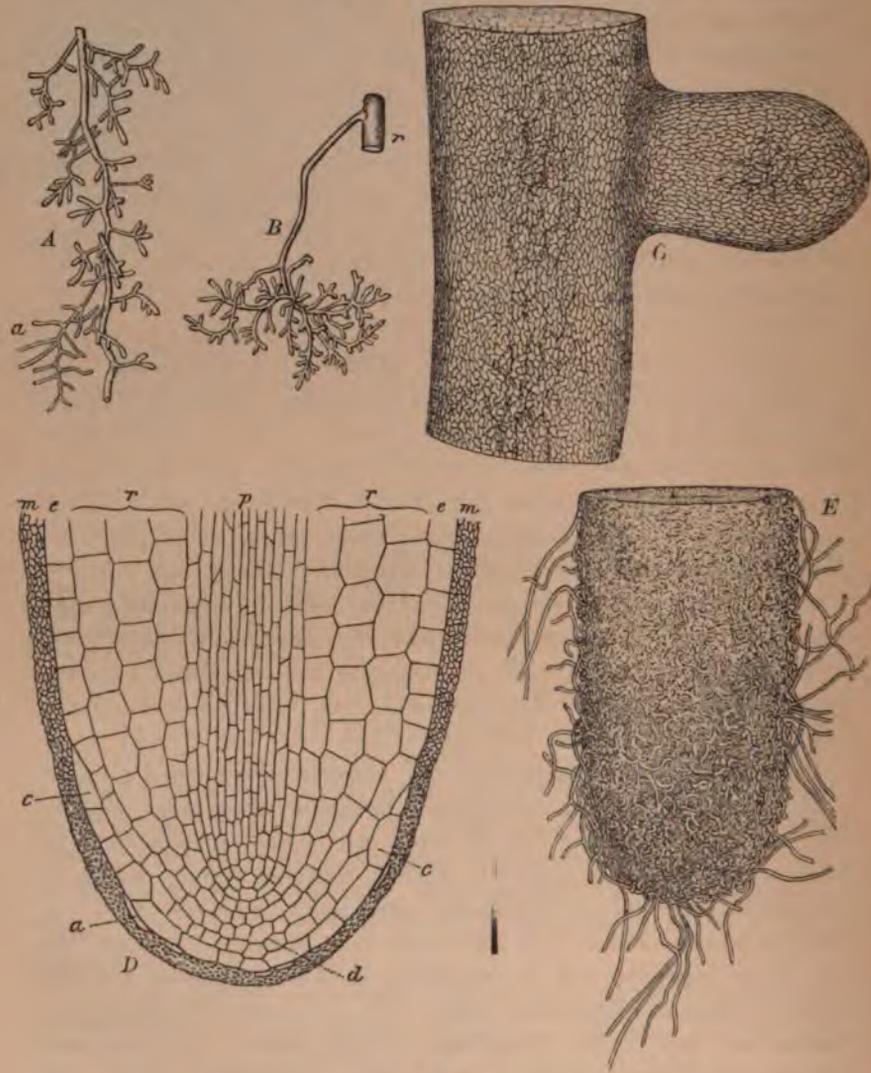


Fig. 1a.

Mykorrhizen: *A* und *B* von der Hainbuche in natürlicher Grösse. *C* Stück einer Mykorrhiza der Hainbuche. Die äusserlich glatte Pilzhülle stellt sich als kleinzelliges pseudoparenchymatisches Gewebe dar, durch das stellenweise die Conturen der Wurzelepidermis durchscheinen (145:1). *D* Längsschnitt durch die wachsende Spitze einer solchen Mykorrhiza; *p* Peridium, *e* Epidermis, *m* Pilzmantel, *d* Dermatogen, *c* Zellhaube (145:1). *E* Spitze einer Mykorrhiza der Rothbuche. Die Pilzhülle löst sich hier äusserlich in Fäden auf, die in unregelmässigem Verlauf in den Boden wachsen (480:1).

experimentell nachgewiesen, dass sie (aus Samen) nur kräftig in Mykorrhizaboden gedeihen, dass dagegen auf einem normalen guten Kiefernboden die Kiefer nicht zur Entwicklung kommt, wenn ihre natürlichen Wurzelpilze fehlen und dadurch die Bildung der Mykorrhizen verhindert wird: keine Mykorrhizen fand Frank bei Ulmen,

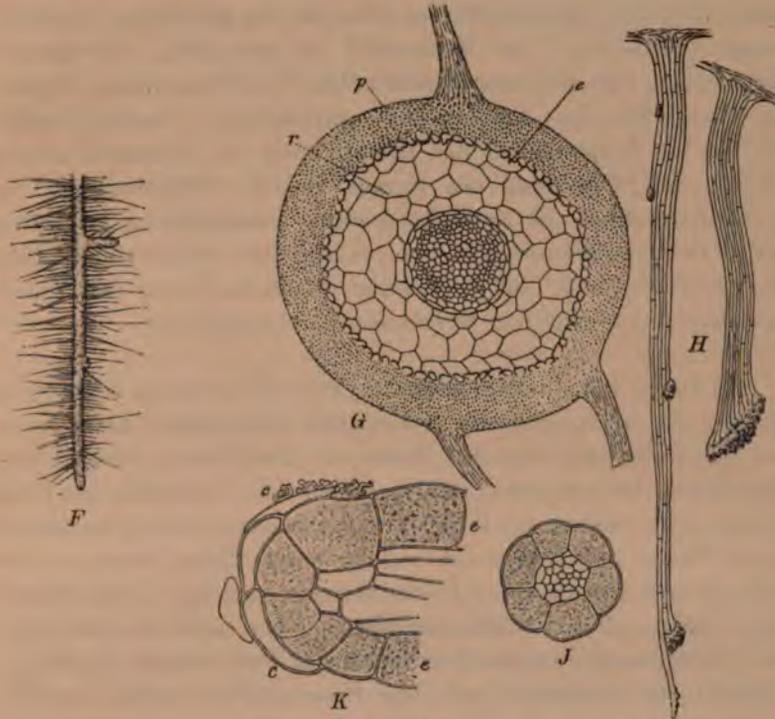


Fig. 1b.

F langästige Mykorrhizaform der Rothbuche mit wurzelhaarähnlichen Pilzfadensträngen (7:1). — G Querschnitt durch dieselbe; p der dicke Pilzmantel mit zwei Pilzfadensträngen; e Epidermis; r Rindenparenchym. — H zwei Pilzfadenstränge, aus Hyphen bestehende flache Bänder darstellend, an mehreren Stellen mit Humustheilchen verwachsen. — J Querschnitt durch eine Mykorrhiza von *Andromeda polifolia*, zeigt die grossen, pilzgefüllten Epidermiszellen, darunter den Fibrovasalstrang (G, J, K 350:1). — K Optischer Längsschnitt durch eine *Andromedamykorrhiza*; e Epidermis, zum Theil mit Pilzseudoparenchym erfüllt; c Wurzelhaubenzellen, am oberen Rande mit einigen oberflächlichen Pilzzellen (1030:1). — Fig. 1a u. 1b nach B. Frank in den Ber. d. D. B. Ges. Bd. III, Taf. X und Bd. V, Taf. XIX.

Maulbeerbäumen, Platanen, Wallnuss-, Apfel- und Birnbäumen, Eberesche, Weissdorn, Akazien, Ahorn, Kreuzdorn, Kornelkirsche, Esche, Flieder, Hollunder.

Die Pilze, welche die Humusernährung unseres Laub- und Nadelwaldes übernehmen, gehören den verschiedensten Gattungen und Arten an. So betheiligen sich an der Mykorrhizabildung die

Mycelien von *Geaster fimbriatus*, *G. fornicatus*, *Amanita muscaria*, *Agaricus Russula*, *Ag. terreus*, *Cortinarius caerulescens*, *C. fulminans*, *Lactarius piperatus*, *L. vellereus*, *Elaphomyces*arten etc., doch vermögen nicht alle Arten (selbst innerhalb derselben Gattung) Mykorrhizen zu bilden; so fand z. B. Noack nie Mykorrhizen bei *Geaster striatus*, *Lycoperdon*, *Scleroderma*, verschiedenen anderen *Amanita*-arten. Bei den chlorophyllfreien Pflanzen, wie *Monotropa*, die allein ausser Stande sind, den Kohlenstoff zu assimiliren, besorgen die Mykorrhizen die Kohlenstoffassimilation und erschliessen zugleich die Stickstoffquellen; bei den chlorophyllhaltigen Pflanzen dagegen dürften sie hauptsächlich der Erschliessung des Humusstickstoffes dienen. Die Bedeutung des Humus und der Waldstreu für den Boden wird durch die Entdeckung dieser unmittelbaren Ernährung der Mykorrhizapflanzen aus dem Humus erst recht einleuchtend. Bei vielen Pflanzen fällt oder steigt die Entwicklung der Mykorrhiza mit der Menge der vorhandenen Humussubstanz.

§ 16. 2. Die endotropen Mykorrhizen finden sich typisch bei den Ericaceen und den verwandten Epacrideen, Empetraceen und den Orchideen. Bei den Ericaceen (Heidelbeere, Preiselbeere, Moosbeere, Rauschbeere, Heide, Alpenrosen, Edelweiss etc.) und Empetraceen bilden die Pilze in den besonders weiten Epidermiszellen Nester und Hyphenknäuel, die durch Fäden unter sich und mit epiphytisch wachsenden Pilzfäden zusammenhängen. Die Wurzelhaare fehlen. Die Pilzfäden enthalten in den ersten Stadien reichlich Protoplasma, werden aber durch das Protoplasma der Mykorrhizapflanzen ausgesogen und ihrer Eiweissstoffe beraubt. Die Pilzausfüllung der Epidermiszellen hängt dann in dem Zellplasma, „wie die Fliege im Spinnennetz“; dass ihr reicher Eiweissinhalt an das Zellplasma abgegeben wird, beweist dann der hohe Eiweissgehalt desselben. Die Orchideenmykorrhizen (nicht an den Knollen) haben ähnlichen Bau, sie finden sich bei vielen Orchideen, ganz regelmässig aber bei den chlorophyllfreien Arten, *Corallorrhiza innata*, *Neottia nidus avis*, *Epipogon Gmelini*. Johow fand sie in Westindien besonders an den humusbewohnenden Voysiaarten. W. Wahrlich fand *Nectria*arten als Urheber der Mykorrhizen grüner Orchideen, z. B. von *Platanthera bifolia* und Orchisarten. Alb. Schlicht wies ähnliche Mykorrhizen bei vielen anderen humusbewohnenden Kräutern nach, so z. B. bei Erdbeeren, Mohrrüben, Sauerklee, Sumpfeilchen, Hahnenfussarten, *Primula elatior*, *Echium vulgare*,

verschiedenen Papilionaceen (*Lotus*, *Melilotus*, *Trifolium repens*) und Labiaten (Minzen, Waldziest, Braunelle u. a.), Spitzwegerich, *Jasione*, *Galium verum*, Schafgarbe, Hundskamille, Löwenzahn etc., Wiesenscabiöse, Baldrian, Majanthemum, Einbeere, den Gräsern *Holcus lanatus* und *Festuca ovina*. Keine Mykorrhiza fand Schlicht bei *Sedum acre*, Petersilie, Sonnentau, Raps, Hirtentasche, Schlafmohn, Schwertlilien, Hafer, *Carex arenaria* etc. Dagegen constatirte R. Kühn an den Wurzeln der Marattiaceen, Ophioglosse und in dem Polstergewebe von *Lycopodium inundatum* Mykorrhizen.

§ 17. 3. Mykodomatien an den Wurzeln der Erlen, Eläagnaceen etc. Sie bilden korallenähnliche, aus kurzen, dicht zusammengedrängten Wurzelästchen bestehende Knollen von Nuss- bis Kopfgrösse. Bei den Erlen wurden sie 1866 von Woronin, bei den Eläagnaceen von Warming aufgefunden und untersucht. Auch sie finden sich in besonderer Ausbildung in humusreichem Boden und werden durch Pilze hervorgerufen, die von aussen in die Wurzeln eindringen und im Innern der Zellen eiweisspeichernde Knäuel bilden, die später von der Pflanze ausgesogen werden und schrumpfen. Die Wurzelanschwellungen sind vieljährig, sie wachsen jedes Jahr an den Spitzen weiter, zugleich mit dem Pilz, dessen dünnfädiges Mycel von Neuem knäuelartig verschlungene Massen bildet. Durchschneidet man die Wurzeläste der Knollen, so findet man einen von parenchymatischer Rinde umgebenen Gefässstrang. In der Rinde lassen sich kleinere, stärkehaltige, aber pilzfreie Zellen und grössere Zellen unterscheiden, die Zellkern und Protoplasma, in letzteres eingeschlossen aber die die Zelle fast ganz ausfüllenden Pilzkörper enthalten. Der Pilz bildet eine traubige Masse, an deren Umfang dicht neben einander blasenförmige Zellen in hohlkugelige Anordnung liegen. Letztere zerfallen später im Innern in kleine, sporenähnliche Körper, die Brunchorst für Sporen hielt. Da die Entwicklungsglieder der Domatien bildenden Pilze ausserhalb der Wurzeln noch unbekannt sind, so ist ihre systematische Stellung noch unbekannt, vorläufig hat man aber den Mykodomatienpilz der Erle als *Frankia Alni* bezeichnet.

H. Möller hat auch bei *Myrica Gale* Mykodomatien beschrieben, G. F. Atkinson bei *Ceanothus americanus*, deren Urheberpilze bezüglich als *Frankia Brunchorstii* und *Frankia Ceanothi* unterschieden werden.

Nicht zu verwechseln mit diesen zur Humusernährung höherer Pflanzen in Beziehung stehenden Mykodomatien sind die oft ähnlichen Mykocecidien, wie die sehr verbreiteten Wurzelknollen (Gallen) der Cyperaceen, Juncaceen, Irideen, die durch die Arten der parasitischen Brandpilzgattung *Schinzia* verursacht werden (*Schinzia Aschersoniana* bei *Juncus bufonius* etc.).

§ 18. 4. Mykodomatien, Wurzelknöllchen der Leguminosen treten in dieser Familie gleich regelmässig auf, wie die Mykodomatien der Erlen. Es unterliegt heute keinem Zweifel mehr, dass sie durch im Boden verbreitete besondere Bakterien-species erzeugt werden, die bei der Ernährung der Leguminosen (auch in stickstofffreiem Boden) eine wichtige Rolle spielen.

Die Wurzeln aller unserer Leguminosen, z. B. Bohnen, Erbsen, Puffbohnen, Lupinen, Wicken, Kleearten, Akazien (Robinien), tragen allenthalben meist zahlreiche rundliche oder längliche, seltener gelappte Knöllchen von 1—10 mm Durchmesser und parenchymatischer Structur, deren Zellplasma zahlreiche bakterienartige Zellen, die Bakteroiden, enthält. Sie sind je nach der Pflanzenspecies verschieden gestaltet, bei *Ornithopus* z. B. einfach stabförmig, bei der Erbse, Wicke etc. zwei- oder mehrarmig verzweigt, bei den Kleearten kugel- oder birnförmig und sind die Umwandlungsprodukte von Wurzelbakterien, die aus dem Boden einwandern oder richtiger — nach Frank — eingefangen werden, um der Pflanze, ähnlich wie die endotrophen Mykorrhizen, nachdem sie Eiweissstoffe reichlich in sich aufgespeichert haben, als Nahrung zu dienen. Die Bakterien lassen sich rein züchten. A. Schneider unterscheidet (Bull. Torr. Club XIX, 203—218) *Rhizobium mutabile*, die Knöllchenbakterien bei *Trifolium*, *Melilotus*, *Lathyrus*; *Rh. curvum* auf *Phaseolus multiflorus*, *Rh. Frankii* var. *majus* auf *Phaseolus vulgaris*, *Rh. Frankii* var. *minus* auf *Pisum*, *Rh. nodosum* bei *Dalea alopecuroides*, *Robinia Pseudacacia*, *Cassia Chamaecrista*, *Rh. dubium* bei *Amphicarpaea comosa*, während Beyerinck schon früher von der Sammelspecies *Rhizobium Leguminosarum*, Frank *Rh. Ornithopodis* abspaltete. Die Infection der Wurzeln der Leguminosen kann nach Frank auf doppelte Weise stattfinden, entweder mittelst eines sogen. Infectionsfadens, oder ohne einen solchen. Bei der Erbse etc. treten an den Wurzelhaaren der jüngsten Knöllchenanlagen Plasmafäden auf, die dazu bestimmt sind, die Bakterien aus dem Boden einzufangen und in das Wurzel-

gewebe zu leiten. Die schon früher von den Autoren beschriebenen Pilzhyphen ähnlichen Gebilde sind nach Frank weitere Umbildungen dieser Infectionsfäden und des Mischplasmas der Pilze und der Pflanze (des Mykoplasmas). Bei *Lupinus* und *Phaseolus* geht die Infection ohne Fangfäden vor sich, die unter der Epidermis gelegenen Zellen oder die Epidermiszellen selbst werden hier direct inficirt. „Bei der Bohne wachsen bisweilen die Epidermiszellen an der Stelle, wo das Knöllchen angelegt wird, palissadenförmig nach aussen, gleichsam um den Infectionsstoff nach den unter ihnen liegenden Rindenzellen zu leiten. Bei der Lupine schieben oft die epidermalen Rindenzellen, indem sie papillenförmig auswachsen, die Epidermiszellen zur Seite und holen sich gleichsam selbst den Einwanderer.“ Die Fähigkeit einer reichen Stickstoffassimilation der Leguminosen (z. B. der Lupine, der *Robinia Pseudacacia*) bei fehlendem Bodenstickstoff steht mit der Bildung der Wurzelknöllchen in engstem Zusammenhang. Während aber Hellriegel, Willfahrt und Andere den Leguminosen die Fähigkeit der Assimilation freien Stickstoffs ohne die Betheiligung der Bodenmikroben überhaupt absprechen, bewirken nach Frank die Knöllchenbakterien nur eine Steigerung der Lebensenergie, ein lebhafteres Wachsthum und lebhaftere Chlorophyllbildung, Steigerung der Kohlensäure- und Stickstoffassimilation. Auf humusfreiem Boden ersetzen bei der Lupine, Erbse etc. die Knöllchenpilze den Humus durch ihre Wirkung, während sie bei genügendem Humus völlig entbehrt werden können. Von den Knöllchen aus findet eine Neuinfection des Bodens mit *Rhizobium* statt, während ein anderer Theil der zu Eiweiss speichern (Bakteroiden) gewordenen *Rhizobien* der Pflanze zur Nahrung dient.

Kapitel IV. Fleischfressende Pflanzen.

§ 19. Neben der Hauptmasse der Pflanzen, die sich nur von unorganischer Kost nähren, die sie dem Boden und der Luft entnehmen und den mannigfachen Anpassungsformen der Moder- und Schmarotzerpflanzen, lassen sich zwei kleinere Gruppen von Pflanzen unterscheiden, die sich den herbivoren und carnivoren Thieren vergleichen lassen, die Pilzfresser, welche wir im vorigen Abschnitt kennen gelernt haben, und die fleischverdauenden oder fleisch-

fressenden, carnivoren Pflanzen, deren Hauptnahrung aus gefangenen niederen Thieren (besonders Insecten — daher auch der Name „Insectenfressende Pflanzen“ für diese Gruppe —) besteht. Die letztgenannten Pflanzen, von denen man etwa 400 Arten kennt, haben zum ersten Mal eine besondere Bearbeitung durch Charles Darwin, den grossen Biologen, in dessen Buch über insectenfressende Pflanzen (deutsch von J. V. Carus, Stuttgart 1877, 412 Seiten) erfahren. Das Studium dieses Werkes wie die neuere Bearbeitung des Gegenstandes durch Kerner v. Marilaun in dessen Pflanzenleben (Bd. I. p. 111—147) und in Engler und Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, sei hier zur tieferen Einsicht in dieses interessante Gebiet der Pflanzenbiologie besonders empfohlen.

Die Ausrüstungen der fleischfressenden Pflanzen, bei denen die Organe der Bodenernährung, die Wurzeln, ganz fehlen oder, wenn sie vorhanden, weit kümmerlicher entwickelt sind als bei anderen Pflanzen und mehr der Befestigung oder der aushülfsweisen Ernährung dienen, erstrecken sich auf die Anlockung der Thiere — sie erinnern in ihrer höchsten Entfaltung an die Anlockungsmittel der prächtigsten Blumen für die bestäubenden Insecten und Vögel und an die Ausrüstungen zoochorer Pflanzen zur Anlockung der samenverbreitenden Thiere — den Fang der Thiere, die Verdauung dieser Schlachtopfer und die Aufnahme der Verdauungssäfte. Die Einrichtungen zum Fang (die wiederum den Ausrüstungen zum gleichen Zweck gestaltlich ähnlich sind, welche sich zum Schutz der Blumen und Blüthenstände gegen unberufene Gäste und zur Erzwingung einer erfolgreichen Bestäubung bei den Klemm- und Kesselfallenblumen, den Leimspindeln zum Schutz der Blüthenstände, zur Erzwingung der Fruchtverbreitung bei den Leimruthen von *Pisonia* und den Klettfrüchtlern entwickelt haben) bestehen 1. in Klebvorrichtungen, 2. Fanggruben und anderen Fallen, 3. Ausrüstungen, welche beim Fang Bewegungen ausführen.

Die bisher bekannten fleischfressenden Pflanzen gehören folgenden Familien und Gattungen (19 Gattungen in 7 Familien) an:

Droseraceen: *Dionaea* (1 Art), *Aldrovanda* (3 Arten), *Drosera* (gegen 100 Arten), *Drosophyllum* (1 Art), *Byblis* (2 Arten), *Roridula* (2 Arten).

Sarraceniaceen: *Heliamphora* (1 Art), *Sarracenia* (12 Arten), *Darlingtonia* (7 Arten).

- Nepenthaceae: *Nepenthes* (gegen 40 Arten).
 Cephalotaceen: *Cephalotus*.
 Lentibulariaceen: *Pinguicula* (30 Arten), *Genlisea* (12 Arten), *Polypompholyx* (3 Arten), *Utricularia* (über 200 Arten), *Biovularia* (1 Art).
 ?Orobanchaceae: *Lathraea* (5 Arten).
 ?Scrofulariaceen: *Bartschia* (30 Arten).
 Pilze (Familie noch unbekannt): *Arthrobotrys*.
 Im Bereich der Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz wachsen folgende Arten wild:
Drosera rotundifolia, *D. longifolia*, *D. intermedia*.
Aldrovanda vesiculosa.
Pinguicula vulgaris, *P. alpina*.
Utricularia vulgaris, *U. intermedia* (Grafiana), *U. neglecta*,
U. minor, *U. Bremii*, *U. ochroleuca*.
Bartschia alpina.
Lathraea squamaria.
Sarracenia purpurea hat sich auf hochgelegenen Torfmooren Thüringens, wohin sie vor Jahren durch einen Erfurter Gärtner verpflanzt wurde, eingebürgert.

Thierfänger, welche beim Fang Bewegungen
ausführen.

Dionaea muscipula und *Aldrovanda vesiculosa*.

§ 20. Bei der Venusfliegenfalle, *Dionaea muscipula*, welche am Rande der Torfmoore von Nord- und Südcarolina von April bis Mai in langschäftigen Dolden ihre prächtigen Blüten entfaltet, bei uns in Gewächshäusern nicht selten gezogen wird, bilden die Blätter eine grundständige Rosette, mit der Rückseite zum Theil ganz dem Boden anliegend. Sie tragen auf breitem Stiel, der nach vorn abgestutzt und in der Mittelrippe zusammengezogen ist, eine rundliche zweilappige, am Rand mit 10—20 Zähnen versehene Spreite. Die beiden Hälften der letzteren zu Seiten der Mittelrippe bilden einen Winkel von 60—90° und schlagen klappenartig zusammen, sobald sich ein Thier auf die Blattfläche setzt. Der Londoner Kaufmann Ellis, der die *Dionaea* benannte, hatte bereits beobachtet, dass sich auf jeder der beiden Blatthälften 3 starre Haare befinden, und meinte, dass beim Zusammenschlagen des Blattes, dessen Rand-

stacheln dann den Fingern der zum Gebet gefalteten Hände ähnlich in einander greifen, Fliegen nicht nur gefangen, sondern durch die messergleichen Spitzen durchbohrt würden, wie weiland die Verbrecher von der „eisernen Jungfrau“ in der Folterkammer zu Nürnberg. Später fand man jedoch, dass die 6 Spitzen die Reizorgane, Tentakeln, des Blattes sind, deren Berührung

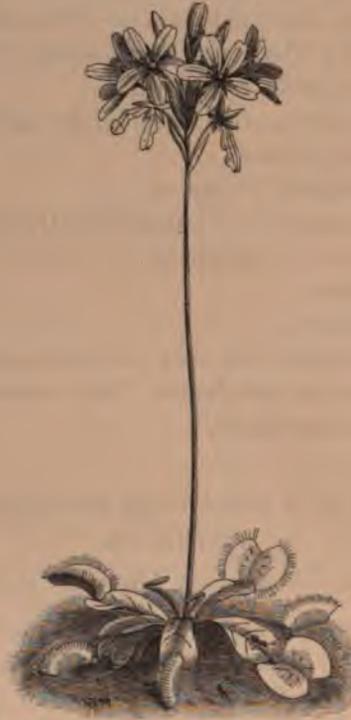


Fig. 2.

Venusfliegenfalle (*Dionaea muscipula*). Nach Drüde.

ein ausserordentlich schnelles Schliessen des ganzen Blattes zur Folge hat, die aber selbst dabei durch ein Gelenk wie Taschenmesserklingen sich zusammenlegen. Das Blatt der *Dionaea* selbst kann man zwicken, stechen, schütteln, mit Wasser übergiessen, ohne dass es sich bewegt, stösst man aber eins der 6 Reizorgane mit einem Strohalm leise an, so schliesst sich das Blatt im Nu und die Randzähne greifen dann in einander. Nach Berührung mit unorganischen Körpern öffnet sich das Blatt bald wieder, wird jedoch der

Reiz durch einen stickstoffhaltigen Körper und nicht zu flüchtig ausgeübt, so bleibt das Blatt, dessen Hälften nun wieder eben werden und, fest auf einander pressend, zwischengelegene weiche Körper leicht zerquetschen, 8—14 Tage oder noch länger geschlossen.

Die obere Blattspreite trägt noch sitzende, purpurne, 28zellige Drüsen und am Blattsaum wie zwischen den Zähnen und



Fig. 3.

Blatt der Venusfliegenfalle nach Wegnahme der vorderen Hälfte der Lamina *bb*; die hintere Hälfte zeigt an der Oberfläche die drei reizbaren Haare; *c* der geflügelte Blattstiel. Nach Sachs.

an der Unterseite noch kleine Sternhaare. Die Hunderte von prangenden purpurfarbenen Drüsenkörperchen functioniren erst als Lock- und Schauausrüstung; sie scheiden nach Einschluss eines stickstoffhaltigen Körpers (Thierkörper, Eiweiss etc.) eine schleimige, farblose, sehr saure, unserem Magensaft ähnliche Flüssigkeit aus, durch welche die eiweisshaltigen Verbindungen des Thierkörpers allmählich aufgelöst, verdaut werden. Der Verdauungssaft wird sodann durch dieselben Drüsen aufgesogen. Beim Oeffnen

der Blätter richten sich die eingeknickten Tentakeln wieder auf und die Digestionsdrüsen erscheinen wieder trocken. Bei uns fängt die *Dionaea* besonders Fliegen, in der Heimath werden aber auch zahlreiche grosse und kleine Käfer, Spinnen, Scolopender gefangen und verzehrt.

Am nächsten steht der Klappfalle von *Dionaea* die der Blasenpflanze *Aldrovanda vesiculosa*, deren eigentliche Heimath die Ge-



Fig. 4.

Aldrovanda vesiculosa: A blühende Pflanze; B ein Quirl von Blättern; C ein Blatt vergrössert. A nach Drude, B—C nach Caspary.

wässer des Südens, von Südfrankreich und Italien bis Indien und Australien sind, die sich zerstreut aber auch in Vorpommern, der Mark Brandenburg, Schlesien, in den Etschsümpfen bei Bozen in Tirol und im Bodensee findet. Der dünne, untergetauchte Stengel dieser Wasserpflanze wird kaum 30 cm lang und verästelt sich wenig; er ist mit wirtelständigen Blättern besetzt, deren Stiel gegen das Ende breiter wird und in 4—6 steifen Vorsprüngen mit kurzen Borsten endigt. Die dazwischen befindliche Spreite selbst erscheint, wenn sie geschlossen, blasenförmig. Abgesehen von den blasigen Blättern, erinnert die *Aldrovanda* im

Habitus an unser Hornblatt (*Ceratophyllum*), dessen starre Blattstacheln functionell auch den spitzen Seitenfortsätzen am Grund der Aldrovandablasen entsprechen dürften. *Aldrovanda vesiculosa* verhält sich nach den Beobachtungen von Stein (1873) und den späteren von Cohn und Anderen ganz wie die Venusfliegenfalle. Das zweilappige Blatt, dessen Mittelrippe an der Spitze in eine kurze Borste endet, öffnet sich bei uns gewöhnlich nur so weit wie die beiden Klappen einer Muschel, im Süden und bei uns bei warmem Wetter geht das Schalenpaar etwas weiter auseinander. Auf der Mittelrippe und dem concaven Theil der Blattlappen finden sich lange gegliederte sensitive Haare, welche den Tentakeln der *Dionaea* entsprechen, in grösserer Zahl. Eine Reizung derselben bewirkt ein augenblickliches Zusammenklappen des Blattes. Nach den Untersuchungen von Cohn werden Mücken, Larven, Kruster, wie Cyclops-, Daphnia-, Cyprisarten und andere Wasserthierchen, auch Kieselalgen, in grosser Menge gefangen und verzehrt. Es ist nämlich das Blatt neben den nur in der Nähe der Mittelrippe und auf dieser stehenden gegliederten Tentakeln in dem der Mittelrippe zu gelegenen concaven Theile mit kurzgestielten farblosen Drüsen mit sechszelligen Köpfchen, alle von etwas einfacherem Bau als die Digestionsdrüsen der *Dionaea*, und mit etwas einfacheren kurzgestielten Köpfchendrüsen dicht besetzt. Ihre Aehnlichkeit mit den entsprechenden, genauer untersuchten Verhältnissen bei der Fliegenfalle, Versuche mit Fleischaufguss und verschiedene Beobachtungen lehren, dass sie gleichfalls eine Art Magensaft zur Verdauung ausscheiden und danach die verdaute Substanz aufsaugen. Der äussere breitere Theil des Blattlappens von *Aldrovanda* ist flach, sehr dünn und wird nur aus zwei Zellschichten gebildet. Er trägt keine Drüsen, aber an ihrer Stelle kleine vierarmig-kreuzförmige Trichome. Zwei der schräg auseinander laufenden Arme derselben sind gegen die Peripherie gerichtet und zwei gegen die Mittelrippe. Ein schmaler Rand jedes Lappens ist einwärts gebogen, so dass, wenn die Lappen geschlossen sind, die äusseren Oberflächen der eingefalteten Theile sich berühren. Der Rand trägt eine Reihe sehr zarter Spitzen, welche aber nicht wie die peripherischen Spitzen der Venusfliegenfalle Verlängerungen der Blattscheibe, sondern nur Hautgebilde sind. Sie wie die viertheiligen Trichome dürften nach Darwin dazu dienen, Producte zersetzter thierischer Substanzen aufzusaugen, welche von der Concavität des

Blattes abfliessen. Es würde dann hier der merkwürdige Fall vorliegen, dass verschiedene Theile ein und desselben Blattes verschiedenen Ernährungsweisen dienen; der eine der wahren Verdauung, ein anderer der Aufsaugung von Zersetzungsproducten (nicht identisch mit Fäulnisproducten) der nicht verdauten thierischen Cadaver. Die Aussenseite des Aldrovandablattes ist mit sehr kleinen zweiarmigen Papillen besetzt, die den achtstrahligen, über Spreite und Blattstiel verbreiteten Papillen von *Dionaea* und den Papillen auf dem Blatt des gemeinen Sonnenthaues analog sind. Für sie hat Darwin bei *Drosera* nachgewiesen, dass sie nicht abzusondern, wohl aber zu absorbiren vermögen. Sie könnten bei *Aldrovanda* die aus den Blasen ausgeflossenen Zersetzungsproducte, welche nicht verdaut wurden, noch aufnehmen. Haben nicht organische Körper den Reiz verursacht, so schliesst sich die der klaffenden Austerschale vergleichbare Thierfalle nur auf kürzere Zeit (nach Stein's Beobachtungen auf 1—1½ Tage), während sie bei organischen Körpern geschlossen bleibt, bis diese verdaut sind, was allerdings wesentlich längere Zeit als bei *Dionaea* zu dauern scheint.

Unserer *Aldrovanda vesiculosa* ähnlich verhält sich die australische *Aldrovanda australis* und die *Aldrovanda* des tropischen Indiens, in deren zusammengeklappten Schalen man gleichfalls Ueberreste von Wasserkäfern und anderen niederen Thieren fand.

§ 21. *Drosera*.

Als weiterer Vertreter der mit Bewegung begabten fleischverdauenden Thierfänger kann uns der rundblättrige Sonnenthau, *Drosera rotundifolia*, unserer sumpfigen Wiesen dienen. Die in einer wurzelständigen Rosette stehenden gestielten, kreisrunden Blätter dieser Pflanze sind mit langgestielten rothen, am Ende kolbig verdickten und mit glänzenden Tröpfchen versehenen Wimpern am Rand und auf der Spreite besetzt, durch die eine reiche Insectenfauna angelockt und geködert wird. Die untere Blattseite ist kahl und liegt häufig dem Boden auf. Die Wimpern, welche nach dem trefflichen Vergleich Kerner's sich wie die in ein flaches Kissen eingesenkten Stecknadeln ausnehmen, und deren auf ein Blatt etwa 200 kommen, scheiden am kolbig verdickten Ende eine klare, klebrige Flüssigkeit aus, in der die Insecten und andere kleinere Thiere leicht gefangen werden — sie wirken also nunmehr als Fangorgane. Unorganische Körper vermehren zwar die Secretion der

Drüsen und bewirken die Säuerung derselben, aber nur ein thierischer Körper oder Partikeln stickstoffhaltiger organischer Substanzen (Fleisch, Eiweiss etc.) bewirken eine sofortige stärkere Absonderung saurer Flüssigkeit (Ameisensäure) und eines pepsinartigen Verdauungssaftes. Zudem beginnen dann die Wimpern in der Richtung nach dem organischen Fremdkörper hin sich zu biegen und, soweit sie denselben erreichen können, ihre klebrig-feuchten

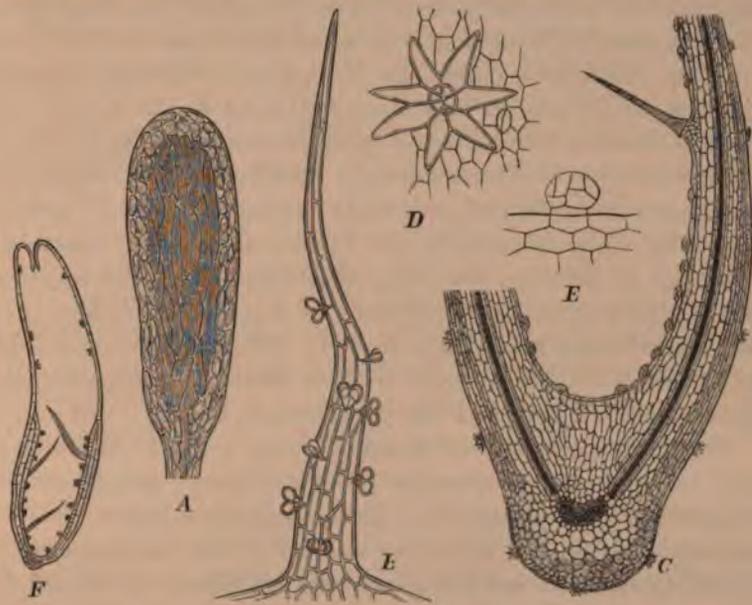


Fig. 5.

A Drüsenkopf von *Drosera rotundifolia* im optischen Längsschnitt bei mittlerer Vergrößerung. — B Zusammengesetztes Haar vom Blattstielrande mit wenigzelligen Drüsenköpfen. — C *Dionaea muscipula*, Theil des Blattquerschnittes mit einer reizbaren Mittelborste und zahlreichen Digestionsdrüsen und Sternhaaren. — D Ausgewachsenes Sternhaar der Oberseite, rechts Stielansatz eines solchen. — E Noch nicht ausgewachsene Digestionsdrüsen im Längsschnitt (die ausgewachsene besteht aus 4 + 8 + 16 Zellen) — F Blattquerschnitt von *Aldrovanda vesiculosa*. — Das Ganze nach Drude in Engler-Prantl, Die natürl. Pflanzenfamilien, III. Theil, 2. Abth., Fig. 161 (B nach Nitzsche, C nach Munk und Kurtz, D nach Fraustadt, F nach Caspary).

Enden auf denselben zu drücken, wobei auch die Spreite an der Krümmung theilnimmt. Bringt man kleine Fleischstücke auf zwei verschiedene Seiten des Blattes, so theilen sich die Wimpern in zwei Gruppen, deren eine die Bewegung zum ersten Stückchen ausführt, während die zweite das andere Stückchen zum Ziel nimmt. Die Wimpern biegen sich dann in 2—3 Minuten um ca. 45°, in 10 Minuten um 90°. Der Körper der gefangenen und

getödteten Thiere, Mücken, Fliegen, Ameisen, Käfer, kleiner Schmetterlinge, Libellen etc., deren oft ein ganzes Dutzend gefangen wird, wird schnell aufgelöst und von den Drüsen resorbirt. Die Bewegung des Reizes von der Stelle, wo organische Körper das Blatt berühren, findet strahlenförmig statt. Die langsamen Bewegungen der Tentakeln wie auch der ganzen Blätter der Droseraarten, wie die rapiden Bewegungen der Venusfliegenfalle und Aldrovanda geschehen durch eine eigenthümliche Fortleitung des Reizes, die nach der Entdeckung Darwin's zum Theil schon mit unbewaffnetem Auge deutlich, aber unter dem Mikroskop durch die Zusammenballung, „Aggregation“, des rothen Saftes von Zelle zu Zelle direct beobachtet werden kann. Der Aggregation gehen indess, wie Burdon-Sanderson, durch Darwin veranlasst, 1874 aufgefunden und Munk bestätigt hat, elektrische Ströme voraus. (Burdon-Sanderson, Ueber die elektrischen Erscheinungen am Dionaeablatt. Proceedings of the Roy. Soc. XXI. 495; Transact. of the Roy. Soc. CLXXIX. 1888, p. 417—449; Nature 1874, p. 105; Bot. Ztg. 1874, p. 6; Biol. Centralbl. II. 1882, p. 481—500, IX. 1889, p. 1—14; Bot. C. XXXVIII. 1889, p. 707—708; Munk, Elektr. und Bewegungserscheinungen am Blatt der Dionaea, Leipzig 1876.)

Seit den epochemachenden Entdeckungen von Du Bois-Reymond ist es bekannt, dass im lebenden Muskel der Thiere ein elektrischer Strom thätig ist. Bringt man den einen Poldraht eines empfindlichen Galvanometers mit der Oberfläche, den anderen mit dem Querschnitt eines Muskels in Verbindung, so erleidet die Galvanometernadel eine Ablenkung, die aber verschwindet, wenn der Muskel in Folge einer Reizung eine Contraction erleidet. Ranke ist sodann (Sitzungsber. der K. Akad. der Wiss. München 1872, vgl. auch Velten, Ueber die wahre Pflanzenelektricität. Bot. Ztg. XXXIV. 1876, p. 273, 289 ff.) bei der Untersuchung der Pflanzenelektricität zu ähnlicher Ansicht wie Du Bois-Reymond gelangt: „Wir dürfen uns auch das Innere der regelmässig elektromotorisch wirkenden Pflanzentheile gleichmässig erfüllt denken von kleinen, in eine leitende Substanz eingebetteten, peripolar angeordneten Massentheilchen, deren Achsen, welche die beiden Pole jedes Moleküls verbinden, sämmtlich mit einander . . . parallel . . . sind. Das Gesetz der Pflanzenelektricität verlangt für jedes ihrer Moleküle zwei positive Polarzonen und eine negative Aequatorialzone . . .“ 1874 hat sodann Burdon-Sanderson gefunden, dass die auf mechanische

und elektrische Reize hin sich wie Muskeln bewegend Blätter der *Dionaea muscipula* in der Ruhe den thierischen Muskeln auch darin gleichen, dass sie in der Ruhe elektromotorische Kräfte zeigen, welche, bei der Bewegung den sich contrahirenden Muskeln und damit verbundenen Nerven ähnlich, bestimmte Stromschwankungen offenbaren. Nach den Untersuchungen von Munk und Kunkel hatte er sodann 1881 der Royal Society über denselben Gegenstand eine Arbeit vorgelegt und eine zweite die früheren Untersuchungen bestätigende und vervollständigende 1888. Er fasst in der letzteren die bisher ermittelten Thatsachen in folgende Sätze zusammen:

1. Im Blatte von *Dionaea* ist die obere Fläche zuerst der unteren gegenüber positiv elektrisch. In Folge einer Reizung wird sie plötzlich negativ. Diese Veränderung (I. Phase der Erregungsstörung) dauert den grössten Theil der ersten Secunde nach der Reizung. Es geht ihr häufig eine momentane Aenderung in entgegengesetzter Richtung voraus.

2. Es findet hierauf in dem Blatte eine allmähliche Veränderung statt, dahin zielend, dass die Negativität der oberen Fläche verringert und schliesslich durch relative Positivität ersetzt wird. Diese Aenderung, die „Modification“, ist begleitet von einer Umkehrung des Zeichens der Erregungsstörung und (später) von einer Verminderung des elektrischen Widerstandes des Blattes.

3. Auf die erste Phase der Erregungsstörung folgt sowohl in dem modificirten, wie in dem nicht modificirten Zustande des Blattes ein Nacheffect, der immer das entgegengesetzte Zeichen hat (II. Phase). Diese Phase tritt aber nur ein, wenn das Blatt nicht unmittelbar vorher gereizt ist. Ist es bereits unmittelbar vorher gereizt worden, so bleibt sie aus.

4. „Modification“ kann nach Belieben hervorgerufen werden, wenn man einen elektrischen Strom durch das Blatt von der oberen nach der unteren Blattfläche oder in umgekehrter Richtung leitet, selbst wenn dieser Strom so schwach ist, dass auf den Stromschluss keine Erregungsreaction folgt. Sie ist eine locale Wirkung, die nicht fortgeleitet wird. Ein Blattflügel kann modificirt sein, ohne dass dies bei dem anderen der Fall ist, und selbst ein Theil eines solchen Flügels, ohne dass die umgebenden Theile modificirt werden.

5. Wenn eine fortgeleitete Erregung einen Theil des Blattes erreicht, welches modificirt worden ist, so ruft sie eine modificirte Reaction hervor, deren Richtung in der ersten Phase eine auf-

steigende ist, und eine Reaction mit entgegengesetzten Zeichen in den nicht modificirten Theilen.

Der Erregungsvorgang im *Dionaea*-Blatt ist wesentlich derselbe, wie der, welcher der Reizung thierischer Nerven oder zum Nervensystem gehöriger Organe folgt. Auch der Einfluss, welchen äussere galvanische Strömung sowohl auf den Erregungsstrom (Actionsstrom) als auf die vorausgehende elektrische Differenz (den Blattstrom der *Dionaea*) ausübt, ist der gleiche. Dass die Bewegungen des *Dionaea*-Blattes zuletzt durch den Verlust des Turgors in den der oberen Fläche naheliegenden Zellschichten veranlasst werden, setzt Sanderson als feststehend voraus; während aber Julius v. Sachs die Wanderung des Wassers als die directe Folge der Irritation und die elektrische Störung als eine Folge dieser Wanderung des Wassers (der von Kunkel untersuchten osmotischen Ströme) betrachtet, hat Sanderson den Nachweis geführt, dass die Turgoränderungen erst den elektrischen Störungen folgen. Die eigentliche Reaction auf einen Reiz ist „eine molekulare Veränderung, die der Ursache auf dem Fusse folgt und die fortgepflanzt wird, soweit das erregbare Protoplasma continuirlich zusammenhängt; wir erkennen ihre Existenz, messen ihre Dauer und ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht erst an der sichtbaren Bewegung der Organe, welche der Reaction erst nach verhältnissmässig langen Zeiträumen folgen, sondern an den elektrischen Störungen, welche der directe Ausdruck der molekularen Veränderung sind.“ Während die sichtbaren Veränderungen in einer Entfernung von 1 cm von der gereizten Stelle erst in einer Zeit von ca. 0,25 Secunden eintreffen, trifft die elektrisch nachweisbare Reaction bereits nach 0,05, bei hohen Temperaturen nach 0,03 Secunden ein. In den thierischen Nerven, mit denen das Protoplasma der Pflanze in seiner von den Zellwänden unabhängigen Continuität in Bezug auf die Reizwirkung völlig übereinstimmt, pflanzt sich die elektrische Veränderung etwa 100 Mal so rasch fort, wie im *Dionaea*-Blatt, im gestreiften Muskel aber nur 10 Mal und im Muskelgewebe des Froschherzventrikels nur halb so rasch.

Auch bei *Drosera* sind diese elektrischen Vorgänge beobachtet worden, und hier wird von der gereizten Stelle aus den einzelnen Wimpern der Fang und dessen Ort offenbar signalisirt, worauf diese nach dem bestimmten Ort hin gerichteten Bewegungen derselben ausgeführt werden. Die Plasmaverbindungen entsprechen hier den vom Gehirn ausstrahlenden Thiernerven, die Wimpern den Muskeln der Thiere.

Die Verdauungsfähigkeit des Droserablattes ist eine sehr grosse; rohes, gekochtes, gebratenes Kalb- und Rindfleisch, Würfel hartgesottenen Eiweisses verlieren schon nach wenigen Stunden ihre scharfen Ecken und Kanten und werden in wenigen Tagen völlig aufgesogen, und scharfer Käse, zäher Knorpel, Leim, stickstoffhaltige Pflanzensamen, Blütenstaub, Knochensplinter, der Schmelz der Zähne widerstehen der Verdauungskraft nach Darwin eben so wenig; fettige, mehlig, süsse, saure Stoffe blieben unverdaut (von fettem Fleisch blieb das Fett zurück).

Die hohe Empfindlichkeit der Berührung besonders organischen Substanzen gegenüber hat Darwin durch folgende Versuche dargethan. Er brachte Stückchen eines Menschenhaares von $\frac{1}{5}$ mm Länge (ca. $\frac{1}{1200}$ mg schwer) auf ein Köpfchen und fand, dass dies die Wimpern zum Beugen veranlasste. Von kohlenurem Ammoniak reichte $\frac{1}{4000}$ mg, von salpetersaurem $\frac{1}{10000}$ und von phosphorsaurem $\frac{1}{30000}$ mg hin, um die Wimpern der Köpfchen, die diese Stoffe eingesogen, bis zur Blattmitte zurückzubeugen. Die Beugung der Wimpern erfolgt um so rascher, je nahrhafter der auf die Drüsen gebrachte Stoff ist. Reess, Francis Darwin und Kellermann haben durch Versuche mit *Drosera* von der Keimung an, mit oder ohne Fleischnahrung, den Nutzen der Fleischernährung unwiderleglich dargethan. Eine grosse Zahl von Droserapflanzen wurde in zwei Abtheilungen unter sonst ganz gleichen Verhältnissen cultivirt, aber nur die eine Hälfte wurde (von Francis Darwin mit gebratenem Fleisch, von Reess mit Blattläusen) regelmässig gefüttert. Die gefütterten Pflanzen waren kräftiger, Grösse und Zahl der Blütenstengel, Früchte und Samen waren ganz ausserordentlich gesteigert den nicht gefütterten Pflanzen gegenüber. Und im folgenden Frühjahr war das Gewicht der aus den Winterknospen hervorgegangenen Pflanzen bei der gefütterten Reihe $2\frac{1}{2}$ Mal so gross, als bei der nichtgefütterten. Andere fanden besonders Samengewicht und Kapselzahl (im Verhältniss von $5\frac{1}{3}$: 1) bei den gefütterten Pflanzen gesteigert.

Während bei unserer *Drosera rotundifolia* der Einschluss der Thierchen durch die Wimpern langsam erfolgt, die Fangrüstung in den klebrigen Drüsenköpfen zu suchen ist, wird von zwei australischen Sonnenthouarten *Drosera pallida* und *D. sulfurea*, wie von einer indischen, *D. lunata*, und mehreren afrikanischen Arten (besonders *D. trinervis*) berichtet, dass sie ihre Blätter mit grosser Rapidität über Insecten schliessen. Bei unserer einheimischen

Drosera longifolia (anglica) hat H. v. Klinggraeff sogar beobachtet, dass sich mehrere Blätter an dem Fang grösserer Thiere (Schmetterlinge) zugleich betheiligen, was auch eine australische Species (ich erhielt dieselbe als *D. binata* von J. G. O. Tepper, sie weicht aber von der von Darwin behandelten Species durch nur einfach gegabelte Blätter ab) nach den Befunden an getrockneten Exemplaren zu thun scheint. v. Klinggraeff schildert die Fangweise unserer *longifolia* folgendermassen: „... Nach kurzer Zeit bogen sich mehrere Tentakeln zusammen und klemmten den das Blatt berührenden Aussenrand des Unterflügels ein, hielten ihn so fest, dass bei dem heftigen Flattern derselbe einriss, der Schmetterling sich aber nicht befreien konnte. Bei dem Flattern wurde ein anderes Blatt mit dem Oberflügel berührt, und jedenfalls dadurch gereizt, bog sich dasselbe langsam gegen den Schmetterling hin, bis es den Körper desselben erreichte und umschlang. Während dessen hatte auch das erste fangende Blatt sich um den Schmetterling geschlungen, so dass dessen Bewegungen zuletzt ganz aufhören mussten. Meistens sah ich Schmetterlinge, die nur von zwei Blättern umschlungen waren, an einigen Exemplaren nahmen jedoch drei, auch vier Blätter an der Umschlingung Theil.“ Die zahlreichsten Opfer waren immer *Papilio Daplidice*, wie auch die zahlreichen, am Boden liegenden, unten grünlich marmorirten Flügel zeigten, dann *P. Rapae*; auch von einem muskelkräftigen Perlmutterfalter wurde ein Exemplar gefangen.

Den grössten Reichthum an *Drosera*-Arten hat Australien (über 50 Arten) aufzuweisen, danach Brasilien, die südlichen atlantischen Staaten des mittleren Nordamerikas. Die meisten *Drosera*-Arten sind kleine Moorkräuter mit gedrängten, grundständigen Blattrosetten. Eine der winzigsten Blütenpflanzen überhaupt (aber durch ihre weissen Niederblättchen trotzdem eine augenfällige Species) ist die *Drosera pygmaea*, mit Blättern von ca. 2 mm Durchmesser und einblüthigen Blüthenschäften von 1—2 cm Höhe, zu der die mit riesigen Blattrosetten und grossen Blumen versehene australische *Drosera Withackeri* (von ca. 2 cm Durchmesser) oder die prächtigen Blattrosetten der *Drosera capensis* das Gegenstück bilden. Mit aufrechten beblätterten Stengeln, langen Blattstielen in der Mitte der meist kreisrunden (schildförmigen) Blattspreite und auf dieser mit sehr langen, biegsamen Tentakeln sind z. B. *Drosera auriculata*, *D. Menziesii* (mit prächtigen gelben, grossen Blumen), *D. cistiflora*, *D. peltata* versehen. Der Stengel schliesst bei ihnen mit den oft sehr farben-

prächtigen, grossen Blumen ab. Das Blatt ist bei vielen Arten kreisrund, spatelförmig, eiförmig bis lanzettlich, bei *D. graminifolia*, *D. filiformis*, die biologisch *Drosophyllum*, *Byblis* und *Roridula* nahe stehen, grasartig schmal (Stiel und Spreite nicht mehr geschieden). Bei *D. binata* sitzt auf dem langen, glatten Stiel eine doppelt dichotom getheilte Blattspreite, deren Theile schmal lineale sind und nach rechts und links divergiren. Wahrscheinlich ist bei ihr (s. oben) die ganze Blattspreite beweglich. Die Spitzen erscheinen öfter etwas eingerollt.

Pinguicula.

§ 22. Die ca. 30 Arten des Fettkrautes, *Pinguicula*, sind hauptsächlich in Europa, Amerika, Sibirien, Central- und Kleinasien verbreitet an feuchten Orten, fehlen dagegen völlig in ganz trockenen Gegenden. Die Blumen sind meist blau, violett, weiss oder buntfarbig (*P. alpina*, *P. elatior*, *P. villosa*, *P. vulgaris*), seltener gross purpurroth (*P. caudata*), oder bilden grosse gelbe Glocken (die amerikanische *P. lutea*). In Bezug auf die Ausrüstungen zur carnivoren Ernährung stimmen sie nahezu überein mit unserer *Pinguicula vulgaris*. Die gelblichgrünen Blätter, die eine grundständige Rosette bilden, liegen dem Boden flach auf; ihre Ränder sind wenig eingebogen und ihre Scheibe ist mit zahlreichen, thauglänzenden Drüsen besetzt. Auf das Quadratcentimeter des Blattes kommen etwa 25 000 gestielte, köpfchenförmige Drüsen, die unter dem Mikroskop wie kleine Hutpilze erscheinen (das Köpfchen aus 8—16 strahlig gruppirten Zellen bestehend). Ausserdem finden sich noch achtzellige warzenförmige, kaum gestielte Drüsen. Bei Berührung der Blattspreite mit stickstoffhaltigen organischen Körpern scheiden die Drüsen klebrigen Schleim und eine saure, pepsinhaltige Flüssigkeit in grosser Menge aus, welche Fleisch, Blut, Eiweiss, Knorpel, im Freien zahlreiche Fliegen und andere Insecten, Spinnen etc., auch Pollenkörner u. s. w. nach 1—3 Tagen völlig auflösen, und resorbiren dann die Verdauungsflüssigkeit. Fangen sich Thierchen (Fliegen etc.) in der fadenziehenden klebrigen Flüssigkeit der Drüsenköpfe, oder legt man ein Stückchen Fleisch, Eiweiss oder dergleichen auf die Blattspreite nahe dem Rand, so rollt sich der Rand langsam ein und umhüllt den Gegenstand oder schiebt ihn über die Blattfläche weiter, so dass er mit möglichst

vielen Digestionsdrüsen in Berührung kommt. Die Einrollung geschieht langsam. Nach der Auflösung der organischen Speise und deren Aufsaugung breitet sich das Blatt wieder aus. (Nach Göbel und Löw scheidet das Blatt auch einen fäulnishemmenden Stoff aus.)

Thierfänger mit Fallen und Fanggruben.

Utricularia, *Polypompholyx*, *Biovularia*.

§ 23. Die Wasserschlaucharten, *Utricularia*, stehen in biologischer Hinsicht den *Aldrovanda*arten nahe, mit denen sie auch die submerse Lebensweise und dieselbe Kost theilen, aber an Stelle der schliessbaren *Aldrovanda*klappen finden sich bei ihnen Schläuche mit besonderen Lock- und Fangvorrichtungen zum Krebsfang vor. Die häufigste unter den bekannten sechs deutschen *Utricularia*arten ist die in unseren Teichen und anderen ruhigen Gewässern häufige *Utricularia vulgaris*. Die langen, zarten, verzweigten Stengel der wurzellosen Pflanze, die von unten her absterben, oben weiterwachsen, tragen haarförmig zerschlitzte Blätter in wechselständiger, mehr oder minder zweizeiliger Anordnung. Das Blatt besteht aus zwei grösseren mittleren und zwei kleineren seitlichen Abschnitten, von denen jeder sich mehrfach fiedertheilig oder gabelspaltig in feine cylindrische Zipfel auflöst. An den letzteren treten die eigenthümlichen Blasen auf, welche von älteren Autoren als Schwimmblasen gedeutet wurden, jedoch lediglich dem Fang und der Verdauung kleiner Wasserthiere dienen. 1875 hat Cohn zuerst eine Darstellung der merkwürdigen Fangvorrichtungen und Fangweisen der *Utricularia vulgaris* gegeben, Darwin hat dann sich weiter damit beschäftigt, wobei die Darstellungen Cohn's wesentlich bestätigt wurden; zuletzt haben Büsgen und Göbel die *Utricularien* zum Gegenstand biologischer Untersuchungen gemacht. Die Blasen des gemeinen Wasserschlauches haben etwa die Grösse kleiner Pfefferkörner, sind inwendig hohl mit einer Oeffnung an der Seite, die durch eine von oben herabhängende Klappe verschlossen ist; vor der Oeffnung stehen schleimige Härchen, die den Köder für Wasserthierchen nach Cohn's Vermuthung enthalten. Zwei borstenförmig gestielte Anhängsel an der Stirn geben dem Ganzen eine merkwürdige Aehnlichkeit mit einem Wasserfloh (*Daphnia pulex*), wie die Blasen der *Aldrovanda* grosse Aehnlichkeit mit Muschelkrebschen haben. Nach Cohn's Beobachtung gehen die

kleinen Wasserkrebse schaarenweise der gefährlichen Lockung nach und gerathen, indem sie dabei unversehens die einwärts leicht nachgebende Klappe heben, ins Innere der Blase, worauf ihnen die nach aussen nicht zu öffnende Klappe den Ausweg versperrt. Indem immer neue Thierchen in die Blasenfalle gehen, sammelt sich darin oft eine ganze Menagerie von Wasserthierchen, die nach wenigen Tagen rettungslos dem Tode verfallen, und von denen man dann nur noch die leeren Schalen, Flügeldecken etc. vorfindet. Cohn fand in den Blasen zahlreiche Krebschen (*Daphnia*, *Cypris*, *Cyclops* etc.), *Naïs elingius*, Planarien und andere Würmer, Blattläuse von Wasserpflanzen, Räderthierchen, Infusorien und Wurzelfüsser gefangen. Nach Büsgen's Beobachtung fing eine mässig grosse Pflanze während eines anderthalbtägigen Aufenthaltes in Wasser, in dem sich viele Wasserflöhe befanden, in einer einzigen Blase zwölf derselben ein. Bei einer anderen, ca. 15 cm langen Pflanze mit durchschnittlich sechs Blasen an jedem Blatt, hatten sich in den 15 Blättern etwa 270 ziemlich grosse Krebschen, meist von *Chydorus sphaericus*, gefangen. Mosely hat beobachtet, dass der Wasserschlauch mittelst seiner Blasen sogar Fischbrut fängt. Als ein Bekannter von ihm eine Pflanze in ein Glasgefäss setzte, in dem sich zahlreiche, ganz junge Rochen befanden, fand er, dass viele derselben sich in den Blasenöffnungen gefangen hatten und daselbst verendeten. Mosely brachte nun selbst ein frisches Exemplar der *Utricularia vulgaris* in ein Gefäss mit frischen jungen Fischen und Laich und fand nach etwa 6 Stunden mehr als ein Dutzend Fischchen in Gefangenschaft, theils mit dem Kopf, theils mit dem Schwanz gefangen und verendend. In mehreren Fällen war ein Fisch mit dem Kopf von einer Blasenfalle, mit dem Schwanz von einer anderen benachbarten verschluckt. Mosely fand beim Zerschneiden der Blasen, welche Fische gefangen hatten, diese in einer schleimigen Zersetzung. Die vierfiederigen Fortsätze der inneren Blasendrüsen reichten in die halbflüssige thierische Substanz hinein und enthielten viel körnige Substanz, jedenfalls in Folge einer bereits stattgefundenen Resorption. Ch. Darwin kam bereits 1874 zu dem Resultat, dass die *Utricularia* ein Aasfresser und nicht ein Fleischfresser ist (die kopfigen Digestionsdrüsen, welche sich bei *Dionaea*, *Drosera*, *Aldrovanda*, *Pinguicula* finden, fehlen hier). Er schreibt am 7. Juli 1874 an J. Hooker: „Die Blasen fangen eine Menge Entomostraceen und Insectenlarven. Der Mechanismus zum Fangen ist ausgezeichnet. Es findet sich aber vieles, was

wir nicht verstehen können. Nach dem, was ich heute gesehen habe, vermute ich stark, dass sie (*Utricularia*) nekrophag ist, d. h. dass sie nicht verdauen kann (nicht sarkophag ist), sondern zerfallende Substanz absorbiert.“ Am 18. September schreibt derselbe an Lady Dorothy Nevill: „... Denn *Utricularia* ist ein Aasfresser und nicht streng genommen fleischfressend, wie *Drosera*.“ Auch in seinem Hauptwerke über fleischfressende Pflanzen hebt Ch. Darwin hervor, dass die Blasen eine Verdauungsflüssigkeit nicht ausscheiden, wohl aber Zeretzungsproducte, wie auch fauliges Wasser und Ammoniaksalze absorbieren, und zwar mittelst der vierarmigen Haare, die allein das Blaseninnere bedecken und den gleichgestalteten Trichonen der *Aldrovanda* entsprechen dürften, wie die echten, fleischverdauenden Drüsen der *Pinguicula* nur den farblosen Digestionsdrüsen der Concavität des *Aldrovandablattes* entsprechen. — *Aldrovanda* ist nach Darwin, wie schon bemerkt, gleichzeitig sarko- und nekrophag, von den beiden *Lentibulariaceengattungen* dagegen *Pinguicula* nur sarkophag, *Utricularia* nur nekrophag. Büsgen schildert auf Grund seiner neueren Untersuchungen den Fang bei *Utricularia vulgaris* folgendermassen: „Die Antennen und sonstigen von der Blase nach verschiedenen Seiten ausstrahlenden drüsenlosen, langen Haare bilden eine Art von Leitstangen, auf welchen man sehr oft kleine Cypridinen nach der Blasenmündung hinwandern sieht. Dort angelangt, treffen sie die den Eingang umstehenden Köpfchenhaare, welche aus einer mehr oder minder langen Stielzelle, einer kurzen, besonders dickwandigen Halszelle und endlich einer etwas dickeren, länglichen oder runden Kopfzelle zusammengesetzt sind. In der letzteren bestehen die inneren Schichten der Membran aus einer glänzenden Masse, die sich mit Jod und Schwefelsäure blau färbt und mit Kalilauge stark aufquillt, wobei das Protoplasma von der Spitze des Haares her nach der Basis der Kopfzelle stark zusammengedrückt wird. Stellenweise findet man die äusserste Membranschicht durch die beschriebene Masse blasig aufgetrieben. Schon früh erscheint die ganze Kopfzelle von einem Schleim umgeben, der in reinem Wasser nur sehr schwer sichtbar ist, mit Methylviolett aber leicht nachgewiesen werden kann, da er sich mit diesem Reagens hellviolett färbt. Manchmal findet man neben dem Schleim am Grunde der Kopfzelle eine häutige, faltige Manschette. Aus dieser und den vorerwähnten Beobachtungen ist zu schliessen, dass der Schleim einer inneren Membranschicht entstammt, die zu

einer bestimmten Zeit aufquillt und die Cuticula sprengt; eigenthümlicherweise besitzen aber auch die mit Schleim und Manschette versehenen Kopfzellen unter einer festen Membranschicht jene glänzende, quellungsfällige Substanz und anscheinend auch eine Cuticula. Es müssen diese Bildungen, wenn obiger Schluss über die Entstehung des Schleimes richtig ist, sehr rasch regenerirt werden, was übrigens auch sehr im Interesse der Pflanze liegt, da der letztere als Köder dient." Letzteres schloss Büsgen daraus, dass sich die Krustenthierse sehr bald um Samen mit verschleimender Aussenschicht ansammeln, wenn diese ins Wasser geworfen werden. Bei dem Besuch der Köpfchenhaare öffnet sich die Klappe meist ganz plötzlich mit weitem Spalt, um den vorwitzigen Gast verschwinden zu lassen und im nächsten Augenblick wieder dieselbe Lage einzunehmen. Das Oeffnen lässt sich aber ohne Reizbarkeit aus den Elasticitätsverhältnissen der Klappe erklären. In den Blasen finden sich regelmässig Bakterien (Fäulnisbakterien), welche die verendeten Thiere rasch zersetzen. Den Beweis, dass unsere Wasserschlaucharten thatsächlich vom Krebsfange leben, hat Büsgen endgültig durch vergleichende Culturversuche an gefütterten und nicht gefütterten Pflanzen erbracht (vgl. oben bei *Drosera*). Der Zuwachs der gefütterten Pflanzen war etwa doppelt so gross, wie der der nicht gefütterten.

Während die Arten von *Pinguicula* sehr einförmig sind, sind die den biologischen Verhältnissen angepassten Formgestaltungen bei der ca. 200 Arten umfassenden Gattung *Utricularia* ausserordentlich mannigfaltige. Zunächst giebt es Wasserformen und Landformen, dann ist die Form der Vegetationsorgane ausserordentlich verschieden. Während die Wasserformen meist gefiederte Blätter besitzen, sind sie bei den Landformen ganzrandig, linealisch, winzig bis einige Decimeter lang, bei anderen, z. B. *U. peltata* und *U. nelumbifolium*, lang gestielt, schildförmig. Die Schläuche schwanken in ihrer Form nur wenig, sind meist klein, bei *U. dichotoma* und anderen aber 3—4 mm im Durchmesser. Bei den Wasserformen sitzen sie an den gestielten Blättern oder an besonders geformten Sprossen (*U. intermedia*), bei Landformen an der Stelle der Blätter oder auch auf deren unteren Theilen (z. B. bei *U. bifida* und *U. Jamesoniana*). Bei *Utricularia stellaris* (der Tropen), welche in Form der Blätter und Anordnung der Fangblasen unserer *U. vulgaris* ähnlich ist, findet sich zur Blüthe-

zeit in der Mitte des Blüthenschaftes, unterhalb der Blüthe, ein Quirl grosser Schwimmblasen, wodurch die Vegetationsorgane der Pflanze in gewisser Tiefe gehalten werden. Auch die nahe verwandte *U. inflata* besitzt einen Quirl verkehrt eiförmiger, an der Spitze fiederig gespaltener, gewimperter, flacher Schwimmblätter.

U. gibba, *U. obtusa*, *U. exoleta* sind sehr kleine Schwimmpflanzen mit wenig getheilten Blättern, die nur einen Schlauch oder wenige Schläuche tragen.

U. purpurea steht unserer *U. vulgaris* nahe, hat aber purpurrothe Blumen auf dicken, aufgeblasenen Blütenstengeln.

U. neottioides hat keine Schläuche, scheint also nicht der Thiernahrung angepasst oder andersartige Ausrüstungen zu besitzen. Die nicht schwimmende Wasserpflanze ist mit starkverzweigten, kurzen, krallenartigen Sprossen an untergetauchten Felsen angewachsen und trägt an einer freien, über den Wasserspiegel hervorragenden Spitze zahlreiche weisslichgrüne Blüthen. Aus den Achseln schildförmiger Schuppen wachsen blattartige, pinselförmig verzweigte Sprosse.

Von den Landformen sind einige Epiphyten (Sect. VI Orchidioides D. C. nach Kamienski in Engler, Natürl. Pflanzenfam.), so *U. nelumbifolia*, die in den Wasserbecken der Bromeliaceenblätter (*Tillandsia*) in Brasilien auf den hochgelegenen Felsen der Orgelberge wächst und ausser durch Samen durch Ausläufer aus einem Wasserbecken in das andere gelangt. Die Blätter sind sehr lang gestielt, gross, schildförmig; die traubigen grossen Blüthenstände tragen grosse violette Blüthen, und die langen, im Wasser stark verzweigten Ausläufer tragen an kleinen, haarförmigen Seitensprossen kleine Blasen, welche Wasserthiere fangen. *U. montana* lebt gleichfalls epiphytisch, hat weisse Blumen, eiförmig lanzettliche, gestielte Blätter und lange, verzweigte Schläuche tragende Sprosse, die, wie auch die der verwandten *U. Endresii* mit rosafarbenem Kelch, violetter Oberlippe und weisser Unterlippe, und die der prächtigen *U. Humboldtii* mit grossen dunkelblauen Blüthentrauben und langgestielten, verkehrt herzförmigen Blättern, der *U. reniformis* mit rosenrothen Blumen und lang gestielten, nierenförmigen Blättern, sich im Moos und der Dammerde verbreiten. Ihre Schläuche enthalten zahlreiche Acariden, Infusorien, Räderthierchen etc. In feuchtem Moos wachsen auch viele Arten mit dünnen, verzweigten, schlauchtragenden, am Ende nackten, geraden Sprossen und kurzen Aus-

läufern, wie die brasilianische *U. amethystina* mit wenigen spatelförmigen Blüten. Bei *U. dichotoma* in Australien finden sich langgestielte, sehr grosse Fangblasen und quirlig am langen Blumenstiel stehende, längliche kleine Blätter; bei *U. Menziesii* entspringt der einblüthige Blütenstiel mit purpurrother Blume aus einem Büschel lang gestielter, länglich spatelförmiger Blätter und lang gestielter Schläuche. Die meisten tropischen Utriculariaarten sind einjährige Landpflanzen mit dünnen, verzweigten, schläuchtragenden Sprossen, die entweder horizontal fortwachsen oder zu verticalen grasähnlichen, linealischen Blättern (die oft zur Blüthezeit verschwinden) sich ausbilden, so *U. capensis* mit kleinen linealischen Blättern. — Darwin fand bei neun Utriculariaarten, die er untersuchte, allenthalben die Blasen mit Thieren und Thierresten erfüllt (besonders Krustern, Entomostraca).

Die Gattung *Biovularia*, welche nur in der in Westindien heimischen, sehr kleinen, gesellig wachsenden, klein-weissblumigen *Biovularia olivacea* vertreten ist, unterscheidet sich von *Utricularia* nur durch die Biologie und Form der Blüthe (anstatt des Sporns eine einfache Aussackung) und Frucht, ist einsamig, schliesst sich aber in Bezug auf Vegetationsorgane und Fangblasen den kleinsten Utriculariaceen (*U. gibba*, *U. exoleta* etc.) an.

Die Gattung *Polypompholyx* mit typischen Utriculariaschläuchen und länglichen, grundständigen Blättern enthält Landpflanzen, die, wie die Utriculariaarten, wurzellos sind (*Polypompholyx* hat viertheiligen, *Utricularia* zweitheiligen, *Genlisea* fünftheiligen Kelch). Bei *Polypompholyx multifida*, die wie *P. tenella* in Australien heimisch ist, sind die Blasen in Wirteln, rings um die Spitzen steifer Stiele angeordnet. Die zwei Antennen werden durch eine kleine, membranöse Gabel dargestellt, deren basaler Theil eine Art Kappe über der Mündung bildet. Diese Kappe breitet sich in zwei Flügel auf jeder Seite der Blase aus. Ein dritter Flügel oder Kamm scheint durch die Ausbreitung der dorsalen Fläche des Stiels gebildet zu werden. Darwin fand in den Blasen Reste von entomotraken Krustern. Auch bei *Polypompholyx tenella* fand er die Blasen, die hier kleiner sind, voll zerfallener organischer Substanz. Die dritte Art, *P. laciniata*, ist in Südamerika heimisch.

Den Klappenfallen von *Utricularia*, *Polypompholyx* und *Biovularia* schliessen sich kannen- und schlauchförmige Fang-ausrüstungen des oberen Theiles des Blattstieles an, bei denen der Rückweg den gefangenen Thieren durch zahlreiche,

die Innenwand bekleidende, rückwärts gerichtete Spitzen und Borsten abgesperrt wird. Die *Utricularia* verwandte Gattung

Genlisea

mit etwa einem Dutzend Arten, z. B. *G. ornata* in Brasilien und *G. africana* in Südwestafrika, welche Bewohner der Sümpfe und des feuchten Landes ohne echte Wurzeln sind, gehört zunächst hierher. Dieselben tragen am Grund eine dichte Blattrosette meist spatelförmiger Blätter, die nach oben gerichtet sind, und nach unten gerichtete, rhizoidartige, am Rhizom befindliche Blätter von complicirtem Bau. Die letzteren — die Fangorgane — bestehen aus einem blasenförmigen gestielten Schlauch, der an der Spitze in eine sehr lange, engere, am Ende offene Röhre ausläuft. Zu beiden Seiten dieser Mundöffnung endet das Blatt schliesslich in zwei langen, spiralg gedrehten Fortsätzen, die Darwin einem spiral um einen dünnen Cylinder gewundenen schmalen Bande vergleicht, dessen Ränder etwas über einander greifen. Wir folgen im Weiteren der neueren Darstellung von Kamienski. „Der eigentliche, blasenartige Schlauch ist auf der Innenseite mit ähnlichen secernirenden Drüsen und Köpfchenhaaren wie bei den *Utricularia*arten besetzt. Die ganze Innenwand der Röhre ist mit unzähligen, dicht bei einander stehenden und ringförmig angeordneten langen Borsten ausgekleidet, deren scharf wie Nadeln zugespitzten Enden alle nach der Blase zugewendet sind. Die am Ende der Röhre befindliche Mundöffnung ist von beiden Seiten zusammengedrückt, wodurch eine Spalte entsteht. Am Ende dieser Spalte werden beiderseits zwei Fortsätze in Form der Aussackungen, die mit besonderen Vegetationsspitzen fortwachsen, gebildet, wodurch die Spalte sowie der Innenraum der Röhre in zwei Richtungen verlängert werden. Die beiden Vegetationsspitzen drehen sich beim weiteren Wachsthum um die eigene Achse, und in dieser Weise dringen sie in den Boden, wo *Genlisea* wächst, sehr leicht hinein. In Folge dieser Drehung umläuft die Spalte die beiden Fortsätze spiralg. Sie ist der Länge nach mit grossen Zellen, die in gleichen Abständen von einander stehen, in zahlreiche gleiche Theile so getheilt, dass die Spalte nicht eine continuirliche Oeffnung, sondern eine Reihe zahlreicher kleiner Oeffnungen bildet. Diese Oeffnungen,

sowie auch die Innenwände der Fortsätze sind mit ähnlichen Borsten besetzt, wie sie sich an der Innenwand der Röhre finden; sie fungiren in ähnlicher Weise, wie die eigentlichen Mundöffnungen der Utriculariaschläuche, denen sie auch morphologisch und physiologisch analog sind. Kleine Thiere, welche durch die Oeffnungen eindringen, können sehr leicht durch die Röhre bis zur blasenförmigen Erweiterung gelangen. Sobald sie aber den Rückweg anzutreten versuchen, starren ihnen die zahlreichen Borstenspitzen entgegen. Auf diese Weise werden kleine Thiere gefangen und verzehrt.“ Darwin fand Reste von Gliederthieren, einen Wurm u. dgl., in Halsen und Schläuchen und die Papillen missfarbig. Göbel hat neuerdings *Genlisea violacea* lebend beobachtet. Die Schläuche vertreten die Wurzeln. Nur an den Keimlingen wurden Wurzelhaare beobachtet. Die unterirdischen Schläuche hatten bei der Cultur auf Torf grosse Mengen von Copepoden gefangen.

Nepenthaceen, Kannenträger.

§ 24. Die Nepenthaceen sind Sträucher oder Halbsträucher, theilweise Lianen, mit alternirenden, ungestielten Blättern. Die grünen, Dracaenablättern ähnlichen Phyllodien laufen meist in lange Ranken aus, die sich um Baumzweige schlingen und von deren Enden prachtvolle lichtgrüne, purpurfleckige Kannen von oft bedeutender Grösse, bei *Nepenthes ampullaria* nur 4—6 cm hoch, dagegen bei *N. Rajah* von $\frac{1}{2}$ m Höhe und 10 cm Durchmesser, herabhängen. Am oberen, einwärts gerollten, fein gerieften, violett, braun oder rosenroth schillernden Rande der Kanne ist in beweglichem Charnier ein Deckel (die eigentliche Blattspreite) befestigt, der purpur, blau oder rosafarbig geädert und am Gelenk mit spornähnlichem Anhängsel versehen ist. Bis zur Mitte füllt sich die Kanne mit klarem Verdauungssaft, während Rand und Deckel sich mit Honigsaft bedecken. Bei manchen Arten, z. B. bei *Nepenthes hybrida*, ist die Mündung der Kanne dem Inneren der Genlisearöhren ähnlich, mit einem rückwärts gerichteten, spitzen Stachelbesatz versehen, bei anderen ist das Innere durch blauen Wachstüberzug glatt und schlüpfrig, so dass den in die Falle gerathenen Thieren der Ausweg versperrt ist. Die bunten Kannen mit ihrer Honigabsonderung zur Anlockung der Insecten (nach Delpino zur Anlockung einer Ameisenschutzgarde), oft starkem Geruch, erinnern auf das lebhafteste an die Blütenformen

der lianenartigen Aristolochiaceen der tropischen Wälder (denen die Nepenthaceen von älteren Autoren auch systematisch verwandt erachtet wurden — sie stehen jedoch den Droseraceen und Sarracenaceen näher). Sie zeigen in Farbenpracht, Form und Grösse eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit von Art zu Art, während die diöcischen Blüthentrauben (einfach oder in den Nebenachsen cymös-wicklig) sich im Gegensatz dazu durch Einfachheit und Gleichförmigkeit auszeichnen. Die blumenähnlichen Kannen werden denn auch von einer grossen Zahl von Insecten und wohl auch anderen Fluthieren (in der Kanne von *Nepenthes Rajah* würde selbst ein Thier von Taubengrösse Raum haben) aufgesucht werden, die, den Honigsaft schlüpfend, in die Höhle des Todes gerathen und hier verzehrt werden. In der Heimath sind die *Nepenthes*-kannen fast regelmässig mit todtten Insecten und deren Resten erfüllt, oft in solcher Menge, dass durch ihre Fäulniss ein penetranter Geruch entsteht, der von neuem Insecten anlockt. Auch der Koboldmaki und schwarze Ameisen sollen sich durch gewaltsamen Einbruch des Becherinhaltes bemächtigen (gegen welche aber nach Delpino die Schutzameisen ein wirksames Gegengewicht bilden würden). Der Kanneninhalt enthält Apfelsäure, Citronensäure, Ameisensäure und, wenn verdauliche Substanzen in die Kanne kommen, auch ein pepsinartiges Ferment. Die Wirkung dieses Verdauungssaftes ist von Hooker, Gorup-Besanez, Will näher untersucht worden. Hooker fand, dass gekochtes Eiweiss, Fleisch, Fibrin, Knorpel in den Kannen in 1—3 Tagen aufgelöst wurden, dass aber das Auflösungsvermögen der Flüssigkeit ausserhalb der Kannen ein weit geringeres war, das verdauende Ferment daher nur in dem Masse von den Digestionsdrüsen geliefert zu werden scheint, als es verbraucht wird. Gorup-Besanez und Will untersuchten das Secret nicht gereizter Kannendrüsen gesondert von solchem aus Kannen mit Insectenresten. Ersteres reagirte fast neutral, letzteres deutlich sauer. Letzteres, das Secret aus der gereizten Kanne, löste zur Gallerte aufgequollenes Fibrin aus Ochsenblut bei 40° C. in $\frac{3}{4}$ bis 1 Stunde, bei 20° C. in 2 Stunden, völlig bei Zusatz von 0,2% Salzsäure schon in $\frac{1}{4}$ Stunde, auch Hühnereiweiss, rohes Fleisch, Legumin, Leim wurden bald verändert; dagegen vermochten die aus nicht gereizten Drüsen stammenden Secrete Fibrinflocken bei 24stündiger Einwirkung noch nicht merklich zu verändern, erst als Ameisensäure, die Will neben höheren Fettsäuren (wahrscheinlich Propion- oder Buttersäure) in dem Secret von *Drosera rotundifolia* früher

nachgewiesen hatte, zugesetzt wurde, erfolgte schon bei gewöhnlicher Temperatur eine fast momentane Auflösung. Der saure Saft gereizter Nepentheschläuche stellt nach v. Gorup und Will geradezu eine pflanzliche Pepsinlösung dar. Hooker hat sodann die eigenthümlichen Aggregationen in den Drüsen beobachtet, wie Darwin bei *Dionaea*, *Drosera* etc., und kommt zu dem Schluss, dass eine wahre Verdaunung und Resorption der thierischen Nahrung seitens der Nepentheskannen stattfindet.

Durch die Grösse der Schläuche sind auffallend *Nepenthes villosa* (mit doppelter Zahnreihe an der Mündung), *N. Edwardsiana* von Borneo, beide mit stark ausgeprägtem Ringwulst der Mündung, dessen Lamellen sich weit zurückbiegen, ferner *N. Rajah*, *N. Veitchii*, die schöne *N. Rafflesiana* mit purpurgefleckten Schläuchen, und *N. bicalcarata* von Borneo mit zwei von der Anheftungsstelle des Deckels in das Kanneninnere gerichteten langen, spitzen Dornen. *N. Lowii* (Borneo) hat unterseits dicht behaarten Deckel, *N. phyllamphora* (Singapore bis Neuguinea und Louisiadenarchipel) kleinere grüne Kannen mit enggeringeltem Mündungswulst, und noch enger ist die Kannenöffnung bei der australischen *N. Kennedyana*.

Ungestielte Phyllodien haben z. B. *N. sanguinea* (Malakka) mit blutrothen Kannen, *N. albomarginata* (Sumatra, Borneo, Singapore) mit breitem weissen Sammetband unterhalb der Kannenmündung, *N. gracilis*. Cymös-wickligen Blütenstand in den Nebenachsen hat z. B. *N. madagascariensis* mit trichterförmigen, am Rande ausgebauchten Kannen, *N. destillatoria* mit röhrenförmigen, am Grunde erweiterten Kannen, *N. ampullaria* mit tonnenförmigen, fast kugeligen Kannen von 4—6 cm Höhe.

Die Nepenthesarten kommen auf sumpfigem Boden und an den Rändern kleiner Wassertümpel in den feuchten Urwäldern der Tropen vor. Die jungen Pflänzchen zeigen in der Gestalt der ersten Blattrosette grosse Aehnlichkeit mit den unten zu besprechenden Sarracenien. Es ist noch nichts von den gestielten, dann in eine Ranke auslaufenden, am Ende eine Kanne tragenden Gebilden zu sehen, an deren Stelle sich noch schalenförmig nach oben gebogene, am Ende mit einer kammförmigen Schuppe (Deckel) versehene Blätter finden.

Cephalotaceen.

§ 25. Die Gattung *Cephalotus* steht den Saxifragaceen nahe und ist auf moorige Gegenden Neuhollands beschränkt. *Cephalotus follicularis* hat zweierlei Blätter, die dicht gedrängt eine grund-

ständige Rosette bilden; die oberen sind elliptisch bis lanzettlich, während die unteren ähnliche, aber kurz gestielte, bedeckelte (etwa einem Meerschaumpfeifenkopf gleichende) Kannen bilden, wie die der Nepenthaceen. Diese Kannen — auch zum Fang flügelloser, am Boden kriechender Thiere bestimmt — liegen mit ihren leistenförmigen Vorsprüngen dem feuchten Boden auf und locken durch den weissgefleckten, mit purpurglänzenden Adern versehenen, als Aushängeschild wirkenden Deckel, wie durch Nektarsecretion am Rand, zahlreiche Gäste herbei. Letztere finden in den bis zur Hälfte gefüllten Krügen ihren Tod, da ein Besatz des Mundrandes mit hakig nach innen gekrümmten Stacheln, dann eine ins Innere vorspringende Ringleiste, schliesslich die hechelartig mit abwärts gerichteten spitzen, kleinen Papillen bewehrte Innenwand einen Ausweg abschneiden. Auch hier faulen die zahlreichen Ameisen, geflügelten und ungeflügelten Insecten nicht, sondern werden (durch Vermittelung von Mikroorganismen) zersetzt und von der Pflanze aufgezehrt. Die gewöhnliche Fäulniss der Cadaver wird durch ein fäulnisshemmendes Secret verhindert.

Sarraceniaceen.

§ 26. Die Sarraceniaceen, welche gleichfalls zum Fang der Insecten Blattkannen und -krüge von zum Theil bunter Färbung und mit Nektarsecretion besitzen, aber durch auffälligere Blüten (bei *Heliophora* hellrosenroth, bei *Darlingtonia* purpurn, bei *Sarracenia purpurea*, *S. Drummondii*, *S. psittacina*, *S. rubra* purpurn oder violett, bei *S. variolaris* und *S. flava* blaugelb) mit sehr ausgeprägten besonderen Bestäubungseinrichtungen (z. B. bei *Sarracenia purpurea*, *S. variolaris* durch den Käfer *Euryomyia melancholica* bestäubt, vgl. Ber. d. D. B. Ges. 1883, I, p. 457) ausgezeichnet sind, haben sehr verschiedene sarkophage Ausrüstungen. Bei *Sarracenia Drummondii* und *S. undulata* finden sich ganz wie bei *Cephalotus* zweierlei Blätter: grüne, länglich-lanzettliche, zugespitzte flache Phyllodien und weisslichgrüne, dunkelroth genetzte Kannen mit Deckeln, deren untere Seite Honig abscheidet und die keinen Regen in die Kessel gelangen lassen. Zahlreiche kegelförmige Zellen mit fester, abwärts gerichteter Spitze hindern die gefangenen Insecten, wieder aus der Kanne herauszukommen.

Bei der in den Sümpfen von Alabama, Florida, Carolina heimischen *Sarracenia variolaris* (Wurzel und Rhizom der *S. pur-*

purea etc. wird von den amerikanischen Aerzten als Specificum gegen die Pocken, Variola verwendet) und bei der am gleichen Ort in Californien wachsenden *Darlingtonia Californica* sind die sämmtlichen wurzelständigen Phyllodien schlauch- oder röhrenförmig, nach oben zu wenig erweitert, am oberen Ende kappen- oder helmartig überwölbt, so dass der Regen nicht in die Röhre gelangen kann. Bei *Sarracenia variolaris* stellt der überwölbende Lappen die eigentliche Blattspreite dar, bei *Darlingtonia Californica* dagegen gehört die Ueberwölbung noch dem Blattstiel (Phyllodium) an, und von ihr hängt die Blattspreite als fischschwanzförmiger Anhang herab; der ganze Schlauch, der zudem meist schraubig gewunden erscheint, gleicht mit seinem Anhängsel einer züngelnden Schlange, die zornig ihr Haupt erhoben hat. Die bunte, blumenartige Färbung — der untere Theil des Schlauches ist grün, der obere roth oder purpurn gerippt, zwischen den Rippen fensterartig durchscheinend weisslich — und der Honig an der inneren Seite der Kuppel und um die Mündung locken zahlreiche Insecten an. Bei *Sarracenia variolaris*, welche vorwiegend flügellose, kriechende Insecten etc. fängt, zieht sich vom Boden aus an der Schneide als Saftmal eine Leiste herauf, welche vorübergehend Honig ausscheidet und besonders für die Ameisen den gewöhnlichen Pfad bildet (vgl. über extranuptiale Saftmale bei den Ameisenpflanzen *Impatiens* etc.). In den 30 cm langen Schläuchen der *S. variolaris* findet man die Insectenleichen und deren Ueberreste meist 8—10 cm, zuweilen 15 cm hoch aufgeschichtet, während die ca. 60 cm hohen *Darlingtoniaschläuche* zuweilen 10—18 cm hoch mit den Cadavern, meist geflügelter Insecten, erfüllt sind, welche durch eigenthümliche, ziegeldachähnliche, stachelig endende Sperrvorrichtungen an der Innenwand an der Flucht gehindert wurden. Die Flüssigkeit, welche bei *Darlingtonia* und *Sarracenia* abgeschieden wird, stellt, wie es scheint, keine eigentliche Verdauungsflüssigkeit dar, vielmehr dürften die gefangenen Käfer, Wanzen, Fliegen, Ameisen etc. mehr verwesend und die eine braune Jauche bildenden Verwesungsproducte von den Schlauchwänden aufgesogen werden (nach Schimper, Bot. Ztg. 1882, 14 u. 15). Es spricht hierfür auch der Umstand, dass nach Melichamp und Riley die Fliegenmaden der *Sarcophaga Sarraceniae*, welche von den verwesenden Insectenleichen der *Sarracenia variolaris* leben, und die Motte *Xanthoptera semicrocea*, deren Larven die Schlauchmündung überspinnen, um dann die Wände der Schläuche bis auf die Epi-

dermis aufzuzehren, von der Schlauchflüssigkeit nicht getödtet werden.

Nach der Darwin'schen Anschauung gehört diese Gruppe zu den Aasfressern. (Das fäulnisshemmende Secret von *Cephalotus* fehlt den *Sarraceniaceen*.)

Bei einer dritten Gruppe der *Sarraceniaceen*, zu welcher *Heliophora nutans* und *Sarracenia purpurea* gehört, liegen die eine Rosette bildenden Schläuche mit der Basis an der Erde, von der aus sie sich bogenförmig emporkrümmen, in der Mitte blasig aufgetrieben sind und an der verengten Mündung in eine kleine Blattspreite übergehen, welche aber den Schlauch nicht verschliesst, vielmehr mit ihrer concaven Seite den Regen auffängt und dem Schlauch zuführt. Sie locken durch die von blutrothen Adern durchzogenen Blattspreiten und durch Honig zahlreiche kleine Thiere an, die gefangen und getödtet werden. Die genannten Arten dürften nach Darwin als Aasfresser zu bezeichnen sein, wenn auch dem Regenwasser der Schläuche ein Secret beigemengt wird, wie aus den eigenthümlichen Umwandlungen eines Tausendfusses im Schlauch der *S. purpurea* folgt. Die Flüssigkeit färbt sich braun und erhält jauchenartiges Aussehen.

Ueber die eigenthümlichen Haarbildungen, Drüsen und Sperrvorrichtungen der *Sarraceniaceen* vgl. Wunschmann (Engler u. Prantl, *Natürl. Pflanzenfam.* III, 2, p. 247).

Die Ascidien der Asclepiadeen.

§ 27. Bei der epiphytisch lebenden Asclepiadeengattung *Dischidia* werden an den Seitenzweigen unbedeckelte Kannen gebildet, in welche Adventivwurzeln hineinwachsen. Die Kannen wurden von Delpino als carnivore Organe, von anderer Seite aber als Wasserspeicher etc. angesehen, so die von *Dischidia Rafflesiana*. Delpino's neuere Untersuchungen scheinen jedoch die Deutung dieser Gebilde als Organe der Fleischverdauung zu rechtfertigen. Die ganze Stellung der Schläuche (Ascidien), der nach der Cavität zu umgebogene Rand und die dunkelpurpurrothe Färbung, die sie bei einer von Delpino untersuchten javanischen Species hatten, bestätigten nicht allein diese Ansicht, sondern auch ihr reicher Inhalt an bereits halb verdauten Ueberresten von den verschiedensten Insekten (Ameisen, Schaben, Ohrwürmern, Hymenopteren). Bei den

nicht ascidentragenden Arten von *Dischidia*, *D. nummularia*, *D. Gaudichaudii* etc. und der verwandten Gattung *Conchophyllum* finden sich bereits Uebergänge zur Kannenbildung. *C. imbricatum* (die genannten *Dischidien* verhalten sich ähnlich) trägt paarige, kreisrunde, der Baumrinde anliegende Blättchen, die mit ihrer nach unten gestellten Höhlung gleichfalls verzweigte Adventivwurzeln bedecken. Sie scheiden selbst einen klebrigen (Verdauungs-?) Stoff aus und unter ihnen finden sich in Verbindung mit den Wurzeln Klümpchen organischer Substanz, die zum Theil von Thieren herrührt. Diese Arten betrachtet Delpino bereits als fleischverdauende und nach ihm verdanken die ascidentragenden *Dischidien* zweifelsohne ihre Schläuche der Umwandlung dieser Blätter zur weiteren Ausbildung des Insektenfanges. Temporäre *Ascidien* finden sich auch bei einigen anderen Pflanzen. Bei *Sterculia platanifolia* wandeln sich die 5 Fruchtblätter in fast hermetisch verschlossene *Ascidien* um, in welchen nach Delpino die Samen von einer alkalischen Flüssigkeit eingehüllt werden. Die innere Wandung ist mit zahlreichen Drüsen besetzt (ähnlich den *Digestionsdrüsen* von *Aldrovanda*, *Utricularia* etc.). Die Schläuche enthalten zahlreiche Algen (*Chromophyton*?), die nach üppiger anfänglicher Vermehrung zuletzt zersetzt werden. Delpino glaubt, dass die anfänglich von aussen eingedrungenen Organismen der Pflanze zur Nahrung dienen. In erster Linie dürfte aber den temporären *Ascidien* eine protective Function zukommen (Schutz der Samen gegen Thiere).

Die von Treub beschriebenen Kelchschläuche der *Spathodea campanulata* (Schutz der Blüthe) zeichnen sich gleichfalls durch flüssigen Inhalt, Drüsen und das Vorhandensein von Mikroorganismen aus, dürften daher doppelte Function haben. Absorption der Verwesungsstoffe in der Spathaflüssigkeit verendeter Fliegen findet auch statt bei *Helicodiceros muscivorus* u. Verw.

Tischutkin's Untersuchungen über die Rolle der Mikroorganismen bei der Ernährung fleischfressender Pflanzen.

§ 28. Wir haben in dem Bisherigen der Kürze halber von fleischfressenden Pflanzen und der Bildung eines dem thierischen Magensaft ähnlichen Secretes gesprochen, etwa mit demselben Recht, mit dem man ohne weitläufige Erörterungen von dem Ueber-

gang der positiven Elektrizität der Glasscheibe einer Reibungselektrisirmaschine in den Conductor spricht. Der Effect wäre zwar in beiden Fällen derselbe, der Hergang ist aber doch in Wirklichkeit ein complicirterer. Bei der Elektrisirmaschine wird die Elektrizität des Conductors gar nicht von der Scheibe übertragen, sondern in diesem selbst durch Influenz von der Scheibe aus erzeugt, und bei den fleischfressenden Pflanzen wird nach N. Tischutkin der Magensaft nicht von der Pflanze selbst ausgeschieden, sondern die ausgeschiedene flüssige Substanz liefert nur das Material zur Erzeugung des Verdauungssaftes — fassen wir es kurz: die eiweissverdauenden Stoffe entstehen durch die Wirkung von bekannten Bakterien, und die Pflanze liefert nur die geeignete Nährlösung für deren Entwicklung.

Tischutkin war zuerst 1889 (Ber. d. D. B. Ges. VII, 8. Heft) bei *Pinguicula* zu dem Resultat gekommen, dass die Peptonisirung der auf die Fangorgane gelangten Eiweisskörper auf die Lebensthätigkeit von Bakterien zurückzuführen sei. Raphael Dubois hatte dann mit der Becherflüssigkeit von *Nepenthes destillatoria*, *N. coccinea*, *N. Hookeriana*, *N. Rafflesiana*, *N. phyllamphora*, *N. hybrida* und *N. maculata* experimentirt und war zu dem Resultat gekommen, dass die Eiweissverdauung in den *Nepenthes*kannen das Werk von Bakterien sei. Neuerdings hat Tischutkin in einer eingehenden Arbeit („Ueber die Rolle der Mikroorganismen bei der Ernährung insektenfressender Pflanzen. *Acta Horti Petrop.* V. XIII. 1892“) nachzuweisen versucht, dass bei den sämtlichen fleischfressenden Pflanzen, die er untersucht hat, nämlich bei *Pinguicula vulgaris*, *Drosera longifolia*, *D. rotundifolia*, *Dionaea muscipula*, *Nepenthes Masteri* (also bei Arten, von denen man im Gegensatz zu den nekrophagen Pflanzen Darwin's eine echte Pepsinausscheidung und selbständige Verdauung bisher annahm), immer Bakterien vorhanden sind, welche Eiweiss zu lösen vermögen. Tischutkin fand bei *Pinguicula* 4, bei *Drosera longifolia* 2, bei *Drosera rotundifolia* 1, bei *Dionaea* 2 und bei *Nepenthes* 2 Arten von Eiweiss peptonisirenden Bakterien. Die Secrete der genannten Pflanzen vermögen nur bei Gegenwart dieser Bakterien Eiweiss zu lösen. Im geschlossenen Becher von *Nepenthes* fehlen diese Bakterien, die wahrscheinlich in der Hauptsache aus der Luft später hinein gelangen. Das Secret enthält bei *Nepenthes* nach Völker ausser Wasser in dem beim Eindampfen bleibenden festen Rückstand:

Apfelsäure und wenig Citronensäure	= 38,61 %,
Chlorkalium	= 50,42 "
Kohlensaures Natron	= 6,36 "
Kalk	= 2,59 "
Magnesia	= 2,59 "
Organische Substanz	= Spur.

Es stellt nach Tischutkin nichts mehr und nichts weniger dar, als die geeignetste Nährlösung für die die Verdauung besorgenden Bakterien und die Unterhaltung der Lebensäusserungen der letzteren, welche in den der Pflanze nützlichen Umwandlungen der in den Saft hinein gelangten Eiweissstoffe zu Tage treten.

Die Umwandlung der Eiweissstoffe beginnt nur dann, wenn peptonisirende Bakterien sich im Saft in genügender Menge entwickelt haben.

Die Benennung „fleischfressende Pflanzen“ wäre nach Tischutkin in dem Sinne zu verstehen, dass die Pflanze nur die Producte verschlinge, welche andere Organismen producirt haben. Die Rolle der Pflanze selbst ist nur auf die Fähigkeit eines Absonderers der für das Leben der Mikroorganismen tauglichen Substrate reducirt. Göbel (Pflanzenbiologische Schilderungen, 1893, T. II, Lief. 2, p. 161 ff.; Göbel und Löw, Untersuchungen über den Verdauungsvorgang bei den thierfangenden Pflanzen) stellt jedoch nach wie vor diese Rolle der Mikroorganismen, wenigstens bei *Pinguicula*, *Nepenthes*, *Drosophyllum*, *Drosera*, *Dionaea* in Abrede und behauptet für diese letztgenannten Pflanzen eine unvermittelte, durch ausgeschiedene peptonisirende Fermente bewirkte Verdauung.

Lathraea, Bartschia.

§ 29. Als besondere zur Ernährung in Beziehung stehende, nach Kerner von Marilaun und R. Wettstein von Westersheim (XCIII Bd. d. Sitzb. d. Kais. Akad. d. Wiss., I. Abth., Jan.-Heft 1866, 12 S. mit 1 Taf.) als zum Thierfang und zur Fleischverzehrung dienende Ausrüstungen sind die eigenthümlichen Hohlräume an den schuppenförmigen Niederblättern von *Lathraea squamaria* und *Bartschia alpina* betrachtet worden. Die Schuppenwurz *Lathraea squamaria* ist ein echter Schmarotzer, der den Wurzeln der Haseln, Buchen und anderer Laubhölzer seine Nahrung entzieht, aber auch z. B. nach Entfernung der Nahrung spendenden Bäume und Sträucher längere Zeit weiter zu

leben vermag. Die fleischigen, prallen Stengel der Schuppenwurz sind der ganzen Länge nach mit dicht über einander gestellten, dicken, schuppenförmigen Blättern besetzt. In der Farbe und Consistenz stimmen diese Blätter mit dem Stengel überein; der Umriss ist breit herzförmig und es macht den Eindruck, als ob sie mit dem herzförmigen, stark gedunsenen Ausschnitte an der Basis voll und dicht dem Stengel aufsässen. Löst man aber eine dieser Schuppen vom Stengel ab, so überzeugt man sich, dass dem nicht so ist und dass jener Theil der Schuppen, welchen man beim ersten Anblick für die untere, beziehungsweise Rückseite hält, nur ein Theil der oberen Seite ist. In Wirklichkeit ist jedes dieser dicken schuppenförmigen Blätter zurückgerollt und es lassen sich an demselben folgende Theile unterscheiden: zunächst die Verbindungsstelle mit dem Stengel, welche verhältnissmässig schmal ist, dann jener Abschnitt, den man bei flüchtiger Betrachtung für die ganze obere Blattfläche hält und der sich als eine schief aufsteigende, von einem scharfen Rande eingefasste Platte darstellt, weiterhin von diesem scharfen Rande angefangen, der plötzlich unter scharfem Winkel herabgebogene, steil abfallende Theil, welchen man gewöhnlich für die untere Seite des Blattes hält, der aber in der That der oberen Blattseite angehört; viertens das freie Ende des Blattes, welches sich als eingerollter Rand der Schuppe darstellt und fünftens die eigentliche Rückseite, welche verhältnissmässig sehr klein ist und erst dann sichtbar wird, wenn man den gerollten Blattrand entfernt.

Indem sich der Blattrand rollt, entsteht ein Kanal oder besser gesagt eine Hohlkehle, welche an der hinteren Seite des Blattes dicht unter jener Stelle, wo sich das Blatt an den Stengel ansetzt, quer herumläuft. In diese Hohlkehle münden nun mittelst einer Reihe von kleinen Löchern 5—13 (meist 10) Kammern, welche die dicken Schuppenblätter aushöhlen und die, in dieser Form wenigstens, einzig im ganzen Pflanzenreich dastehen dürften. Es müssen diese merkwürdigen Kammern als tiefe, von der Rückseite des Blattes ausgehende, grubenförmige Einsenkungen in die Blattsubstanz gedeutet werden. Sie stehen mit einander seitlich nicht in Verbindung, alle sind höher als breit und mit unregelmässig wellig gebogenen Wandungen versehen. An diesen Wandungen fallen zweierlei Organe auf, welche der Form nach an die Drüsenbildungen thierfangender Pflanzen erinnern. Die einen bestehen aus je 4 Zellen, von denen 2 ein Köpfchen bilden, während die dritte den Stiel des Köpfchens dar-

stellt und die vierte als eine schwach von aussen vorgewölbte Oberhautzelle erscheint. Sie entstehen in dem ganzen Blatte unmittelbar nach der Entwicklung der ersten Gefässbündel und gehen aus einer Epidermiszelle hervor. Seltener bestehen die Köpfchen aus 3—4 Zellen. Was die Vertheilung dieser Gebilde anbelangt, so ist dieselbe eine ziemlich regelmässige. Sie bedecken die ganze Oberfläche der Kammern gleichmässig, nur an den nach innen vorspringenden Leisten und Ausbuchtungen ist eine grössere Ansammlung wahrzunehmen; dabei ist die Zahl eine sehr bedeutende, im Durchschnitte kommen 25—32 auf einen Quadratmillimeter der Oberfläche“ (l. c. S. 2 ff.). Vereinzelt zwischen diesen Trichomen eingestreut finden sich (auf 1 qmm 7—9) sitzende Trichome, die aus 2—4 Zellen auf elliptischer oder kreisförmiger Basis bestehen. Sie stehen in unverkennbarem Zusammenhang mit den Gefässbündeln des Blattes. Bei beiden Trichomen finden sich strahlig von der Oberfläche ausgehend und gleichmässig vertheilt hyaline stumpfe Fäden von verschiedener Länge. Die beiden genannten Forscher schlossen aus den mikrochemischen Reactionen, wie aus plasmolytischen Versuchen, die ein sofortiges Einziehen der Fäden zur Folge hatten und aus den Beobachtungen der Färbungen, dass diese Strahlen rhizopodoide Fortsätze des Protoplasmas seien, durch welche die Thiere, da eine andere Vorrichtung zur Verhinderung eines Entweichens derselben fehlt, festgehalten und ausgesogen würden. Durch die engen Oeffnungen, mit denen die Kammern in die Hohlkehle des Lathraeablattes ausmünden, können nur winzige Thiere, Infusorien, Amöben, Rhizopoden, Räderthierchen, kleine Milben, Aphisarten, Poduren u. dergl. hineinschlüpfen. Die Ausscheidung eines Secretes wurde nicht beobachtet. „Da man aber von den in die Kammern gelangten Thieren nach einiger Zeit nur mehr Klauen, Beinschienen, Borsten und kleine, braune, formlose Klümpchen antrifft, so muss man annehmen, dass hier die Nahrungsaufnahme aus den verendeten Thieren durch Contact mit den gleich Fangarmen vorgestreckten Plasmafäden erfolgt, ganz ähnlich wie bei den Wurzelfüsslern, mit welchen diese Organe eine so auffallende Aehnlichkeit haben. — Es wäre möglich, dass nur die ungestielten Organe der Aufsaugung, die gestielten Köpfchen tragenden dagegen dem Festhalten der Beute dienen etc.“ Die Plasmanatur dieser rhizopodoiden Fortsätze der Digestionsdrüsen der Lathraeahöhlen ist indessen bestritten worden. Jost hielt dieselben für Wachausscheidungen. Nach Scherffel dürften dieselben jedoch aus

Bakterien bestehen. Die Ernährungsweise der *Lathraea* — und ihr ähnlich verhält sich die ausserdem noch Erdwurzeln und Saugwurzeln bildende *Bartschia alpina* — würde demnach sich an die durch die Untersuchungen Tischutkin's bei den carnivoren Pflanzen ermittelten Verhältnisse anschliessen. Von anderen Botanikern werden jedoch Gründe dagegen angeführt, dass die *Lathraeahöhlen* zum Thierfang dienen.

Die Laubblätter vieler Pflanzen zeigen besondere Einrichtungen zum Ansammeln des Regenwassers, wie die Blattbecken von *Dipsacus*, *Silphium*, *Bromeliaceen*, *Heracleum*, die zum Schutz gegen aufkriechende Insekten dienen, in denen sich aber auch allerlei stickstoffhaltige Substanzen ansammeln und in Zersetzung übergehen, wie die bräunliche Färbung des angesammelten Wassers beweist. Auch hier dürfte da, wo besondere Drüsenorgane vorhanden sind, eine Aufnahme der stickstoffhaltigen Nahrung erfolgen. Es gilt das besonders für *Dipsacus* und *Silphium laciniatum*, an deren Drüsenköpfen gleichfalls bewegliche Fortsätze, die für Plasmafortsätze gehalten wurden, wahrgenommen worden sind. Das Vorkommen vibrierender Fäden, wie bei *Dipsacus* und *Silphium*, ist freilich neuerdings auch für die Köpfchenhaare verschiedener *Solanen* und *Scrofularineen* behauptet worden und soll z. B. an der Corolle von *Antirrhinum majus* bequem zu beobachten sein, doch hat Francis Darwin für *Dipsacus silvestris* nachgewiesen, dass die Drüsen stickstoffhaltige Flüssigkeiten wie Ammoniak absorbiren.

Fleischfressende Pflanzen mit Klebausrüstungen zum Thierfang.

§ 30. Ihre meist linealischen schmalen Blätter fangen die Thierchen durch klebrige Drüsen. Es findet eine Secretion wie bei den übrigen echten Fleischfressern und eine Resorption der Verdauungsproducte statt. Hierher gehören die *Droseraceen*:

Drosophyllum, *Byblis*, *Roridula*.

Drosophyllum lusitanicum wächst halbstrauchartig, hat in dichten Grundrosetten stehende, 15—20 cm lange, lineallanzettliche grasartige Blätter und Blütenstände mit 3—7 grossen Blumen an den Zweigenden. Die Pflanze findet sich in Marokko, Portugal und dem südlichen Spanien an trockenen Bergabhängen, sehr zahlreich z. B. um Oporto. An ihren Blättern hängt stets eine ungeheure Zahl von Fliegen.

Die Bauern von Oporto nennen sie daher „Fliegenfänger“ und hängen sie in ihren Häusern auf. Auch im Gewächshaus fängt sie, wie Darwin mittheilt, selbst bei ungünstiger Witterung und in insektenarmer Jahreszeit so viele Insekten, dass schon der Laie auf den Gedanken kommt, sie müsse irgend eine besondere Anziehungskraft auf dieselben ausüben. Die obere Blattfläche ist concav mit einem schmalen Kanal längs der Mitte, beide Flächen sind mit Ausnahme des Kanals mit gestielten pilzförmigen, aber unbeweglichen hellrosabis purpurfarbigen Drüsen in unregelmässigen Längsreihen besetzt. Daneben finden sich winzige, farblose, festsitzende, kreisförmige oder ovale Drüsen. Die grossen Drüsen sondern grosse Tropfen eines klebrigen Secretes zum Fang und zur Lösung der Eiweissstoffe ab; die kleinen sind im ungereizten Zustand trocken, sondern dagegen, wenn sie mit Fibrin oder anderen stickstoffhaltigen Körpern in Berührung kommen, reichlich ab und haben die Fähigkeit, stickstoffhaltige Substanz sehr schnell zu absorbiren. Das Secret der grossen Drüsen reagirt zum Unterschied von den entsprechenden Bildungen bei *Drosera* schon im ungereizten Zustand stets sauer und scheint auch ein Enzym zu enthalten. Es wirkt antiseptisch. Bakterien fehlen nach Arth. Meyer und Dewèvre gänzlich (vgl. Bot. Centralbl. 1894, Bd. LX, p. 33—41).

Das gefangene Insekt kommt bei *Drosera* durch die Bewegung der Tentakeln mit zahlreichen Drüsenköpfen in Berührung, hier dadurch, dass es weiter kriecht, bis es so stark beklebt ist, dass es ganz von dem klebrigen Secret umflossen, niedersinkt und stirbt. Es streift dabei das klebrige Tröpfchen ab, während dies bei *Drosera* an den Tentakelköpfen festhaftet. Eiweisswürfel, Fibrinknorpel etc. werden schnell gelöst und die Lösung mit dem Secret selbst absorbirt, während Glas, Kohle etc. keine Absorption der letzteren veranlassen. Die Absorption der Drüsen ist auch an der Zusammenballung ihres Inhaltes deutlich zu erkennen, die Drüsen färben sich ganz dunkel. Die Verdauung eiweisshaltiger Körper geht bei *Drosophyllum* viel schneller als bei *Drosera* vor sich. Auch bei *Roridula*, deren beide Arten, *Roridula dentata* und *R. Gorgonias* am Kap auf Berggipfeln und (die letztere Art) hochgelegenen Moorplätzen, halbstrauchartige Pflanzen mit schmal-lanzettlichen, lang zugespitzten Blättern bilden, finden sich ähnliche Verhältnisse. Bei *R. Gorgonias* sind die Blätter ganzrandig, bei *R. dentata* fast fiedertheilig, die schmalen Zipfel der Blattränder

zertheilen sich ganz in 2—4 mm lange, feine Stieldrüsen. Es fehlen aber die sitzenden Drüsen des *Drosophyllum*, die aber nutzlos sein würden, da die obere Blattfläche dicht mit zugespitzten, einzelligen, aufwärts gerichteten Haaren besetzt ist. Bei *Roridula* wird ebenfalls eine grosse Zahl von Insecten gefangen.

Byblis gigantea und *B. liniflora* kommen beide in Australien vor. Erstere, ca. 45 cm hoch, hat linealische, lange Blätter mit zweierlei Drüsen, sitzende, in Reihen angeordnete und verschieden lang gestielte. Die Stiele bestehen aus verlängerten Zellen, sind sehr dünnwandig und hinfällig, an den Enden am längsten, die Drüsen selbst röthlich, scheibenförmig abgeplattet. Jedenfalls ist die Function der Drüsen eine ähnliche, wie bei *Drosophyllum*. Darwin fand todtte Fliegen an den Drüsen. Ich selbst fand bei der zierlicheren, nur ca. 25 cm hohen, mit ca. 10 cm langen, linealischen Blättern versehenen *Byblis liniflora* (mit grossen blauen Blüten), deren Drüsenhaare an den Blattspitzen meist eine Stiellänge von der doppelten Blattbreite haben, an einem getrockneten Exemplar zahlreiche Fliegen, kleine Käferchen etc. gefangen.

Ch. Darwin fand auch bei einigen anderen mit klebrigen Drüsen bedeckten Pflanzen, an denen sich gewöhnlich gefangene Insecten finden, ein gewisses Vermögen, die stickstoffhaltige Substanz zu absorbiren, so bei *Saxifraga*arten, *Primulaceen* (*P. viscosa*, *villosa*) etc., jedoch nirgends so ausgeprägt, wie bei den regelmässig Fleisch verdauenden Arten.

Bei einigen *Loasaceen* finden sich an den Blütenstielen etc. neben den eine klebrige, die Insecten anlockende Flüssigkeit ausscheidenden geknöpften Drüsen längere starre Haare mit 4—5 nach der Basis zurück gekrümmten spitzen Häkchen und Häkchenreihen, so bei *Mentzelia ornata*, bei der nach Poisson (*Sur deux nouvelles plantes-pièges*. Bull. Soc. Bot. France. T. XXIV, p. 26—31) und nach Rosenthal und Bermann (*Huth, Monatl. Mittheil., Frankfurt a. O. VII, 1889, p. 22*) zahlreiche Fliegen, Käfer etc. gefangen werden. Poisson hat beobachtet, dass die Fliegen beim Zurückziehen des Rüssels von den Drüsenknöpfen sich festhaken und, indem sie, um los zu kommen, sich um das festgehaltene Rüsselende drehen, sich schliesslich den Kopf vom Rumpfe trennen. *Gronovia scandens* fängt mittelst seiner festen bogigen Kletterhaare, die am Ende mit zwei sehr spitzen Wider-

häkchen versehen sind und sich hiermit in die Haut einbohren, sogar junge Eidechsen. Poisson fand unter einer *Gronovia scandens* in 24 Stunden bis zu 7 Leichen der grauen Eidechse (von 5—12 cm Länge).

Ein fleischfressender Pilz mit Schlingenfalle.

§ 31. Der auf Pferdemit etc. wachsende Pilz *Arthrobotrys oligospora* hat besondere Fangvorrichtungen für kleine Würmchen, Nematoden, die er dann verzehrt. Die Mycelien dieses Pilzes treiben nämlich nach Zopf, besonders reichlich bei mangelhafter Ernährung, Kurzzweige, welche sich nach ihrem Mycelfaden zu krümmen, damit verwachsen und so ganze Systeme von Schlingen oder Oesen bilden, die dem Pilz als Fallen für die zahlreichen Nematoden dienen, die mit dem Pilz das gleiche Vorkommen haben, von dem Pilz getödtet und völlig aufgezehrt werden. Die Schlingen sind gerade so gross, dass die Aelchen hineinpassen, bei ihren lebhaften Bewegungen aber durch die federnden prallen Pilzorgane festgehalten werden. Bringt man zwischen das *Arthrobotrymycel* z. B. Weizenälchen und beobachtet direct in der feuchten Kammer, so sieht man in wenigen Stunden Dutzende von Aelchen gefangen, wobei es keinem einzigen gelingt, sich zu befreien. Unmittelbar, nachdem das Thier gefangen ist, treibt eine Zelle der Oese einen Seitenzweig durch die Chitinhaut in den Körper; von ihm aus gehen dann Aeste, die sich verlängern und das Aelchen in paralleler Richtung durchwuchern. In dem Maasse, wie der Pilz sich ausbreitet, nehmen die Bewegungen des Thieres an Energie ab, um schliesslich ganz aufzuhören. Es tritt dann der Tod ein. Der Pilz ruft in dem Thierkörper eine fettige Degeneration der Gewebe hervor und zehrt das Fett auf, so dass von dem Thier nur die Chitinhaut und beim Männchen der chitinisirte Penis übrig bleibt.

Kapitel V. Anpassungen an das Gesellschaftsleben (Socialismus, Aggregation, Symbiose).

Socialismus im Pflanzenreich.

§ 32. Wie im Thierreich einzeln lebende und gesellig lebende Arten unterschieden werden können, so giebt es im Pflanzenreich Arten, welche stets vereinzelt auftreten (wie z. B. unsere Orchideen, Umbelliferen) und solche, welche stets gesellig leben. Alexander

v. Humboldt hat bereits hervorgehoben, welchen wichtigen Unterschied dies in der Lebensweise der Pflanzen bedingt. Derselbe bezeichnet die gesellig lebenden (Aphorismi ex Physiologia chemica plantarum in der Flora Fribergensis subterranea 1793 p. 178) als sociale Pflanzen. „Die Arten,“ sagt er Kosmos I p. 225 (Cotta'sche Ausgabe von 1870), „welche ich gesellige Pflanzen genannt habe, bedecken einförmig grosse Strecken. Dahin gehören viele Tangarten des Meeres, Cladonien und Moose in den öden Flachländern des nördlichen Asiens, Gräser und orgelartig aufstrebende Cacteen, Avicennia und Manglesträucher in der Tropenwelt, Wälder von Coniferen und Birken in den baltischen und sibirischen Ebenen. Diese Art der geographischen Vertheilung bestimmt neben der individuellen Form der Pflanzengestalt, neben ihrer Grösse, Blatt- und Blütenform, hauptsächlich den physiognomischen Charakter einer Gegend. Das bewegliche Bild des Thierlebens, so mannigfaltig und reizend, so mehr angeeignet es unseren Gefühlen der Zuneigung oder des Abscheues ist, bleibt fast demselben fremd, wirkt wenigstens minder mächtig auf ihn. Die ackerbauenden Völker vermehren künstlich die Herrschaft geselliger Pflanzen, und so an vielen Punkten der gemässigten und nördlichen Zone den Anblick der Einförmigkeit der Natur; auch bereiten sie den Untergang wildwachsenden Pflanzen und siedeln andere, die dem Menschen auf fernen Wanderungen folgen, absichtslos an. Die üppige Zone der Tropenwelt widersteht kräftiger diesen gewaltsamen Umwandlungen der Schöpfung.“

Die Vortheile des pflanzlichen Socialismus gegenüber der isolirten Lebensweise, welche zur Ausbildung socialer Arten geführt haben, sind zum Theil die gleichen wie die im Thierreich. Mit vereinten Kräften die Erhaltung der Art anzustreben, ist die erste Aufgabe beider.

Zu Schutz und Ernährung vereinigen sich hauptsächlich die Thiere. Auch die socialen Pflanzen vereinen sich zum Schutz gegen Trockenheit und extreme Temperaturen wie gegen Feinde aus der Thierwelt (z. B. in den Dornestrüppen) etc. Moospolster und Wälder wahren die Feuchtigkeit, reguliren sogar die meteorische Feuchtigkeit und das Klima, indem sie das Regenwasser zurückhalten und nur langsam wieder der Atmosphäre zurückgeben. Das einzelne Moos und der einzelne Baum würde an sonnigem Standort bald zu Grunde gehen.

Windblüthige und der Wasserbefruchtung angepasste Landpflanzen sind in der Regel social, so die Gramineen, Cypera-

ceen, Coniferen, Betulaceen etc., bei welchen die Wahrscheinlichkeit der Befruchtung mittelst des vom Wind getragenen Blütenstaubes im Verhältniss der Quadrate der Entfernung abnimmt, Moose, Prothallien der Farne, Bärlappe, Schachtelhalme und Wurzelfarne, bei welchen die Schwärmsporen von Pflanze zu Pflanze um so besser gelangen, je näher dieselben einander sind. Unter den zoophilen Pflanzenarten führen hauptsächlich diejenigen ein sociales Leben, deren Blüten oder Früchte einzeln zu wenig ins Auge fallen, sei es wegen ihrer Kleinheit und unscheinbaren Färbung, sei es wegen des versteckten Standortes (*Viola silvatica*, *Oxalis Acetosella*, *Galium saxatile* etc.). In der Gesamtheit werden solche Pflanzen so augenfällig und erhalten so reichen Thierbesuch, wie die Blüthengenossenschaften oder Fruchtgenossenschaften (mit oder ohne Arbeitstheilung) ein und desselben Individuums bei den Umbelliferen, Compositen, *Viburnum* etc. Pflanzen mit auffälligen, grossen Blüten (Orchideen) oder Früchten an offenem Standort sind ebenso wenig social, wie Pflanzen, welche zusammengesetzte Blüten- oder Fruchtgenossenschaften bilden. Auch hinsichtlich der Blattform zeigen die socialen Pflanzenarten grosse Uebereinstimmung, dieselbe ist meist einfach und die Blattgrösse ist gering.

Die socialen Pflanzen haben zumeist besondere Begleitpflanzen, z. B. die Buche (den Waldmeister, das Moschuskraut etc.), die Kiefer (cf. Höck, B.d.D.B.G. 1893, XI, p. 242, 396), mit denen sie gewisse Pflanzengenossenschaften und in grösserem Massstab Vegetationsformationen bilden, die charakteristische Anpassungen an Klima und Boden darstellen, in ihrer Zusammensetzung aber das Product der verschiedensten Factoren (Concurrenz um Bestäubungsvermittler und Samen verbreitende Thiere, um die Nährstoffe des Bodens, Widerstand gegen gewöhnliche wie wirthswechselnde Parasiten etc.) darstellen. Die socialen Pflanzen geben den Ton der Pflanzenformationen an, sie bilden das Grundgewebe des Pflanzenteppichs, in welchen die übrigen Pflanzen wie eingesprengt erscheinen, „die zu den verschiedensten Zeiten knospen, blühen, fruchten und durch die verschiedene Gestalt ihrer Stengel, ihres Laubes und ihrer Blüten sich gegenseitig gewisse Vortheile bringen“, sei es, indem die eine der anderen als Stütze dient, Schatten spendet, sie gegen die scheerende Wirkung des Windes schützt, durch Contrastfarben der Blüten und Früchte die Anlockung von Insecten und Vögeln verstärkt u. s. w.

Die wichtigsten natürlichen Vegetationsformationen sind:

1. Die Tundren oder Moossteppen des hohen Nordens und nordöstlichen Europas, die bei Temperaturen von geringer Abweichung vom Gefrierpunkt vegetiren; die trockene Tundra, durch Erdflechten (*Cladonien*, *Cetraria*, *Evernia* etc.) gebildet, und die nasse Tundra, nur von Laubmoosen, *Polytrichum* (mit *Dicranum*, *Sphagnum* etc.) gebildet.

2. Die Wiesen der gemässigten Zone. Tonangebend sind hier die rasenbildenden Gräser, oft nur wenige (höchstens 30) Arten (nach Griesebach im Lüneburgischen oft nur eine Art, *Anthoxanthum odoratum*). Die zahlreichen eingesprengten Staudengewächse werden erst zur Blüthezeit augenfällig (*Ranunculaceen*, *Umbelliferen*, *Papilionaceen*, *Compositen* etc.). An feuchten Stellen geht die Wiese in den durch *Carex*, *Scirpus*, *Juncus* charakterisirten Seggensumpf über.

3. Die Savannen in den Niederungen der tropischen und subtropischen Gegenden sind durch Gräser von oft bedeutender Grösse (zum Theil über 2 m hoch) gebildet, die während der Trockenzeit weiter vegetiren. Meist bedecken diese Grasbestände den Boden ungleichmässig, leere mit Bäumen und Stauden bestandene Stellen oder Inseln zwischen sich lassend. Bei dem Ueberwiegen der letzteren geht die Savanne in den Wald über. In vielen amerikanischen Steppen sind die Gräser theilweise durch Riedgräser (*Kylingia* etc.) vertreten.

4. Die Grassteppen. Die Grasvegetation ist hier wegen der Trockenheit und kurzen Vegetationszeit eine sehr beschränkte, nur einen geringen Theil des Bodens bedeckend.

5. In den Wäldern, zu beiden Seiten des Aequators bis zur arktischen Zone, sind die tonangebenden Gewächse die baumartigen Holzpflanzen, bei uns Laubbäume und Nadelbäume, in wärmeren Gegenden immergrüne Laubbäume etc. In Westeuropa ist der Wald meist, dagegen in dem östlichen Europa und gemässigten Asien noch wenig dem Ackerbau gewichen.

Der Urwald hat sich nur in Gebirgsländern, wie in den Karpathen, erhalten, meist ist aus ihm durch Cultur der Forst geworden. Bei uns herrschen von Nadelbäumen die Kiefern, Tannen und Fichten vor (mit *Juniperus* als Unterholz und *Vaccinieen* am Boden), die Eiben sind an vielen Orten der Cultur gewichen oder im Aussterben begriffen. Vorherrschende Laubbäume sind Buchen, Hainbuchen, Eichen, Eschen, Ahorne etc., während als Unterholz Ebereschen, Weiden, Pappeln, Erlen, Ulmen, Haseln, Hartriegel, Faulbaum, Kreuzdorn, Spindelbaum vorwiegen. Die meist holzigen Begleitpflanzen,

Moose, Farne etc. und Blütenpflanzen des Waldteppichs und die unterirdische Mykorrhizen bildenden (s. b. Mykorrhizen) Pilzmycelien, deren Fruchtkörper bei uns zumeist den herbstlichen Wald als „Schwämme“ bevölkern, sind je nach der Baumart ganz besondere, wie dies aus der Floristik zur Genüge bekannt ist (vgl. Höck l. c.). Bezüglich der Pilze vgl. z. B. Schröter und Cohn, Kryptogamenflora von Schlesien, Breslau 1889 III. Bd. 1 p. 36 ff. *Lactarius torminosus*, *Boletus rufus*, *B. scaber* etc. finden sich z. B. fast nur unter Birken.

6. Die Steppen. Die Steppen umfassen allenthalben nur der Trockenheit angepasste Pflanzen (Xerophyten) mit sehr kurzer Vegetationsperiode, sie nehmen etwa den vierten Theil des Festlandes in Anspruch in den verschiedensten Uebergängen von der Wiese zur Wüste. Griesebach unterscheidet (Griesebach, Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung, Leipzig 1872) Gras-, Sand- und Salzsteppe.

Die Grassteppe umfasst die Strecken, „wo der Boden seinen Salzgehalt verloren und die Vegetation so viel Humus abgelagert hat, dass die Feuchtigkeit nach dem Schmelzen des Schnees oder nach Niederschlägen nicht sofort wieder den Erdschichten an der Oberfläche entzogen wird, so dass, auch wenn Gestrüpp sie bedeckt, doch auch zartere Gewächse zur Weide geboten sind. Tonangebend ist die *Thyrsa* (hoch aufschliessende, reich bestockte perennirende Gräser, besonders *Stipa*arten). Die Sandsteppe entbehrt des Humus fast ganz, die Feuchtigkeit der oberflächlichen Erdschichten verschwindet, Strauchformen überwiegen. In Khorosan und selbst in der Wüste Karakum am Aralsee sind die Sandstrecken mit *Calligoneen* und ähnlichem nackten Gestrüpp dicht bewachsen. In den Hochsteppen wachsen die *Traganth*sträucher gesellig, die belaubten Aeste dicht mit einander verwoben. In den Tiefsteppen ist dagegen zwischen den dürftigen Verzweigungen der *Spartium*form der gelbliche Boden sichtbar. In anderen Steppen findet sich etwas Graswuchs und das Gestrüpp wird durch dornige Blattsträucher (*Alhagi*) ersetzt.

Die Salzsteppen — nicht immer ehemaliger Meeresgrund — sind durch thonigen Boden ausgezeichnet, dem Natrium-, auch Magnesiumsalze in grösserer Menge beigemischt sind und der die Feuchtigkeit nur durch Verdunstung verliert. In ihnen walten *Chenopodiaceen* und *Artemisien* vor, die den Sommer hindurch frisch bleiben und im Herbst fruchten, zwischen denen auch Kräuter und

Stauden, besonders Cruciferen und Compositen auftreten. Viele der Salzsteppenhalophyten finden sich auch an den Meeresküsten vor. Besondere Formen der Steppe sind noch die Puszta des ungarischen Tieflandes, deren charakteristische Culturpflanze die Wassermelone *Citrullus vulgaris* ist und die sich der Grassteppe nähernden nordamerikanischen Prärien mit etwa ein Fünftel der Bodenfläche bedeckendem Baumwuchs.

7. Die Maquis. Die Gewächse des Mittelmeergebietes ordnen sich zu drei Hauptformationen, zu Wäldern (Monte), Gestrüchen (Montebaxo in Spanien, Maquis auf Korsika, Garrigues in Südfrankreich), und offenen Matten (die offenen mit Kräutern und Halbstrüchern bewachsenen Tomillares), unter denen die Maquis die eigenthümlichste Formation des südlichen Europas überhaupt, wie besonders der Küstenregion darstellen. Ueberall häufig, bedecken sie in manchen Gegenden, wie auf Korsika, den dalmatinischen Inseln, am Nordgestade des Aegäischen Meeres mit Ausschluss jeder anderen Vegetation die weitesten Strecken. In der immergrünen Region ist ihr Charakter meist durch wenige dominirende Sträucher bestimmt, bald der Oleander- und Myrthen-, bald der Eriken-, Genisteen- oder Cistenform angehörig. Auf Cypem sind die Maquis nur aus den beiden Sträuchern *Pistacia Lentiscus* und *Juniperus phoenicea* zusammengesetzt, in Thracien nur auf *Poterium spinosum* beschränkt. In den Berglandschaften sind die Maquis oft durch verkümmertes Gestrüpp laubabwerfender Eichen ersetzt. Den südeuropäischen Maquis nahe verwandt ist die australische Scrub-(Gebüsch-)formation, meist undurchdringliches Dickicht von *Acacia*-, *Eucalyptus*-, *Protea*büschchen, sowie die Karrooformation (aus Karroo etc.) des Caplandes, bei uns an die Rosen- und Brombeerhecken erinnernd.

8. Die Heiden. Auf den offenen Flächen der baltischen Ebene und Russlands nehmen die Gestrüchformationen der Heiden und Sümpfe einen verhältnissmässig weiten Raum ein und sind ursprüngliche oder doch frühzeitig entstandene Bildungen. Die Heiden der baltischen Ebene sind fast nur von *Calluna* bewachsen. An den russischen Grenzen verliert sich allmählich die offene *Calluna*heide, sporadisch erscheint sie noch am Onegasee und häufiger in Lithauen. Die *Calluna* wird durch die Glockenheide *Erica Tetralix* vertreten.

9. Auch in den Mooren treten (neben den Torfmoosen) Eriken, aber weniger gesellig als auf den trockenen Heiden auf. Die Moore, auf schwer durchlässigem Boden besonders in feuch-

teren Ländern entstehend, werden eingetheilt in Hochmoore, Wiesen- und Waldmoore. Die Hochmoore (Fenne, Filze) haben ihren Namen von der sanften Wölbung in der Mitte, ihr Wasser ist kalkfrei, während die Wiesenmoore oder Grünlandmoore, deren Vegetationsdecke vorherrschend von Gramineen und Cyperaceen gebildet ist und an die Wiese erinnert, kalkhaltiges Wasser führt. Die Waldmoore oder Brüche sind Moore mit dichter Baum- und Strauchvegetation; besonders Erlen oder Birken sind vorwiegend. Die Pflanzengenossenschaft der Moore zeigt überall von der Ebene bis auf die Gebirge (in Oberbaiern bis 1787 m) eine charakteristische und übereinstimmende Zusammensetzung. Die bedeutendsten Hochmoore Deutschlands finden sich im Norden, so hat z. B. in Hannover das Aremberg'sche Moor 28 Quadratmeilen, das Bour-tanger Moor 25 Quadratmeilen. Die Moore nehmen von der Provinz Hannover etwa ein Sechstel des Flächenraumes ein. In der Mark Brandenburg sind das grosse Havelländische und Rhinluchmoor, in Pommern das Lebamoor, in Ostpreussen der Moorbruch am Kurischen Haff, in Oberschwaben und Oberbaiern das Donau-, Dachauer-, Erdinger Moos die bedeutendsten Moore. Die Grenze der Erlenbrüche und der Hochmoore ist durch den Stromlauf der Elbe in der Mark bezeichnet. Von Mecklenburg bis zur Lausitz sind die Erlen- und Birkenbrüche bereits eben so ausgebildet wie in Russland. Diesseits der Elbe giebt es noch einen grösseren Erlenbruch, den Drömling an den Grenzen von Hannover, Braunschweig und der Altmark. Grössere Erlenbrüche sind sonst der Spreewald zwischen Lübben und Kottbus und die Lewitz in Mecklenburg.

Weitere Arten von Symbiose, Aggregationsarten.

§ 33. Eine innigere Vergesellschaftung (Aggregation) mehrerer Individuen zu Schutz und Trutz, zur wirksameren Umgestaltung des Nährbodens, Ausnützung von Standorten, an denen das einzelne Individuum nicht leben kann, zur Anlockung nützlicher Thiere etc. hat im Pflanzenreich vielfach stattgefunden, sowohl zwischen Individuen derselben Art, als auch zwischen Individuen ganz verschiedener Abtheilungen von Lebewesen (Symbiose). Durch Aggregationen zwischen den gleichen Individuen wird oft dasselbe erreicht wie durch die (nur weniger innige) Vergesellschaftung bei socialen Arten, und scheinen Aggregationspecies in der Regel aus solchen entstanden zu sein, während die Aggregation zwischen verschiedenartigen Individuen,

die Symbiose, durch welche eine Theilung der Arbeit erzielt wird, in allen Uebergängen zum Parasitismus vertreten ist und vielfach aus diesem hervorgegangen zu sein scheint. Eine Aggregation gleicher Individuen zu Individuen höherer Ordnung, eine Ausbildung zur Aggregationspecies findet sich besonders bei den niederen Pflanzen.

Hierhin gehören die Mucor ähnlichen Fruchtkörper von Dictyostelium und anderen Acrasieen, die sich typisch aus einzelnen Amöben aufbauen, und die einem Aspergillus etc. ähnlichen Fruchtkörper von Chondromyces crocatus etc. und anderen Myxobacteriaceen, die sich typisch aus einzelnen Bacillen aufbauen.

Bei Dictyostelium mucoroides wandern die aus den einzelnen Sporen ausschlüpfenden Amöben nach einer Stelle hin und lagern hier zu einem Haufen zusammen, und zwar schlagen sie dabei aus weiter Umgebung die Richtung nach einem gemeinsamen Centrum in sehr schneller Bewegung ein. Aus dem Amöbahaufen bilden sich die Fruchträger unmittelbar, wobei den im Inneren derselben in bestimmter Weise gruppirten Individuen die Bildung der Stielanlage zufällt. Mit dem Stiel wölbt sich die Masse aufwärts und kriecht an dem Stiel empor, wobei die an die Verlängerung der Stielanlage kommenden Amöben zu Stielzellen werden. Nach völliger Bildung des Stiels zieht sich die übrige Masse zu einer Kugel zusammen und jede Amöbe wird zur Spore. Die Stielamöben vergrößern sich durch Wasseraufnahme, bekommen Membranen und verwachsen mit einander zu dem vielzelligen Gewebe des gekammerten Stieles. Aehnlich entsteht die Aggregationspecies Polysphondylium violaceum.

Bei den Myxobacteriaceen bilden Bacillen, nach einer vegetativen Periode, in der sie sich durch Zweitheilung vermehren und eine gelatinöse Grundmasse ausscheiden, Aggregate verschiedener Form, in denen zuletzt die Stäbchen oder in anderen Fällen die aus ihnen hervorgehenden kugeligen Kokken gruppenweise encystirt werden. Es kommen so in den einfacheren Fällen mehr oder weniger einfach gestaltete sitzende oder gestielte Träger (Cystophoren) zu Stande, in welchen die Cysten (stäbchenhaltige Cysten in gallertiger Matrix bei Myxobacter, kokkenhaltige bei Myxococcus) gebildet werden. Bei der am höchsten stehenden Gattung Chondromyces kommen gestielte Cystenträger zu Stande, die auf kugeligem Köpfchen spindelförmige Cysten bilden. Sie gleichen äusserlich völlig den Conidienträgern höherer Pilze (Aspergillus), die Cysten fallen auch wie die Conidien ab und werden durch den Wind

verbreitet (einzelne haften bleibende Cysten können secundäre Cystophore bilden), aber sie enthalten Bacillen, aus denen das ganze Gebilde sich aufgebaut hat. Die letzteren wandern bei der Keimung aus, um neue Pseudoplasmodien zu bilden. Diese Entwicklung, die Thaxter auch an Reinculturen constatiren konnte, erinnert lebhaft an den Aufbau der Acrasieen, besonders von *Dictyostelium* und *Polysphondylium* aus Amöben. Von diesen Myxomyceten unterscheidet sich aber die Abtheilung dadurch, dass bestimmt geformte Stäbchen, die in nichts von den Bakterienstäbchen verschieden sind, sich bewegen und zur Bildung bestimmter Fruchtkörper zusammentreten.

Bei der Gattung *Chondromyces* bilden die Bacillen freie Cysten (die dann selbst Bacillen enthalten). Sie sind sitzend oder entspringen einem mehr oder weniger hoch entwickelten Träger. Bei *Chondromyces crocatus*, der früher als *Hyphomycet*, *Aspergillus crocatus*, beschrieben wurde, aber jeglicher Hyphen entbehrt, sind die Cystenträger schlank, einfach oder 1—5 Mal verästelt bis etwa 1 mm hoch, orangefarben und endigen in kugelige Köpfchen, welche von den blass strohfarbenen, spindelförmigen Bacillencysten ringsum besetzt sind. Die Bacillen, welche cylindrisch, gerade oder schwach gekrümmt sind, messen $2,5-6 \simeq 6-7$. Auf faulem Stroh, Melonenschale etc. *Chondromyces aurantiacus* auf Pilzen, faulem Holz etc., hat einfache, selten gabelige, ca. 200 μ hohe hyaline oder fleischfarbene Cystenträger mit zuletzt sitzenden ovalen, rundlichen oder unregelmässigen orangefarbenen, zuletzt kastanienbraunen Cysten. Bacillen meist gerade, durchschnittlich $7 \simeq 5$ ($7-15 \simeq 6-10$). Der Pilz ist als *Stigmatella aurantiaca* vermuthlich auch *Polycephalum aurantiacum* Kalchbr. et Cke, *Stilbum rytidospora* Bek. et Broome früher zu den Hyphomyceten gestellt worden.

Chondromyces lichenicolus lebt parasitisch auf Flechten, die er tödtet. Colonieen röthlich, Stäbchen cylindrisch, etwas verjüngt, $5-7 \simeq 6$, Cystenträger einfach kurz, öfter fehlend, $7-8 \simeq 10$, Cysten rundlich, einzeln, oft mehrere verschmelzend.

Chondromycesserpens; Cysten fleischroth, etwa 50 μ im Durchmesser, wurmförmig mit einander anastomosirend und zu einem Knäuel verschlungen, ohne Cystophor.

Myxobacter bildet grosse rundliche, bacillenhaltige Cysten, die einzeln oder zu mehreren in einem Gallertkörper liegen. *Myxobacter aureus* auf nassem Holz etc. in Sümpfen.

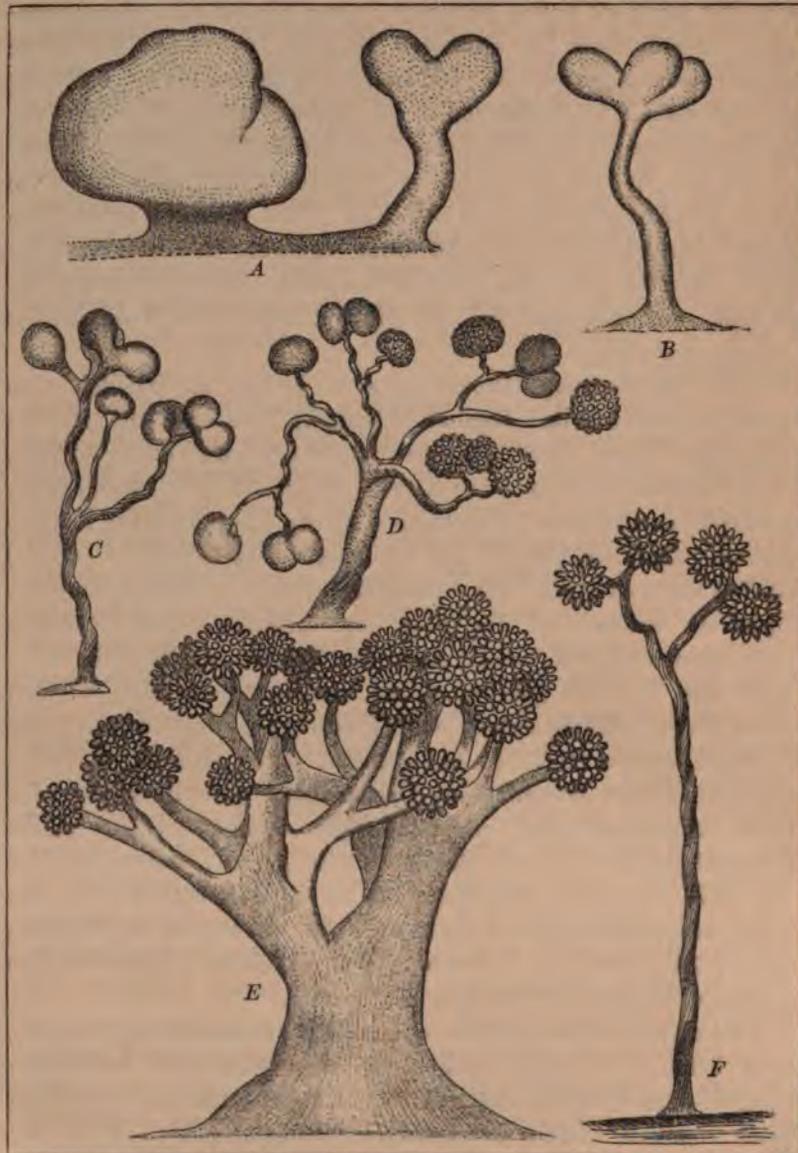


Fig. 6.

Chondromyces crocatus: A-F zeigt die successive Ausgestaltung der Bacillencolonien zu schimmelpilzähnlichen Cystenträgern. Die Cysten enthalten selbst Bacillen. Nach R. Thaxter.

Myxococcus. Stäbchen dünn gekrümmt, nach einer vegetativen Periode sitzende Cysten mit kugeligen Sporen (Kokken) bildend, die anfangs noch von Bacillen umgeben sind. *Myxococcus rubescens*

mit röthlicher Stäbchenmasse bildet tropfenförmige, orangerothe Sporenhäufchen auf Pferdedünger. *Myxococcus virescens* gelbgrüne Sporenhäufchen auf Mist, *Myxococcus coralloides* aufrechte, verzweigt gelappte, korallenförmige, fleischrothe Sporenmassen.

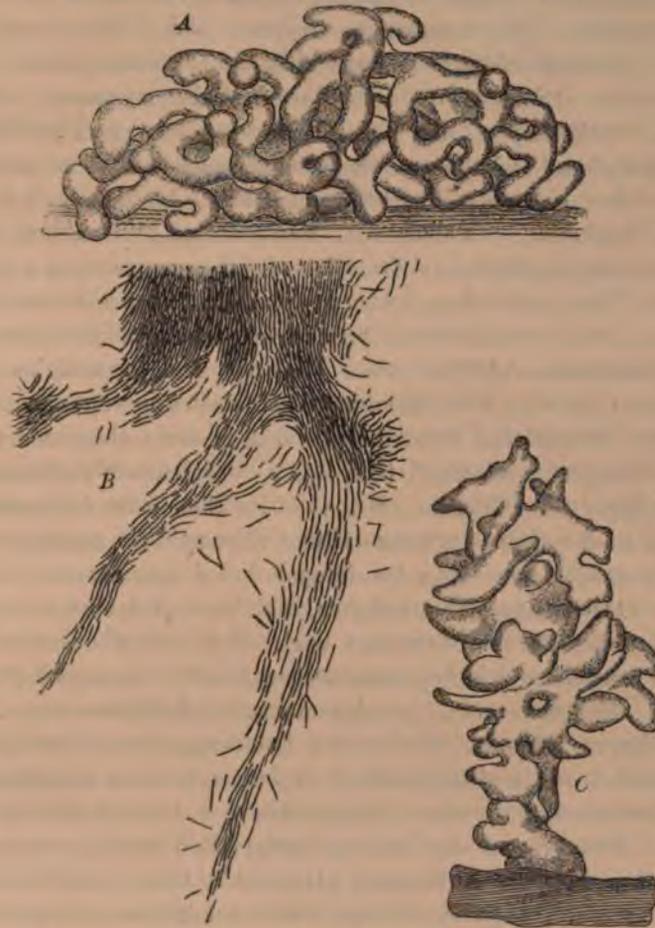


Fig. 7.

A *Chondromyces serpens*. — B Bacillenmasse des Pilzes aus einer Agarkultur. — C *Myxococcus coralloides*. Bei der Gattung *Myxococcus* bilden die Stäbchen nach einer vegetativen Periode (Vermehrung durch Zweitheilung) sitzende Cysten mit kugligen Sporen (Kokken), die anfangs noch von Bacillen umgeben sind. Nach E. Thaxter.

Bei zahlreichen „Schimmelformen“ tritt anstatt der einfachen Fruchträger unter gewissen Ernährungsverhältnissen eine Vereinigung getrennter Fruchträger zu besenartigen Schimmelbüscheln ein. So entstehen die zierlichen, als *Coremium vulgare* von Fries

beschriebenen Aggregationen aus dem Brotschimmel, *Penicillium crustaceum* oder *P. glaucum*, dessen einfache Hyphen sich zu einem parallelfädigen dicken Stiel vereinigen, der einen grossen Fruchtkopf trägt. So ist der Raupenparasit *Isaria farinosa* der „Coremiumzustand“ einer *Spicaria*, *Stysanus Stemonitis* der eines *Hormodendron*. Die vegetativen Hyphen vieler Pilze treten zu dichten parenchymatischen Dauersträngen (Rhizomorphen) oder Dauerknollen (Sclerotien) in ähnlicher Weise zusammen. Auch in den Fruchtkörpern der höheren Ascomyceten und Basidiomyceten (*Agaricus*, *Boletus* etc., *Ravenelia*) handelt es sich im Gegensatz zu den einfachen Fruchtformen dieser Abtheilungen (*Endomyces*, *Taphrina* — *Tomentella*, *Pachysterigma*, *Uromyces*, *Puccinia*) um Aggregationen. Zwar ist es gelungen, aus einer Spore grössere Pilze zu ziehen; der gewöhnliche Verlauf dürfte aber der sein, dass verschiedenen Sporen entsprungene Mycelfäden an dem gemeinsamen Aufbau eines Pilzkörpers sich betheiligen. So De Bary: „Es ist wohl überhaupt keine allzu gewagte Annahme, dass die allermeisten Fruchtkörper den in Rede stehenden mehrfädigen Ursprung besitzen“ (De Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pflanzen, 1884, p. 52). Eine höhere Aggregation zeigt z. B. die Gasteromycetengattung *Broomeia* (*B. aggregata* vom Cap, *B. guadelupensis* von Guadelupe), bei der eine grosse Anzahl kleiner erdstern-(geaster-)ähnlicher Individuen auf einem korkigen und gestielten Stroma vereinigt sind. Aehnlich wie *Broomeia* zu Geaster verhalten sich die „zusammengesetzten“ Kernpilze *Poronia*, *Xylaria*, *Numularia* etc. zu den einfachen Sphäriaceen etc. Bei den höheren Pflanzen scheint eine Entstehung neuer Arten durch Aggregation nicht stattgefunden zu haben (nur eine Aggregation und Verwachsung einzelner Organe dürfte bei der Ausbildung der höheren Pflanzenwelt hie und da mitgespielt haben), wenn man nicht auch hier die Auffassung Delpino's theilt, nach dem der Stamm als eine „congenitale Fusion“ zahlreicher Blätter zu betrachten wäre und die in Achse und Blattorgane differenzirten höheren Pflanzenkörper nach dem Princip der Aggregation aus den Thalluspflanzen hervorgegangen wären — eine Ansicht, welche auch bei der Erklärung der gesetzmässigen Anordnung der Blätter am Stamm von dem Amerikaner Chancey Wright zu Grunde gelegt wurde (Ch. Wright, On the unse and origin of arrangements of leaves in plants. Memoires of the American Academy. Vol. 9. Part 2. 1873).

§ 34. Die Vergesellschaftung von Individuen ganz verschiedener Verwandtschaft dürfte in erster Linie durch die Ernährungsbedürfnisse zu erklären sein. Sie findet sich am verbreitetsten bei den Thierpflanzen oder Phytozoën und den Flechten oder Lichenen.

Phytozoën, Thierpflanzen, im engeren Sinn heissen jene Fälle von Symbiose, in denen Thiere mit gewissen niederen Algen besondere (Aggregationsarten) Species bilden. Der grüne Süsswasserpolyp, *Hydra viridis*, verdankt seine grüne Färbung gewissen Algen, welche reihenförmig den amöboiden Zellen der inneren Körperschicht eingelagert sind. Diese Algenzellen („Zoochlorellen“) vermehren sich in gleichem Schritt mit den Elementen des Thierkörpers, in denen sie liegen, und ernähren durch ihre Assimilation das Thier auch in filtrirtem Wasser, in dem *Hydra fusca* bald verhungert. Mit jeder Theilung der Zellkerne der *Hydra* findet eine Theilung der Zoochlorellen statt. Die Eier der *Hydra* erhalten dieselben vom Mutterkörper, so dass diese Aggregation von Alge und Thier sich erblich erhält. Beyerinck hat die Algenzellen aus dem Thierkörper isolirt und in Gelatine weiter gezüchtet und so ihre Identität mit einer in unseren Gräben auch jetzt noch sehr verbreiteten niederen Alge erwiesen, die er *Chlorella vulgaris* nennt (nach Hansgirg *Protococcus protogenitus*). Nach ihm scheint aber heutzutage eine Synthese, eine Aggregation nichtgrüner *Hydra*-arten mit der *Chlorella* nicht mehr oder nur unter besonderen Umständen stattzufinden. Ebenso ist die grüne, durch Symbiose mit der *Chlorella* gebildete Form des Trompeterthierchens, *Stentor polymorphus*, erblich constant, während bei der grünen (auch in filtrirtem Wasser weiter wachsenden Form des Süsswasserschwammes *Spongilla fluviatilis*, die Symbiose mit *Chlorella* (nach Hansgirg *Protococcus*) *infusionum* (*Zoochlorella parasitica*) noch nicht zur Artbildung gediehen ist, indem hier die Eier noch keine Chlorellen enthalten. Dagegen ist die Symbiose bei dem Strudelwurm *Convoluta Roscoffiensis* noch weiter als bei *Hydra* gediehen. In dem grünen Assimilationsgewebe desselben sind Algen unter fast völliger Aufgabe ihres Charakters als selbständige Organismen zu einem integrirenden Bestandtheil des Thieres herabgesunken, indem sie zwar noch 1—3 Pyrenoide enthalten, aber keine Membran mehr bilden. Unter gewöhnlichen Verhältnissen übt der thierische Körper auf die Entwicklung dieser Algen einen hemmenden Einfluss aus; bringt man aber den Wurm in geeignete

künstliche Nährlösungen, so vermehren sich die Chlorophyllzellen lebhaft, so dass der Wurmkörper ganz dunkelgrün erscheint. (Das Verhältniss der Chlorophyllkörper zu dem thierischen Körper ist hier fast auf dieselbe Stufe herabgesunken, wie das der Chloroplasten in dem Körper der höheren chlorophyllhaltigen Pflanzen. Auch bei diesen findet eine erbliche Uebertragung der sich durch Theilung vermehrenden Chloroplasten, keine Neubildung nach Schmitz und Anderen statt).

In den verschiedensten Uebergängen von gelegentlicher Symbiose bis zur Ausbildung von bestimmten Arten findet sich die Aggregation der Algen, der grünen Chlorellen und der gelblichen Zooxanthellen, mit thierischen Organismen in den verschiedensten Thierkreisen.

Chlorellen finden sich in Symbiose mit Urthierchen (Protozoën) z. B. bei *Paramaecium Bursaria*, *Euglena viridis*, einer grünen Form des Leuchtthierchens (*Noctiluca miliaris*) in der Bai von Birma, bei Schwämmen (Spongien), Hydrozoën, Strudelwürmern.

Zooxanthellen bilden die gelben Zellen bei Gitterthierchen (Radiolarien), Geisselthieren (Flagellaten), Schwämmen, vielen Meereshydrozoën und Seeanemonen, gewissen Stachelhäutern, Moosthierchen und Würmern. Während die Algen in allen diesen Fällen die Assimilation von Kohlensäure unter Einwirkung des Sonnenlichtes zu Gunsten der Thiere vollziehen, dürften nach den Untersuchungen Beyerinck's die Thiere für die Algen die bestimmten Stickstoffquellen liefern, deren sie benöthigt sind.

Ausser den niedersten Vertretern der Algen, den Chlorellen und Zooxanthellen, finden sich noch Vertreter der verschiedensten Algenfamilien im thierischen Körper in allen Uebergängen von Symbionten zu echten Parasiten.

Ein Wimperinfusorium *Tintinnus inquilinus* findet sich regelmässig in der hinten offenen und abgestutzten Hülle von Arten der Kieselalge *Chaetoceros*, deren Zellketten sehr lange hohle, mit dem Zellinneren communicirende chlorophyllhaltige Hörner bilden. Die Richtung und Gestaltung dieser Hörner ist bei manchen *Chaetoceros*-arten in Anpassung an die Symbiose in bestimmter Weise abgeändert. Nach Famintzin werden die *Tintinnus*-formen, die sonst ausserordentlich leicht an jeder Schleimmasse, z. B. an der Oberfläche von Radiolarien, zu Hunderten ankleben und dann zu Grunde gehen, durch die Symbiose vor dem Ankleben geschützt und können sich zwischen den genannten Kieselalgen ohne Gefahr

bewegen. Umgekehrt finden sich Arten von *Dactylococcus* (*D. Hookeri*, *D. De Baryanus*) nach Reinsch epizoisch auf Hüpferlingen, *Cyclops*, z. B. *Cyclops bicaudatus*. „In unglaublicher Menge,“ sagt Reinsch, „findet sich jedes Frühjahr in Gräben, die, von *Sphagnum* umsäumt, an der Ostseite des Bischoffsees bei Erlangen im Walde sich erstrecken, dieser *Cyclops*, wohl jedes Thierchen mit einer grösseren oder kleineren Anzahl Pflänzchen bewachsen. Jedes aus dem Graben geschöpfte Liter Wasser enthält Hunderte dieser Thierchen, von denen die am dichtesten bewachsenen schon mit blossem Auge durch die grünliche Färbung kenntlich sind. Zunächst beobachtete ich den *Dactylococcus De Baryanus* wieder, auf einer anderen, etwas kleineren *Cyclops*art wachsend, in Gräben des Waldgebietes wenige Meilen westlich vom Süde des Michiganssees und darauf in dem Röhrenwasser der Stadt Boston, welches vom Cochituasee mittelst eines Druckwerkes herbeigeleitet wird. Am 20. Juni waren die meisten der untersuchten Thierchen (*Cyclops bicaudatus* und eine *Lepidurusspecies*) an dem letzteren Orte mit dem *Dactylococcus* besetzt . . .“ Reinsch vermuthet, dass diese epizoischen Algen, deren Schwärmer sich in amöboider Form an die Krebschen festsetzen, ihnen aber keineswegs schaden, auch im mittleren Deutschland im April und Mai überall anzutreffen seien.

Nicht den lebenden Körper, sondern die Kalkschalen der Mollusken bewohnen viele Algen und Flechten (auch Bakterien) in völliger Anpassung an diese kalkhaltige Nahrung (auch die Erosionen des Schildkrötenpanzers bewirkt eine denselben bewohnende Alge, *Dermatophyton radicans*). In einigen Fällen scheint es sich aber auch hier um Symbiose mit gegenseitiger Förderung zu handeln. So erblickt v. Lagerheim in den durch *Trichopilus Neniae* verursachten grünen Flecken der Schneckenhäuser der tropischen und subtropischen *Nenia*arten, die an denselben regelmässig vorkommen, eine schützende Aehnlichkeit, wie bei dem dicht mit Algen bedeckten Meereskrebs *Hyas*. Auch das erörterte Vorkommen von *Dactylococcus* auf *Cyclops* dürfte für den letzteren eine derartige Bedeutung haben. Durch Symbiose erreichen diese Thiere dasselbe wie z. B. die merkwürdigen australischen Algenfische *Phyllopteryx*, z. B. *Ph. eques* — Verwandte des gemeinen Seepferdchens — durch Mimikry. Die Körpergestalt dieses Fisches hat vollständige Aehnlichkeit mit gewissen grösseren Tangen (etwa einem Ast von *Fucus* etc.) angenommen. Aehnlich verhalten sich viele Schnecken mit algenähnlichen Anhängseln, die in den Tangwäldern

des Meeresbodens leben, z. B. die Baumschnecke *Dendronotus arborescens* (während es sich bei dem Angelfisch *Lophius naresi* mit seinen algenähnlichen Anhängseln mehr darum handeln dürfte, dass er sich vor seiner Beute verbirgt, um ihr besser auflauern zu können). Einige Meereskrabben, z. B. *Maja verrucosa*, *Pisa tetraodon*, *Inochus scorpoides* und *Stenorrhynchus longirostris*, schneiden mit ihren Scheeren Stücke von Tangen ab und befestigen sie auf die obere Seite des Kopfbrustpanzers an angelförmigen Haaren, wo sie in kürzester Zeit fest wachsen. Auch hier hilft die Maskierung den Thieren, der Ortswechsel den Tangen.

§ 35. Die Flechten oder Algenpilze (*Lichenes*), jene Bewohner der Felsen, Baumrinde oder Erde, welche lange Zeit von den Systematikern als grosse selbständige Abtheilung der niederen Kryptogamen (*Thallophyten*) neben den Pilzen und Algen betrachtet wurden, stellen nach unseren heutigen Kenntnissen Aggregationsarten dar, die durch eine sehr enge Symbiose einen Bund bestimmter Pilze, hauptsächlich der *Ascomyceten*, seltener der *Basidiomyceten*, mit Algen der verschiedensten Abtheilungen darstellen. Während in wenigen Fällen das Pilzelement des Flechtenkörpers auch für sich, ohne die Algen, zu leben und zur Fortpflanzung zu gelangen vermag, ist bei den meisten Flechten die Symbiose so weit fortgeschritten, dass die aus den Sporen auskeimenden Pilzhyphen über die ersten Entwicklungsstadien nicht hinauskommen, wenn sie nicht die geeigneten Algen finden, mit denen sie den Flechtenbund schliessen können, während die Algen auch ausserhalb des Flechtenkörpers frei zu leben vermögen. Zwar findet bei den Flechten eine erbliche Erhaltung des Bundes der beiden Theile statt — in den pilzumspinnenen Gonidienhäufchen, den *Soredien* —, doch erhält bei den bekannten Flechten die Spore nichts von den Algenzellen mit (wie dies bei dem Ei der *Hydra* der Fall war), es muss vielmehr bei der Fortpflanzung durch Sporen immer von neuem eine Zusammensetzung des Flechtenkörpers aus den Keimhyphen und den Algen stattfinden. Die Förderung ist eine gegenseitige bei den Elementen der Flechten: der Pilz saugt die Luftfeuchtigkeit auf, so dass die Alge, geschützt durch die Rindenschicht, stets die ihr unentbehrliche Wassermenge vorfindet, die Alge nährt durch ihre Assimilation den Pilz. Des Näheren stellt sich Beyerinck auf Grund seiner Culturversuche

bei gesonderter Reincultur des Pilzes und der Alge bei *Physcia parietina* den Doppelparasitismus so vor, dass die Alge von dem Pilz Peptone erhält und diesem dafür Zucker zurückgibt. Der Ascomycet ist (bei *Physcia*) ein Ammonzuckerpilz. Zucker und Ammonsalz erzeugen neben dem Pilzprotoplasma und innerhalb desselben Peptone, welche nach aussen diffundiren und zusammen mit der Kohlensäure das Wachstum und die Zuckerbildung der Alge ermöglichen. Die Flechten vermögen in dieser Genossenschaft auf trockenen Felsen und auf anderer unorganischer Unterlage zu gedeihen. Man bezeichnet sie als die Pioniere des Pflanzenreichs, da sie durch Ausscheidung von Säuren das härteste Gestein zernagen und verwittern helfen und so die erste Erdrinde bilden, auf der zuerst Moose und Farne, zuletzt höhere Pflanzen zu leben vermögen. Besondere Anpassungen an die chemische Zusammensetzung zeigen die Kalkflechten, die E. Bachmann in epilithische und endolithische einteilt. Erstere wachsen mit ihrem aus Rinden-, Gonidien-(Algen-) und Markschrift bestehenden Thallus auf dem Kalk; im Kalk finden sich nur Wurzelhyphen. Die letzteren dagegen entwickeln auch ihren Thallus im Gestein. Auch die Früchte, die Apothecien, entwickeln sich zunächst im Gestein, das sie erst vor der Sporenreife durchbrechen. Diese Kalkflechten (z. B. *Staurothele rupifraga*, *Sarcogyne pruinosa*, *Jonaspis melanocarpa*, *Sporodictyon clandestinum*, *Aspicilia flavida*, *Amphoridium Hochstetteri*, *Lecidea coerulea*), welche mehrere Millimeter tief unter dem Gestein wachsen, zernagen das Gestein nach den eingehenden Untersuchungen Bachmann's an 14 endolithischen und 5 epilithischen Arten. (Früher glaubte man, dass die Kalkdecke eine Ausscheidung der Flechten sei.)

§ 36. Die Algen des Flechtenbundes, die „Flechtgonidien“, gehören meist je nach der Flechtenspecies einer bestimmten Algenart an. Nach der Zugehörigkeit der Gonidien theilt man die Flechten ein in:

1. Archilichenen (die Algen gehören den Palmellaceen an). *Cystococcus humicola* bildet die Gonidien z. B. bei *Physcia*, *Parmelia*, *Usnea*, *Bryopogon*, *Evernia*, *Cladonia*; *Pleurococcus vulgaris* bei *Endocarpon pusillum*, *Thelidium minutulum* etc.; *Stichococcus bacillaris* bei *Polyblastia rugulosa*; *Dactylococcus infusionum* bei *Solorina*, *Nephroma*, *Psoroma*.

2. Sclerolichenen (die Algen gehören zu den Cladophoraceen

Trentepohlia und Chroolepus). Die an Baumrinde häufige Trentepohlia umbrina liefert die Gonidien für die Schriftflechten (Graphis, Opegrapha etc.), Verrucaria nitida, Roccella phycopsis etc., Trentepohlia Jolithus, die Veilchenalge der Gebirge, für Gyalecta cupularis, Trentepohlia flava für Byssocaulon niveum, Coenogonium Linkii, Trentepohlia villosa für Coenogonium confervoides, Ulothrix (Hormidium) für Sticta glomulifera. Auch die Gattungen Roccella, Lecanora, Aspicilia, Lecidia, Jonaspis, Arthonia u. a. gehören hierher.

3. Phycolichenen (Algen: Nostocaceen: Nostoc, Polycoccus): Collema, Leptogium, Peltigera, Stereocaulon.

4. Gloeolichenen (Algen: Chroococcaceen): Cora, Synalissa, Pyrenopsis, Omphalaria, Enchylum, Stereocaulonarten (Cephalodien), Verrucaria halodytes (Alge Gloeocapsa crepidinum).

5. Byssolichenen (Algen: Sirosiphoneen, Rivulariaceen, Scytonemaceen). Die Sirosiphoneen Stigonema und Sirosiphon liefern die Gonidien für Ephebe pubescens, Spilonema paradoxum, Lichensphaeria Lenormandi, die Rivulariaceen Calothrix pulvinata und C. scopulorum bei Lichina confinis, Rivularia nitida bei Lichina pygmaea, Scytonemeeen bei den Hymenolichenen Rhipidonema, Diotytonema, Laudatea und den Ascomyceten Pannaria triptophylla (Scytonema Kuetzingianum), Heppia, Erioderma, Porosecyphus.

6. Nematolichenen mit rein grünem confervaceenartigen Algenelement sind die Gattungen Coenogonium und Cystocoleus. Die auf Blättern von Mangobäumen, Croton, Rhododendron, Thea, Camellia, Farnen parasitierende Mycoidea parasitica und das verwandte Phyllactidium werden gleichfalls öfter von Pilzhyphen umwuchert, die damit eine blattbewohnende Apothecien und Spermarien bildende Flechte (Opegrapha filicina etc.) bilden.

Nahe verwandte Flechten haben oft die gleiche Alge zur Gonidienform; doch finden sich auch Fälle, in denen Arten derselben Flechtengattung Gonidien verschiedenen Ursprungs haben wie bei Pannaria flabellosa (Scytonemeeen), P. rubiginosa und plumbea (Chroococcaceen), P. brunnea (Nostoc), P. hypnorum (Palmellaceen).

Innerhalb derselben Flechte können sich verschiedene Species von Algen vertreten oder auch neben einander vorkommen. So hat Bonnier bei ein und derselben Parmelia Protococcus viridis durch P. botryoides und selbst durch Trentepohlia Jolithus ersetzt, die Sporen von Physcia parietina keimen sogar auf den Protonemafäden zweier Moose (Hypnum cupressiforme und

Mnium hornum). Bornet constatirte in der *Pannaria muscorum* 2 Algen, *Scytonema* und *Gloeocapsa*, bei *Lichina confinis* *Rivularia* und *Gloeocapsa*, bei *Heppia urceolata* gelbgrüne *Palmellaceen* neben blaugrünen Algenzellen und auch bei *Sticta glomulifera* eine *Palmellacee* neben *Nostocschnüren*. Gebilde, in welchen andere Gonidien als die für die betreffende Flechtenspecies normalen auftreten, heissen *Cephalodien*. Forsell hat für ca. 100 Flechtenspecies aus 12 Gattungen *Cephalodienbildung* nachgewiesen, besonders häufig z. B. in den *Cladonien* und *Stereocaulonarten*, wie auch bei *Lecidea*, wo in den *Cephalodien* zweierlei Algen (*Gloeocapsa* und *Stigonema*) gonidienbildend auftraten.

Die Beeinflussung der Algen bei der ersten Gonidienbildung ist eine sehr verschiedene. Bei den Flechtengattungen *Coenogonium*, *Ephebe*, *Spilonema*, *Lichenosphaeria* bleiben die Algen in ihrer Formgestaltung fast unbeeinflusst; der Pilz begleitet in dichtem Geflecht den Algenkörper, entweder eine dichte Hülle um denselben bildend oder nur die Algenfäden in ihrer Gallerthülle begleitend. Bei diesen Arten wie bei den *Collema* ist die Alge das formbestimmende Element. Alfred Möller fand, dass die in Brasilien vorkommenden *Hymenolichenen* (Flechten mit Basidienfructification), die den Gattungen *Cora*, *Dictyonema*, *Laudatea* zugerechnet werden, alle durch denselben Pilz, eine auch frei vorkommende weisse *Telephora*, gebildet werden. Trifft letzterer auf *Chroococcus*, so bildet er *Cora*, trifft er auf *Scytonema*, so bildet er je nach der Unterlage *Dictyonema* oder *Laudatea*. Man kann den Pilz in unmittelbarem Zusammenhang mit der Flechte *Cora* finden, ebenso diese mit *Dictyonema* und *Laudatea*.

Fast gleich betheiligt sind Alge und Pilz bei den Schriftflechten; während in der Mehrzahl der Flechten das Pilzelement das Uebergewicht hat und die Algen zu kaum mehr als solche zu erkennenden Formelementen des Flechtenkörpers werden.

Von der echten Flechtenbildung finden sich die mannigfaltigsten Uebergänge zur blossen Cohabitation der Algen und Pilze. Durch *Polyporeen*, *Telephoreen*, *Pezizaceen* lassen sich manche Algen in ihrer Formgestaltung beeinflussen, so wird die Alge *Stichococcus bacillaris* auf manchen holzigen Löcherschwämmen in derselben Weise beeinflusst wie in dem Flechtenthallus der *Calicieen* (sie wird zur var. *fungicola*). Dem von A. Möller entdeckten Fall, in dem ein und derselbe Pilz bald frei, bald flechtenbildend auftritt, schliessen sich noch eine Reihe anderer Fälle an.

Vermuthlich finden sich unter den Calicieen und anderen jetzt zu den Pezizaceen gestellten Pilzen viele Arten, welche facultative Flechtenbildner sind und Rehm führt in Rabenhorst's Kryptogamenflora viele früher zu den Flechten gestellte Pilze auf, die — im Uebrigen echten Flechtenarten gleich — der Gonidien entbehren und saprophytisch oder parasitisch leben (vgl. Rabenhorst, I. Bd., III. Abth., p. 383 ff.). H. Zukal hat weiter eine Anzahl von „Halbflechten“, Pilzen, die bald frei, bald im Bund mit Algen auftreten, beschrieben, so *Paruephaedria Heimerlii*, einen Verwandten von *Bulgaria* und *Gloeopeziza Rehmii* auf Lebermoosen, *Nectria phyco-phila* auf der Alge *Hypheothrix Zenkeri*.

§ 37. Symbiose der Nostocaceen mit höheren Pflanzen. Das regelmässige Vorkommen von Nostocaceen in gewissen höheren Pflanzen wird von Vielen als ein Raumparasitismus betrachtet, doch hat Prantl gefunden, dass die Nostocaceen freien Stickstoff in sich aufnehmen, dessen Verbindungen durch Haarbildungen der höheren Pflanzen aus dem Nostoc aufgenommen werden dürften. Auch den Algen kommen nach Beyerrinck gewisse Stoffe der Pflanze zu Gute. Die am Besten bekannten Fälle dieser Art von Symbiose der Nostocaceen finden sich bei *Gunnera*, *Cycas*, *Azolla* und Lebermoosen (*Blasia*, *Anthoceros*).

Nostoc Gunnerae findet sich ganz regelmässig im Stamm und Rhizom von *Gunnera scabra* und *G. macrophylla*. Die Vertheilung der blaugrünen Algennester, welche von der Knospe aus stattfindet, entspricht der Vertheilung der Schleim ausführenden Drüsen.

Anabaena Azollae findet sich allenthalben an der in Botanischen Gärten überall cultivirten und von hier aus verwilderten kryptogamischen Gefässpflanze *Azolla caroliniana*, und zwar überall an ganz bestimmten Stellen dieser Schwimmpflanze. Die Azollablätter bestehen aus einem oberen fleischigen, schwimmenden und einem unteren häutigen, untergetauchten Lappen. Der erstere besitzt im Innern eine weite von der *Anabaena* bewohnte Höhle, die in eine enge Oeffnung der Innenfläche mündet. Die Innenwand der Höhlung sendet verzweigte Haare zwischen die geschlängelten Perlschnurfäden der Alge. Mit gleicher Regelmässigkeit findet sich nach Reinke die *Anabaena Cycadearum* in den Intercellularräumen der Cycadeenwurzeln (*Cycas*, *Ceratozamia*, *Dioon*, *Encephalartos*), und zwar zwischen zwei mittleren Schichten der Periblemrinde, die hierdurch zu eigenthümlichen

schlauchförmigen Ausstülpungen veranlasst werden. Die Alge bildet zwischen diesen Schläuchen dichte Polster. Schon mit bloßem Auge kann man beim Durchschneiden der gabelig verzweigten Wurzelbüschel irgend einer Cycadee unserer Gewächshäuser die Algenpolster als tiefblaugrüne Streifen durch das Gewebe sich hinziehen sehen. Im Querschnitt bilden dieselben einen die Rinde halbirenden Kreis, im Längsschnitt zwei dem Scheitel sich nähernde gefärbte Curven, die von ähnlicher Gestalt wie die Curven der benachbarten Rindenzellreihen sind. Die blaugrünen Streifen bestehen aus palissadenförmig gestreckten Parenchymzellen, zwischen denen sich zahlreiche in einander geflochtene Perlschnüre der Anabaena hinziehen. Die Bildung der palissadenförmigen Zellschicht in der Mitte der Rinde ist von der Anwesenheit der Alge abhängig.

Andere symbiotische Algen finden sich nach Reinke in den einzelligen Fäden der Alge *Derbesia Lamourouxii* (*Entocladia viridis*) und nach Kny bei verschiedenen Florideen. Die Zahl der bekannten Algen von endophytischer Lebensweise beträgt etwa 100.

Besondere Räume, Domatien, für die Algengäste, wie bei *Azolla*, finden sich auch bei Lebermoosen, so auf der Unterseite des Thallus der Anthoceroteen und in den sogen. Blattohren von *Blasia pusilla*, in denen der *Nostoc lichenoides* lebt. Dagegen führt *Trentepohlia endophytica* in den Geweben der Jungermanniaceen eine rein parasitische Lebensweise, indem sie die Zellen tödtet. Aehnlich wie die Nostocaceen finden sich Räderthierchen (*Callidina symbiotica*, C. Leitgebii), nach Zelinka, Kerner und Delpino, in regelmässiger Symbiose mit gewissen Lebermoosen, z. B. *Radula complanata*, *Lejeunia serpyllifolia*, *Frullania dilatata* und *Frullania Tamarisci*. Bei allen untersuchten Exemplaren von *Lejeunia* und *Frullania*, selbst bei solchen aus Neu-Seeland, hat Zelinka Räderthierchen vorgefunden. Es ist aber immerhin fraglich, ob sich dieselben in der behaupteten Regelmässigkeit vorfinden. Ich habe im Frühjahr 1892 um Greiz mehrfach *Frullania* gesammelt, um die Räderthierchen aufzusuchen, aber nirgends ein solches gefunden.

Beeinflussung der Pflanzenwelt durch Gallthiere (Cecidiologie).

§ 38. Durch directe Beeinflussung bewirken die Gallthiere (Nematoden, Milben, Insecten der verschiedenen Abtheilungen) Bildung, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen.

dungen seitens des Pflanzenplasmas, welche nicht allein den einzelnen Thierformen entsprechend bestimmt sind in Form, Farbe und Bau, sondern auch ganz bestimmte Anpassungen an die Einzelthiere darstellen. In den meisten Fällen scheint es, als ob die Thierwelt hier der Pflanzenwelt einen bestimmten Tribut abgerungen hätte, nur in wenigen, am Schluss dieses Kapitels zu erörternden Fällen kann man nach unseren bisherigen Kenntnissen von einer Gegenleistung seitens der Gallen erzeugenden Thiere reden. Sehen wir hier von den gleichfalls als Gallen bezeichneten Missbildungen der normalen Pflanze durch Pilzparasiten ab, so versteht man unter Gallen, Cecidien, die Auswüchse der Pflanzenorgane nach der Eiblage seitens gewisser Thiere, welche den aus den Eiern entschlüpfenden Thierlarven zur Wohn- und Nahrungsstätte bereitet werden.

Die Urheber der Pflanzengallen sind (ausser den Pilzen und Algen, welche die Mycocecidien und Phycocecidien bilden) in der Hauptsache Würmer (Helminthoecidien), Milben (Phytoptocidien), Zweiflügler (Dipterocecidien), Hautflügler (Hymenopterocecidien), Läuse etc.

Ihrer Gestalt nach hat man die Gallen eingetheilt in Filzgallen, Mantelgallen, Markgallen und zusammengesetzte Cecidien. Nach Kerner von Marilaun können die Gallbildungen vom botanischen Standpunkt aus etwa in folgender Weise charakterisirt werden.

1. Filzgallen (meist durch Gallmilben, Phytoptus, verursacht) bilden scharf umgrenzte, pelzige oder filzige Wucherungen an Blättern und Stengeln entweder in Form von Schöpfen und Rüschen, oder Leisten und Striemen, oder ausgedehnter Flecken (gewöhnlich der Unterseite der Blätter). Bildungen der letzteren Art finden sich z. B. an den Blättern von Geum, Vitis, Juglans in grubigen Vertiefungen der Blattspreite. Vielfach erinnern diese Filzgallen an Pilzbildungen, und wurden früher als solche unter den Namen Erineum und Phyllerium beschrieben, so die weissfilzigen Flecke der Blätter der Buchen, Linden, Brombeeren, Rosaceen, Ahornarten, die orangerothten bis gelben von *Alnus glutinosa* und *Populus nigra*, die rothen und violetten bei *Populus tremula*, *Betula alba*, *Fagus silvatica*, die braunen der Rosskastanie u. s. w.

2. Mantelgallen heissen die Umgestaltungen normaler Pflanzentheile, welche Hohlräume zum Schutz der Gallenthiere bilden. Zu ihnen gehören die Rollgallen, die in Einrollungen von Blät-

tern und Blattstielen ihre Urheber (Milben, Blattläuse, Blattflöhe, Fliegen) beherbergen, häufig aus verdickten, aussen rothen Gewebepartien bestehen (z. B. bei den Alpenrosen, Storchschnabelarten, Melden, Geissblattarten, dem Kreuzdorn, bei letzterem durch *Trioxa Rhamni* verursacht). Die Stulp gallen oder Ausstülpungsgallen bilden Ausstülpungen (durch Milben, Blattflöhe, Zweiflügler verur-



Fig. 8.

A Deckelgallen: a am Zweige von *Duvalia longifolia*, durch *Cecidosis Eremita* erzeugt; b Längsschnitt durch eine dieser Gallen mit abgefallenem Deckel. — B: a Kapselgallen auf dem Blatte von *Quercus austriaca* durch *Cecidomyia cerris*; b eine solche Galle im Durchschnitte mit feststehendem Deckel und c nach Abfallen des Deckels. — C: a Kapselgallen auf einer Blatthälfte der grossblättrigen Linde, durch *Hormomyia Reaumuriana* verursacht; b Längsschnitt durch eine der Gallen, im Innern die Made zeigend; c Längsschnitt durch eine Kapselgalle, aus der eben die Innengalle hervortritt; d Aussengalle nach dem Ausfallen der Innengalle; e Innengalle im Moment des Abfallens des Deckels. A, B, C nach v. Kerner, Pflanzenleben II, p. 526 u. 532.

sacht) entweder in der Form von Falten (z. B. bei *Carpinus Betulus* durch *Phytoptus*) oder von Runzeln (Runzelgallen bei Ulmenblättern durch *Schizoneura Ulmi*, bei der Johannisbeere durch *Myzus Ribis*, bei *Hieracium Pilosella* durch Blattflöhe), Köpfchen (Cephalonien), Taschen oder Hörner (Ceratonien). So verursachen *Tetraneura Ulmi* bei Ulmen, Milben bei *Prunus spinosa* Beutel-

gallen oder Nagelgallen. Umwallungsgallen finden sich z. B. an der Ulme (durch *Tetraneura alba*), Esche (*Cecidomyia acrophila*), Erle (*Cecidomyia Alni*), Brennnessel (*Cecidomyia Urticae*). Umwallungsgallen besonderer Art stellen auch die schraubigen Anschwellungen des Blattstieles von *Populus nigra* (durch *Pemphigus spirotheca*) und die kugeligen, zuletzt durch seitliche Mündung sich öffnenden Anschwellungen des Blattstieles der Pyramidenpappeln dar.

3. Markgallen stellen Anschwellungen an Pflanzentheilen dar, die durch Insecten verursacht werden und innerhalb der Rinde ein besonderes Gewebe, das Gallenmark bilden, das den Larven zur Nahrung dient und sich an den abgeweideten Theilen immer rasch wieder von Neuem bildet.

Die noch später zu erwähnende äussere Aehnlichkeit zwischen Gallen und Früchten gestattet eine Eintheilung der Markgallen in beerenartige, steinfruchtartige, apfelartige, nussartige, kapselartige etc. Beerenartige Gallen erzeugt z. B. die Gallwespe *Andricus Grossulariae* an den männlichen Blüthen von *Quercus*, rothe saftige Gallen ganz vom Aussehen der Johannisbeeren. Der Steinfrucht gleichen die rothen kegelförmigen Gallen der *Hormomyia Fagi* auf Buchenblättern, die ähnlich wie erstere im Innern eine dem Steinkern vergleichbare Hartschicht besitzen; ähnlich verhalten sich die durch *Aulax* verursachten Gallen an den Fruchtknoten von *Salvia officinalis* und anderen Labiaten. Die kirschenähnlichen, kugeligen, grünen, durch *Aphilothrix globuli* verursachten Eichenknospengallen bestehen aus einer äusseren fleischigen Schale, deren Fleisch in Folge ihres Gehaltes an Pflanzensäuren und Zucker nicht unangenehm schmeckt, und einer kugeligen Innengalle, welche die geräumige Larvenkammer sammt dem Nahrungsgewebe und der Steinzellenbekleidung enthält. Die Steinzellenschicht verleiht der am Boden überwinternden Larve den nöthigen Schutz, während das Gallenfleisch, das bald nach dem Abfallen der Galle vom Baum abstirbt, eine sehr hygroskopische Masse bildet, welche die jugendliche Larve vor dem Austrocknen schützt. Apfelähnliche Gallen sind z. B. die Weidenäpfelchen (durch *Nematus gallarum*), Rosenäpfelchen (durch *Rhodites Eglanteriae*), die Galläpfel der Eichen. Andere Gallen erinnern an Trockenfrüchte, so die an der grünen Rinde der Eichenzweige durch *Aphilothrix Sieboldi* erzeugten Gallen (nach Kerner) an Früchte von *Metrosideros*arten, die durch *Neuroteros lanuginosus* und *Spathogaster tricolor* erzeugten Eichenblattgallen an die Schliessfrüchtchen von *Asperula odorata* und

Galium Aparine, die durch *Neuroterus fumipennis* und *numismaticus* erzeugten Hemdknopfgallen der Eichenblätter an die Früchte von *Omphalodes*. Zu den wunderbarsten, an Kapselfrüchte erinnernden Gallen gehören die der australischen *Brachysceliden* (einer Familie der Schildläuse) auf den *Eucalyptus*arten und der *Euphorbiacee* *Beyeria opaca*. Männchen und Weibchen erzeugen hier verschiedene Gallformen. So erzeugt nach Tepper bei *Brachyscelis urnalis* auf *Eucalyptus gracilis* das Weibchen mohnkapselartige, 18—25 mm lange, vasenähnliche Kapselgallen (während die kleinen, nur 2 bis 3 mm langen Gallen der zugehörigen Männchen röhrenförmig sind). Bei *B. munita* bildet das Weibchen auf *Eucalyptus leucoxylo*n grosse Kapselfrüchte mit vier kammartigen Rippen, die in lange (oft mehrere Zoll lange), gekrümmte Hörner auslaufen (die Gallen der Männchen sind eng, röhrenförmig, klein). Wieder anders gestaltet, auch verschieden gefärbt sind männliche und weibliche Gallen bei *Brachyscelis regularis*, *B. conicoides*, *B. calycina*, *B. Neumannii*, *B. strombylosa*, *B. oviculoides*, *B. glabra*, *B. ellipsoidalis* etc. Von besonderem Interesse sind die Gallen, welche sich manchen Kapselfrüchten gleich durch einen regelmässig gestalteten Deckel öffnen. So erzeugt auf den Blättern der südamerikanischen *Anacardiacee* *Duvalia longifolia* ein Schmetterling, *Cecidosea Eremita* grosse kugelige Markgallen, welche durch einen kreisrunden Pfropfen mit vorspringendem Rande sich öffnen, worauf ein kreisrundes Loch für die ausschöpfende Larve entsteht. Die Gallen der Mücke *Cecidomyia Cerris* auf *Quercus Austriaca* bilden vor der Verpuppungsreife der Larve ein geschlossenes Gehäuse, das auf der oberen Blattseite als kleiner, mit Spitze versehener Kegel nach der unteren zu als Scheibe mit einem Rasen dichtgedrängter Haare sich erhebt. Vor der Verpuppung der Larve fällt die mit Haaren besetzte Scheibe der Blattunterseite als Deckel ab und die Larve fällt zur Erde, um sich hier zu verpuppen. Auch andere Kapselgallen verhalten sich ähnlich. In anderen Fällen wird seitens der gallbildenden Pflanze dem Gallenthier ein Ausgang wenigstens vorbereitet, so bei den Buchengallen der *Hormomyia Fagi* durch einen klappenartigen Verschluss, bei den Gallen der *Diplosis Tremulae* auf Blättern von *Populus tremula*, den durch *Hormomyia Capreae* verursachten Weidenblättergallen etc. Ein besonderes Verhalten, das hier noch erörtert werden möge, zeigt schliesslich eine Form von Gallen, wie sie z. B. durch die Galle der

Hormomyia Reaumuriana auf den Blättern von *Tilia grandifolia* repräsentirt wird. Die Galle erscheint auf der Oberseite des Blattes stumpfkegelförmig, auf der Unterseite halbkugelig. Im Juli scheidet sich dieselbe in eine Aussen- und Innengalle. Die letztere erscheint „wie ein Ei im Eibecher eingesenkt“. Im Hochsommer trennt sich die einem Pfropfen ähnliche längsgefurchte Innengalle völlig und wird durch den Druck des aufquellenden Grundgewebes der kraterförmigen Aussen-galle ausgestossen und fällt zu Boden. Sie nimmt hier dunkelbraune Farbe an und gleicht einer abgefallenen Compositenfrucht. Im Frühjahr aber wird durch die Larve in ihrem Innern eine Ringfurchung ausgefressen, worauf die kegelförmige Gallenspitze als Deckel abgestossen wird. Auch die brasilianische Gattung *Celastrus* verhält sich ähnlich, nur ist bei ihren Gallen die Innengalle mehrkammerig.

Die zusammengesetzten Gallen sind dadurch ausgezeichnet, dass verschiedene aneinandergrenzende Glieder einer Pflanze an ihrem Aufbau betheiligt sind. Zu ihnen gehören die von Kerner als Knoppergallen, Kuckucksgallen und Klunkergallen unterschiedenen Formen.

4. Knoppergallen umfassen mehrere oder alle Glieder eines Sprosses, der dadurch gestaut und verdickt erscheint und innen von einer Markschicht umgebene Larvenkammern enthält. Bald sind bei ihnen die Blätter in Höcker, Zacken und Kolben umgewandelt, bald tragen die Gallen schuppenförmige Hochblätter oder mehr oder minder entwickelte Laubblätter. Die ersteren sind Kerner's blattlose Knoppergallen, die durch besondere Schutzmittel gegen ihre Insassen, die Gallwespenlarven, ausgerüstet sind. Zu ihnen gehören die durch *Cynips polycera* verursachten, auf den Blattknospen entstandenen Knoppergallen der Eichen, die in der Form an die jungen Früchte einer Mispel erinnern und vier bis fünf abstehende starre Zacken auf einem fruchtknotenartigen Theile tragen (mit Aussen- und Innengalle), die in der Form einer Cypressenfrucht ähnlichen Knopperrn der Eichenblattknospen, welche durch *Cynips Hartigii* veranlasst werden (mit einkammeriger Innengalle), die von zahlreichen Leimspindeln besetzten Eichenknospengallen der *Cynips lucida*, die Schwammgallen am Ende der Eichenzweige durch *Teras terminalis* verursacht. Zu den beblätterten Knoppergallen zählen die durch *Aphlothrix gemmae* verursachten Zapfen-

gallen der Eichenknospen, die den Lärchenzapfen gleichen (Aussen- und Innengalle), Gallen der *Potentilla argentea* durch *Diastrophus Mayri*, des *Cirsium arvense* durch *Urophora Cardui*, der Hieraciumarten durch *Aulax Hieracii*. Blumenblätter sind betheiligte bei den rothen Gallen von *Lotus corniculatus* (durch *Cecidomyia Loti*), den Gallen von *Verbascum* (*Cecidomyia Verbasci*), *Phyteuma orbiculare* (durch *Cecidomyia phyteumatis*).

5. Die Kuckucksgallen oder Ananasgallen sind bleich weisslich, bestehen aus weichem, schwammigem Gewebe und umwallen nur den Grund der Sprosse, während das Ende des Sprosses weiter wächst. Hierher gehören die durch die Blattlaus *Chermes abietis* verursachte Ananasgalle oder Kermesgalle der Fichtenzweige, die Gallen der *Cecidomyia Galii* auf *Galium Mollugo* und anderen Labkrautarten, der *Cecidomyia Asperulae* am Waldmeister, der *Cecidomyia Sisymbrii* bei *Nasturtium palustre*, *Barbareae* etc.

6. Als Klunkergallen bezeichnet Kerner alle die zusammengesetzten Gallen, an welchen durch Häufung eigenartig veränderter, von verkürzten Achsen ausgehender Blätter Nischen und Schlupfwinkel für gallenerzeugende Thiere (Mücken, Blattflöhe, Blattläuse und Milben) hergestellt werden. Hierher gehören die vom Volk als Weidenrosen bezeichneten Blattgebilde, die aus der Laubknospe an den Zweigspitzen der Salweiden hervorgehen und wie die Blätter einer gefüllten Rose angeordnet sind (im Herbst als braune, vertrocknete Gebilde verbleiben). Sie werden durch *Cecidomyia rosaria* verursacht. Aehnliche Bildungen stellen die gleichfalls offenen Rosetten der *Crataegus*arten (durch *Cecidomyia Crataegi* verursacht) dar. Ein knopfförmiges Aussehen haben dagegen die Klunkergallen von *Cecidomyia genisticola* am Färbeginster, der *Cecidomyia Veronicae* bei *Veronica Chamaedrys*, von *Phytoptus* bei *Thymus serpyllum*.

Cecidomyia Taxi auf der Eibe, *Cecidomyia Euphorbiae* auf der Cypressenwolfsmilch, *Hormomyia juniperina* an den Zweigen des Wachholders bilden Klunkergallen. Bei *Juncus* bildet der Blattfloh *Livia Juncorum* quastenförmige Gebilde, denen sich weiter die an Zöpfe und Hexenbesen erinnernden von *Salix alba*, *Syringa vulgaris*, *Ligustrum* anschliessen, ferner die Formen von Vergrünungen (*Antholyse*) und Blütenfüllung, von blumenkohlartigen Bildungen, von denen erstere bei *Cerastium*, *Lychnis* etc., bei *Valerianella*, letztere z. B. bei den Eschen vorkommen. Diese durch *Phytoptus* verursachten Gebilde erinnern so sehr an den

Blumenkohl und ähnliche Culturformen, dass Kerner meint, dass auch die letzteren Bildungen der *Brassica oleracea* ursprünglich durch Gallmilben verursacht worden sind.

§ 39. Die Ursache der Gallbildungen seitens der Pflanze zu ermitteln, ist von hohem Interesse; handelt es sich doch um Abänderungen der typischen Pflanzengestalt, um tiefgehende Abweichungen von dem ursprünglichen Bauplan, zu denen die Pflanzenorgane von aussen gezwungen werden, die bei gleicher Ursache immer wieder in derselben Form auftreten, ohne dass die Bildungsweise samenähnlichen Gebilden erblich übertragen wird, um Einflüsse, die aber gelegentlich erblich inhärente Eigenschaften der Pflanzenwelt erzeugen können oder erzeugt haben (man könnte z. B. bei den Acarodomatien daran denken, wie bei blumenkohlartigen Bildungen, gefüllten Blumen etc.). Werden doch durch diese Ursachen ähnliche Umgestaltungen, Metamorphosen, der pflanzlichen Organe hervorgerufen, wie sie im normalen Verlauf der Pflanzenentwicklung, z. B. bei der Ausgestaltung der Hochblatt- und Blütenblattkreise aus den Laubblättern zu Stande gekommen sind. Darwin hat dem Gallenwachsthum vieles Nachdenken gewidmet, wie Beyerinck in seinem klassischen Werke „Beobachtungen über die ersten Entwicklungen einiger Cynipidengallen“ (Amsterdam 1882) hervorgehoben hat, da die Gallbildung eine besondere der experimentellen Forschung zugängliche Aeusserung der unbekanntem allgemeinen Wachsthumsgesetze ist. Darwin hatte die feste Ueberzeugung, dass die Gallen nicht durch mechanischen Eingriff der Gallthiere, sondern durch einen von denselben abgesonderten Stoff hervorgerufen werden, glaubte jedoch, dass die Mutterwespe diesen Stoff absonderte. Auch Hofmeister, Paget und Andere wiesen darauf hin, dass flüssige, die Zellwände auf erhebliche Distanzen durchdringende Ausscheidungen der Thiere bei der Gallbildung die Hauptrolle spielen. Aber erst die eingehenderen Untersuchungen von Fr. Thomas, Frank und Anderen und besonders auch von Beyerinck haben überzeugend dargethan, dass die Ursache der Gallbildung weder von dem Mutterthier, noch von dem Ei, sondern erst von der jugendlichen Larve ausgeht, die Larvenbildung der Gallbildung vorausgeht, und zwar scheint es fast erwiesen, dass die vom leben-

den Thiere ausgeschiedenen Stoffe in die Gruppe der unformten Fermente oder Enzyme gehören. Handelt es sich hier in der That um spezifische Enzyme, welche das Protoplasma der Pflanze zu neuer Thätigkeit, zum Aufbau bestimmt geformter Gewebe anregen, so dürfte auch, wie dies manche Botaniker annehmen, die Grundursache der Organbildung im normalen Organismus, die individuelle Metamorphose auf das gesetzmässige Auftreten bestimmter Enzyme (blüthen-, fruchtbildende Enzyme etc.), die locale Variation auf das Auftreten neuer Enzyme zurückzuführen sein (vgl. auch die später zu erörternden Wurzelbildungen durch das Enzym der Larve von *Hormomyia* Poae).

§ 40. Die Form der Gallen ist in erster Linie von den Gallthieren abhängig, so dass jeder Thierform spezifische Wirkungen zuzuschreiben sind. Es bilden die einzelnen Arten selbst derselben Gattungen auf ein und derselben Pflanze ganz verschiedene Gallformen (vgl. z. B. die Eichengallen der Cynipiden). Bei Gallthieren, die auf mehreren Pflanzen vorkommen, können aber auch die Gallbildungen differiren, so dass die besondere Constitution des Protoplasmas der Pflanze ein weiterer Factor bei der Bestimmung der Gallform ist. Der Act der Gallbildung erinnert in vieler Hinsicht an die der Befruchtung und Fruchtbildung oder an die Flechtenbildung durch Pilz und Alge. Bei den Flechten können neben den normalen Symbionten andere Pilze oder andere Algenelemente sich am Consortium betheiligen. In manchen Fällen wird dann die Gestalt des Gesamtwesens verändert. So vermögen auch die Larven der Inquilinen, die in grosser Artenzahl die verschiedenen Gallen heimsuchen, bisweilen das Wachstum der pflanzlichen Zellen zu modificiren.

Nach den Entdeckungen von Walsh, Adler, G. Mayr, denen wir über das Leben und die Entwicklung der Gallwespen das Wichtigste verdanken, findet bei einer Reihe von Cynipiden, besonders der Eiche, eine Heterogenesis statt, indem auf eine geschlechtliche Sommergeneration eine ungeschlechtliche, parthenogenetisch sich fortpflanzende Wintergeneration folgt, von denen jede eine besondere Form von Gallen erzeugt. Die bisher beobachteten Fälle eines solchen Generationswechsels, mit dem auch ein Dimorphismus der Gallen einhergeht, giebt das folgende Verzeichniss. Die sexuelle und parthenogenetische Generation sind dabei so verschieden, dass sie bisher zu verschie-

denen Gattungen gestellt wurden. Das Verzeichniss führt die zusammengehörigen Formen noch unter den besonderen Arten- und Gattungsnamen auf:

Parthenogenetische Generation	Flugzeit	Geschlechtliche Generation	Flugzeit
<i>Aphilothrix autumnalis</i>	April	<i>Andricus ramuli</i>	Juli
<i>A. callidoma</i>	April	<i>A. cirrhatus</i>	Juni
<i>A. collaris</i>	April	<i>A. curvator</i>	Juni
<i>A. corticis</i>	April	<i>A. gemmatus</i>	Juli
<i>A. gemmae</i>	April	<i>A. pilosus</i>	Juni
<i>A. globuli</i>	April	<i>A. inflator</i>	Juni
<i>A. Malpighi</i>	April	<i>A. nudus</i>	Juni
<i>A. radicis</i>	April	<i>A. noduli</i>	Juli
<i>A. Sieboldi</i>	April	<i>A. testaceipes</i>	Juli
<i>Biorhiza aptera</i>	Dec.	<i>Teras terminalis</i>	Juli
<i>B. renum</i>	Dec.	<i>Trigonaspis megaptera</i>	Mai
<i>B. synaspis</i>	Nov.-März	<i>T. pseudomegaptera</i>	Juni
<i>Dryophanta divisa</i>	Nov.	<i>Spathegaster verrucosa</i>	Mai
<i>D. folii (scutellaris)</i>	Dec.	<i>S. Taschenbergii</i>	Mai
<i>D. longiventris</i>	Dec.	<i>S. similis</i>	April
<i>Neuroterus fumipennis</i>	Mai	<i>S. tricolor</i>	Juni
<i>N. laeviusculus</i>	März	<i>S. albipes</i>	Juni
<i>N. lenticularis</i>	März	<i>S. baccharum</i>	Juni
<i>N. ostreus</i>		<i>S. furunculus</i>	
<i>N. numismatis</i>	April	<i>S. vesicatrix</i>	Juni
<i>Pediaspis Sorbi</i>	April	<i>Bathyaspis aceris</i>	Juli

Von diesen Arten erzeugt *Bathyaspis aceris* Wurzelgallen an *Acer pseudoplatanus* mit der als *Pediaspis Sorbi* beschriebenen Generation der Wespe; letztere erzeugt wieder Blattgallen des Ahorns mit der ersteren Generation. Die übrigen aufgeführten Arten erzeugen Eichengallen, und zwar sind die aufgeführten Generationsformen Bewohner der folgenden Gallformen.

Aphilothrix autumnalis in spindelförmigen, ca. 4 mm langen, von den Knospenschuppen umgebenen Gallen. *Andricus ramuli* wohnt in einer weisswolligen, am Grund des Blattstieles sitzenden Galle.

Aphilothrix callidoma bewohnt keulenförmige, graugrüne, flaumige Gallen von der Grösse eines Gerstenkornes, welche auf langem Stiel hervorragen und aus den Knospen der Blattachsel von *Quercus pubescens* entstehen. Die zweite Generation ist *Andricus cirrhatus*.

Aphilothrix collaris in spitz eiförmigen braunen Gallen mit dunkler, hell abgegrenzter Spitze, die aus den Knospen der Eichen-

zweige entstehen. *Andricus curvator* in 4–5 mm grossen Blattgallen der Eiche, die auf beiden Seiten halbkugelig hervorragen und ringsherum das Blatt faltig zusammenziehen, am Blattrand, mit Innengalle.

Aphilothrix corticis in becherförmigen, ca. 6 mm hohen, 3 mm breiten Gallen an Ueberwallungswülsten. *Andricus gemmatus* die geschlechtliche Generation.

Aphilothrix gemmae bewohnt die an Lärchen- oder Hopfenzapfen erinnernden beblätterten Knospengallen (aus den Laubknospen) der Eichen. Dazu *Andricus pilosus*.

Aphilothrix globuli in kleinen, saftig grünen, später netzartig gestielten, kugeligen Gallen in halbgeöffneten Knospen. *Andricus inflator* in keulig verdickten Gallen aus dem verkürzten Trieb der Zweigspitzen.

Aphilothrix radicis in knolligen, bis faustgrossen, vielkammerigen, kartoffelähnlichen, dann holzigen, harten Wurzel- und Rindengallen. *Andricus noduli* in kleinen, holzigen Beulen an Zweigen.

Aphilothrix Sieboldi in hart kegelförmigen, 5–6 mm hohen, vom Grund zur Spitze gefurchten, harten Rindengallen. *Andricus testaceipes* in etwas angeschwollenen Blattstielen und Rippen.

Biorhiza aptera in saftigen, erbsen- bis kirschgrossen, einkammerigen Gallen an den Faserwurzeln (einzeln oder gehäuft). *Teras terminalis* in den schwammig lockeren, gelblichen, apfelgrossen Gallen (Schwammgallen) an den Zweigspitzen.

Biorhiza renum in kleinen, flach nierenförmigen, 1–3 mm grossen Gallen an den Seitenrippen der Blattunterseite; die zugehörige *Tigonaspis megaptera* in kugelig knolligen, saftigen, einzeln oder gehäuft stehenden, 5–15 mm grossen Gallen am unteren Stammtheil unter Gras und Moos oder an jungen, einjährigen Stämmchen.

Biorhiza synaspis in kleinen, runden Saftgallen der Blattunterseite. *Trigonaspis pseudomegaptera*.

Dryophanta divisa in glänzenden, glatten, bräunlichgelben bis rothen, etwas niedergedrückt kugeligen Gallen der Blattunterseite; dazu gehörig *Spathegaster verrucosa* in spindelig walzigen, 3,5–5 mm hohen, grüngelben bis röthlichen, mit hellen Bläschen bedeckten Gallen am Blattrand.

Dryophanta folii (scutellaris) in kugeligen, grünen oder

rothen, kahlen Gallen der Blattunterseite (ca. 20 mm). *Spathegaster Taschenbergi* in kegeligen, 3—4 mm hohen, violetten oder blaugrünen, steif sammtartig behaarten Knospengallen des Stammes.

Dryophanta longiventris in harten Kegelgallen der Blattunterseite mit erhabenen, kreisförmigen, unregelmässigen, gelblichen Streifen; dazu gehörig *Spathegaster similis*.

Neuroterus fumipennis in flach linsenförmigen, behaarten, gelbbraunlichen bis rothen Gallen der Blattunterseite, mit stumpfem, aufgebogenem Rand und in der Mitte kegelig gewölbter Oberseite. *Spathegaster tricolor* in kugeligen, das Blatt durchwachsenden, saftigen, weiss- oder rothhaarigen Gallen.

Neuroterus laeviusculus in fast kahlen, mitten genabelten, unregelmässig gelappten, selten kreisförmigen, zuweilen napfförmigen, weisslichen bis dunkelrothen Linsengallen auf und unter den Blättern. *Spathegaster albipes* in quer eiförmigen, dünnwandigen, gelbgrünen, ca. 2 mm grossen Gallen am Blattrand.

Neuroterus lenticularis in oben kegelig gebuckelten, bleichgelben bis röthlichen Linsengallen, oben mit braunen Sternhaaren, unten kahl, am scharfen Rande weissfleckig. *Spathegaster baccarum* mit weinbeerenartig durchscheinenden, sehr saftigen, das Blatt durchwachsenden, ca. 10 mm grossen Kugelgallen.

Neuroterus ostreus in kleinen, kugeligen, gelben, grünen, rothen oder rothgefleckten, kugeligen Gallen der Blattunterseite, zwischen braunen Scheiden, ausfallend, seitlich der Mittelrippe; *Spathegaster furunculus* gehört dazu.

Neuroterus numismatis in scheibenförmigen, mitten vertieften, knopfartigen Gallen mit gewulstetem, wie mit Goldfäden überzogenem Rande an der Blattunterseite. *Spathegaster vesicatrix* in flachen, blasenartigen, kreisrunden, strahlig gerippten, bleichgrünen, mit der Blattfläche verwachsenen Gallen (2—3 mm).

Die Zahl der Eichengallenarten beträgt allein gegen 100.

§ 41. Wie schon mehrfach hervorgehoben wurde, gleichen die Gallbildungen an der Pflanze in vieler Beziehung den Früchten. Die biologischen Eigenthümlichkeiten der letzteren beziehen sich einmal auf die Art der Verbreitung, dann auf die Ausstreuung der Samen, schliesslich auf den Schutz gegen thierische Feinde und schädliche Einflüsse der Witterung.

Die Aehnlichkeit der Gallen mit den Früchten beruht wohl ausschliesslich auf der Ausbildung gleicher Schutzmittel, wie an anderer Stelle (vgl. das Kapitel über Myrmekophilie) hervorgehoben worden ist und der Entlassung der Larven. Die Schutzmittel der Gallen gegen schädliche Beeinflussung der Gallenlarven durch Temperatur und Feuchtigkeit und zur Abwehr schädlicher Thiere haben einen weit höheren Grad von Vollkommenheit erreicht wie bei den Früchten, was sich zum Theil daraus erklärt, dass die Gallen stets in viel höherem Grade den Anfällen der Parasitenlarven zerstörenden Schlupfwespen und Einmieter (Inquilinen) ausgesetzt gewesen sind, wie die meisten Früchte. Beyerinck sagt hierüber: „Auf viererlei Weise hat die Natur die Gallen gegen die Inquilinen und Vögel bewaffnet: erstens durch lange Anhangsgebilde ihrer Oberfläche, welche nicht selten klebende Stoffe ausscheiden und Parasiten wie Inquilinen von der Larvenkammer fern halten (Gallen der *Cynips rosae*, *Caput medusae*, Hartigi, lucida, serotina, ramuli); zweitens durch dicke, schwammige Parenchym-schicht, welche die Larven ausserhalb des Bereiches der Legeröhre ihrer Feinde bringt (Folii-, Argentea-, Terminalisgalle); drittens durch eine sehr geräumige Höhlung innerhalb der Gallenrinde, worin die Innengalle vollständig isolirt und lose wie ein Hanfkorn in einer Schachtel liegt (Curvatorgalle), und viertens durch die festen Steinzellenschichten, welche in vielen Fällen für gewisse Parasiten undurchdringlich sein möchten. Zahlreiche Gallen besitzen mehrere dieser Schutzmittel zu gleicher Zeit, wie z. B. die Collarii-, Tinctoria-, Hungariagallen, in welchen sich sowohl eine Steinzellenschicht wie Schwammgewebe vorfindet, oder wie die Caput-medusa-Galle, welche Anhangsgebilde und Steinzellengewebe hat etc. Jedoch giebt es keine einzige Gallwespe, welche vor dem Angriff ihrer Feinde vollständig gesichert ist, was augenscheinlich darin seinen Grund hat, dass die Vervollkommnung der Angriffsmittel der Parasiten mit derjenigen der schützenden Mittel der Gallen gleichen Schritt gehalten hat.“ (Man vergleiche auch, wie zwischen Schneckenfrass und Schutzmitteln gegen Schnecken innerhalb eines bestimmten Florenbezirkes sich ein gewisses Gleichgewicht herausgebildet hat.) Von Schutzmitteln anderer Art seien hier auch die Bereifung vieler Gallen, die Myrmekophilie, der hohe Gerbstoffgehalt hervorgehoben. Letzterer wie die Steinzellenschichten bilden auch einen hohen Schutz gegen Vögel. Bei der Tinctoria-

galle beträgt der Gerbstoffgehalt 80% der Trockensubstanz, bei der Collariigalle gegen 30%, und Hühner und Truthühner, denen Foli- und Terminalisgallen vorgeworfen wurden, pickten dieselben zwar an, liessen dieselben aber sofort wieder fallen, während die gerbstoffarmen, aber stärkereichen Lenticularisgallen von ihnen wie auch von Finken gerne gefressen werden. Dass sich aber unter den Vögeln Spezialisten befinden, welche trotz dieses allgemeinen Schutzes mit Vorliebe die Gallenthiere aufsuchen, ist an anderer Stelle hervorgehoben worden.

Gallen, die durch ihre geringe Grösse oder versteckte Lage (Noduligalle) bereits geschützt sind, entbehren aller der genannten Schutzmittel. Die Schutzmittel gegen Witterungseinflüsse sind verschieden bei den abfallenden, an der Erde überwinternden Gallen und bei den an der Nährpflanze verbleibenden, wie sich auch bezüglich der Lebensdauer der Gallen und der Schutzmittel bestimmte Anpassungen finden.

Gegenleistungen der Gallthiere.

§ 42. Es lässt sich von vornherein erwarten, dass eine solche weitentwickelte Symbiose, wie sie zwischen der Pflanze und den gallenerzeugenden Thieren besteht, gelegentlich auch zu Gegenleistungen seitens der Gallenerzeuger geführt hat, welche in besonderen Anpassungen der Pflanze ihren Ausdruck gefunden haben. Ein solcher Fall liegt vor in den Beziehungen der Yuccamotten zu den Arten der Liliaceengattung *Yucca*. Riley hat hier durch langjährige Beobachtungen festgestellt, dass die *Pronuba Yucca-sella*, eine Mottenart, welche ihre Eier in die Samenknospen von *Yucca filamentosa*, *Y. angustifolia* und anderen Arten legt, für die Erhaltung der betreffenden Pflanzenarten unentbehrlich ist. Da die unbefruchteten Blüten sehr bald abfallen, mithin die in die Ovula abgelegten Eier zu Grunde gehen würden, ist für Entwicklung der letzteren die Befruchtung der Blüthe nöthig. Diese wird nun regelmässig von dem *Pronubaweibchen*, das einen besonderen Pollensammelapparat am Kopf besitzt, besorgt. Das Weibchen sammelt mittelst der eigenthümlich umgestalteten Kiefertaster den Blütenstaub der *Yucca* und stopft denselben unmittelbar nach der Eiablage in die Ovula in die dann geöffnete Narbenhöhle zur Befruchtung, wobei es meist den Pollen einer Blüthe auf die Narbe einer anderen Blüthe über-

trägt. Die Zahl der Samen, welche durch die Pronubalarven zerstört werden, beträgt selten mehr als ein Dutzend, was bei der grossen Zahl der Yuccasamen in der Fruchtkapsel nicht in Betracht kommt. Bei Ausschluss der Pronuba bleibt die Yucca stets unfruchtbar. Dies ist auch dann der Fall, wenn die Blüthezeit mit der Flugzeit des Insectes nicht übereinstimmt, Yucca filamentosa blüht in Washington und St. Louis von Mitte Juni bis Mitte Juli (in Philadelphia etwa 2 Wochen später). Yucca angustifolia blüht 2—3 Wochen früher, so dass sie verblüht, bevor Y. filamentosa zu blühen anfängt. Der Schmetterling der Pronuba Yuccasella erscheint im Osten Nordamerikas gleichzeitig mit der Blüthe der Yucca filamentosa (zuerst das Männchen). In St. Louis und Washington setzt daher die Yucca angustifolia gewöhnlich keine Früchte an, nur gelegentlich trifft die Motte noch die Terminalblüthen an und befruchtet sie. So blüht Yucca aloifolia in den nördlichen Staaten zu spät für die Motte und wurde von Riley nie in Frucht gesehen, im Süden blüht sie im Juni und Juli und die ersten blühenden Exemplare werden noch von der Motte befruchtet; in den Golfstaaten wird diese Art regelmässig befruchtet, da sie mit Y. filamentosa blüht. In Südcarolina blüht die typische Yucca filamentosa einen Monat früher als in Washington, sie wird durch die Pronuba bestäubt, während die Varietäten var. laevigata, var. bracteata, welche mindesten 14 Tage später blühen, wie auch früher blühende Varietäten derselben Art keine Bestäubung erfahren. Anderwärts, z. B. in den Rocky Mountains, hat sich die Pronuba der unregelmässigen Blüthezeit in ihrer Entwicklungszeit angepasst. Wie im Osten von Nordamerika das Erscheinen der Pronuba Yuccasella an die Yucca filamentosa gebunden, so ist es im Westen, wo die Y. angustifolia heimisch ist, dieser Art angepasst. Bei Yucca Whipplei in Californien besorgt die Pronuba maculata, bei Y. brevifolia in der Majawüste Pronuba synthetica die merkwürdige Art der Bestäubung nach der Eiablage. Besondere Pronubaarten haben noch die Riesenyuccas Mexikos, Yucca filifera, die Y. rupicola in Texas und die Y. Treculeana. Von der Thätigkeit der Pronuba hängt die Entwicklung einer anderen Mottengattung, Prodoxus, ab, deren den Pronubaarten täuschend ähnliche Arten zum Theil ihre Eier gleichfalls in die Blüthen von Yucca ablegen, aber bei Ausbleiben der befruchtenden Pronuba zu Grunde gehen, so Prodoxus decipiens, P. intermedius und andere Arten.

Noch weiter gehen die Anpassungen der Feigen und Feigenwespen zu einander. Bei der gemeinen Essfeige, *Ficus carica*, kann eine Bestäubung der im Inneren eines geschlossenen, birnförmigen Fruchtbodens befindlichen Blüthen nur mit Hilfe einer gallbildenden Wespe, *Blastophaga grossorum* (*Cynips psenes*), vor sich gehen, die zur Eiablage ins Innere des Kessels eindringt; ähnlich verhält es sich bei vielen anderen Feigenarten. Graf Solms-Laubach hat nun nachgewiesen, dass bei vielen Feigenarten sich neben den männlichen Blüthen zweierlei wesentlich verschiedene weibliche Blüthen finden, von denen die einen mit kurzem, der Legeröhre der Wespen angepasstem Griffel ohne Narbenpapillen allein die Eier der Gallwespen aufzunehmen vermögen und ohne Befruchtung durch Gallbildung anschwellen, während die anderen mit langem, meist gebogenem Griffel und entwickelten Narbenpapillen nicht angestochen werden können. Die ersteren heissen Gallblüthen, die letzteren Samenblüthen. Bei der gewöhnlichen Feige, *Ficus carica* (bestäubende Gallwespe *Blastophaga grossorum*), wie bei einer grösseren Anzahl anderer Arten, z. B. den javanischen Arten *Ficus hirta* (bestäubende Gallwespe *Blastophaga japonica*), *Ficus diversifolia* (mit *Blastophaga quadriceps*), *Ficus subopposita* (mit *Blastophaga constricta*), *Ficus canescens* (mit *Blastophaga Solmsi*), *Ficus Ribes* (mit *Blastophaga crassipes*), *Ficus cepicarpa* (mit der Wespe *Blastophaga bisulcata*) kommen zweierlei Stöcke vor, von denen die einen in ihren Feigen nur weibliche Samenblüthen, die anderen (männlichen Stöcke) in dem oberen Theil unter der Ausgangsmündung männliche Blüthen, darunter früher zur Entwicklung kommende Gallenblüthen erzeugen. Die Inquilinen kommen hier also nur auf den männlichen Stöcken in den Gallblüthen zur Entwicklung und nehmen den bei ihrem Auskriechen reifen Blüthenstaub mit, durch den sie in den weiblichen Samenblüthen Befruchtung bewirken. Ein Versuch, in letztere ihre Eier abzulegen, misslingt. Die männliche Form der *Ficus carica* ist die „Ziegenfeige, *Caprificus*“ und die in einigen südlichen Ländern noch jetzt übliche *Caprification* (Behängen der blühenden Essfeige mit den wespenhaltigen Feigen der Ziegenfeige), erleichtert nur den Verkehr der bestäubungsvermittelnden Gallwespen. Während bei den genannten Arten die Gall- und Samenblüthen auf verschiedenen Stöcken zur Ausbildung gelangt sind (bei *Ficus carica* trägt der *Caprificus* anfangs in den „*Mammae*“ nur Gallblüthen und die über-

winternde Wespengeneration, während die zweite Blüthengeneration der „Profichi“ männliche Blüten und Gallblüten mit den befruchtenden Wespen enthält), finden sich einfachere Verhältnisse bei anderen Ficeen.

Bei dem Gummibaum, *Ficus* (*Urostigma*) *elastica* (*Inquiline Blastophaga clavigera*) und anderen *Urostigma*arten stehen noch in ein und derselben Inflorescenz männliche und weibliche Blüten regellos durch einander und es ist noch nicht zur Differenzierung in Gall- und Samenblüten gekommen. Bei anderen Arten, z. B. *Urostigma religiosum* (mit *Blastophaga quadratipes*) hat sich bereits die Scheidung einer vorderen männlichen und hinteren weiblichen Zone vollzogen. Es findet dann weiter erst eine Ausbildung von lang- und kurzgriffeligen Samen- und Gallenblüten statt, die aber noch regellos bei einander stehen, z. B. bei *Ficus* (*Sycomorus*) *glomerata* (mit *Blastophaga fuscipes*). Durch gesteigerte Griffelverlängerung ist dann die Möglichkeit der Gallbildung in den weiblichen Inflorescenzen der diöcischen Arten ganz abhanden gekommen. Wie Solms-Laubach die biologischen Verhältnisse der javanischen Feigen, so hat Fritz Müller die brasilianischen Feigenarten und ihre Gallwespen näher untersucht. Er wie G. Mayr (in seiner Arbeit über Feigenwespen) haben merkwürdige Beziehungen der Feigen und Wespen wie der Feigenwespen unter einander ermittelt. Während in der alten Welt (mit Ausnahme der *Blastophaga grossorum*) jede *Blastophaga* zu einer besonderen *Ficus*art gehört, ist *Blastophaga brasiliensis* in 5—7 *Ficus*arten des Itajahy der besondere gallbildende Bestäubungsvermittler, z. B. bei *Ficus* (*Urostigma*) *doliaria*, in Brasilien auch bei *F. carica*; *Blastophaga bifossulata* ist dagegen auf eine einzige Feigenart beschränkt. In den Feigen der Untergattung *Pharmacosycea* wird die *Blastophaga brasiliensis* durch *Tetrapus americanus* und *Trichaulus* (*Critogaster*) vertreten, bei *Urostigma* durch *Tetragonaspis* (♂ als *Ganosoma* beschrieben). Manche Feigenarten beherbergen im Gegensatz zu den letztgenannten eine ganze Menge von Gallwespen; dieser Formreichtum der *Inquilinen* wird noch dadurch vermehrt, dass in mehreren Fällen dasselbe Weibchen zweierlei Männchen hat, geflügelte, die ihm sehr ähnlich sind, und ungeflügelte, die nicht die geringste Aehnlichkeit mit ihm haben. So hatte G. Mayr aus den Feigen, die ihm Fritz Müller von einem Baum übersandte, 20 verschiedene Arten beschrieben, darunter 9 ♂ ohne ♀ und 4 ♀ ohne ♂; Fritz Müller gelang es dann dadurch, dass

er aus 40 Feigen dieses Baumes die Wespen gesondert sammelte und die jeder Feige gesondert — im Ganzen über 2000 Wespen — untersuchte, fast für alle diese Fälle die zusammengehörigen Männchen und Weibchen herauszufinden. Von *Tetragonaspis* finden sich oft bis 6 verschiedene Arten mit den als *Ganosoma* beschriebenen zugehörigen Männchen in den Urostigmaarten, von *Critogaster* oft 3 Arten (*C. singularis*, *C. piliventris*, *C. nuda*) mit den als *Trichaulus* (*C. singularis* zu *T. versicolor*) beschriebenen geflügelten Weibchen in einer *Pharmacosycea*. *Colyostichus longicaudis* (♂ als *Heterandrium longipes* beschrieben) findet sich in *Ficus* (*Urostigma*) *doliaria*, *Colyostichus brevicaudis* (♂ als *Heterandrium nudiventre*) in fast allen anderen Urostigmaarten am Itajahy, in letzteren finden sich fast stets auch *Aëpocerus*arten (mit flügellosen ♂). Bei mehreren Urostigmaarten finden sich grosse Gallen, welche mit den Blüthen nichts zu thun haben. So bei *Ficus* (*Urostigma*) *doliaria* sitzende balanusähnliche, durch *Diomorus variabilis* (flügellose ♂ als *Physothorax* beschrieben) und lepasähnliche, durch eine andere *Diomorus*art erzeugt.

Von einer Art Gegenleistung kann man auch bei den Scheitelhaargallen der *Poa memoralis* reden, die durch *Cecidomyia Poae* verursacht werden, insofern hier durch die Wirkung der genannten Gallmücke neue Stecklinge geschaffen werden, also für Vermehrung des Individuums und Erhaltung der Art gesorgt wird.

Die von J. N. Vallot, Prillieux und Anderen, zuletzt von Beyerinck (Bot. Ztg. 1885) näher untersuchte Galle bildet ein Knäuel fleischiger, farbloser oder violetter Fäden, die ein wenig oberhalb des Blattpolsters rings um eine Blattscheide gewunden sind. Diese Fäden, die Gallenwurzeln oder Cecidiorrhizen Beyerinck's, entspringen aus dem Stengelglied und treten erst später durch einen in Folge ihres Wachstums im röhrenförmigen Theile der Blattscheide entstandenen Riss nach aussen. In die Aussenluft gelangt, biegen sich die jungen Gallenwurzeln, wahrscheinlich in Folge hydrotropischer Reizbarkeit, theils nach rechts, theils nach links und in einer horizontalen Ebene und schmiegen sich dabei der äusseren Blattfläche an. Die Grenzlinie zwischen den beiderseits gekrümmten Gallenwurzeln (der Haarscheitel) ist nahezu gerade und befindet sich in der Fortsetzung der Blattscheidenspalte. Die geräumige Larvenkammer liegt zwischen Stengelglied und Blattscheide der erwähnten Grenzlinie gegenüber und enthält vier bis fünf oder mehr Larven der Gallmücke. Letztere sind

mit dem pflanzlichen Gewebe fest verwachsen und nähren sich von flüssigen Stoffen, die sie mittelst der Körperoberfläche aufnehmen; wahrscheinlich wird auch durch letztere das gallenbildende Enzym ausgeschieden. Beyerinck hat nachgewiesen, dass diese Scheitelhaargallen in ihren Anhangsgebilden wahre, an ganz ungewöhnlichen Stellen entstehende Wurzelorgane darstellen, die für eine Weiterentwicklung geeignet sind und dabei in normale Wurzeln übergehen. Letzteres geschieht dann, wenn die Galle als Steckling (unter der Glasglocke) in den Boden gepflanzt wird. Die Cecidiorrhiza zeigt mit den normalen Luftwurzeln von *Tecoma radicans*, *Hedera Helix* etc., wie mit den normalen Nebenwurzeln der Tulpenzwiebeln eine vollständige Uebereinstimmung.

Der Honigthau und die Pflanzenläuse.

§ 43. Lundström hat die Blattläuse, da sie von den Ameisen ihres Honigthaus wegen aufgesucht, von manchen Arten derselben (den stallfütternden Ameisen) sogar gleich Hausthieren gehegt und gefüttert werden, als einen Ersatz für Ameisennectarien betrachtet. Dies mag in einzelnen Fällen wohl richtig sein, im Allgemeinen machen es jedoch die Untersuchungen von M. Büsgen über den Honigthau wahrscheinlich, dass die Blatt- und Schildläuse nicht als indirecte Beschützer der Pflanzenwelt gegen Raupenfrass etc. zu betrachten sind, und wir glauben, dass ihr regelmässiges Vorkommen auf gewissen Pflanzenarten für diese eine andere Bedeutung hat.

Der Honigthau, welcher in kleinen Tröpfchen oder zusammenhängenden Ueberzügen einer klebrigen, süßen Substanz im Sommer in weiter Ausdehnung die Oberfläche der Blätter der verschiedensten Pflanzen, z. B. der Linden-, Ahorn-, Eichen-, Hainbuchenbäume, des Hopfens, der Erbsen, der Ampferarten etc. bedeckt, galt früher für eine Ausschwitzung der Pflanzen selbst. Büsgen hat aber gezeigt, dass aller Honigthau (mit Ausnahme der durch gewisse Pilze, wie *Claviceps purpurea*, verursachten Zuckerausscheidungen) durch die Pflanzenläuse erzeugt wird. Ein echter, von Cicaden ausgeschiedener Honigthau findet sich bei den südamerikanischen sogen. Regenbäumen, *Pithecolobium Saman*, *Andina inermis*, *Caesalpinia pluviosa* etc., von denen ein Tropfenregen niederfällt, der zu den wunderlichsten Erklärungen Veranlassung gab. Auch

die Honigthauabsonderung unserer einheimischen Blattläuse in trockenen Sommern ist öfter eine derartige, dass die ganze Vegetation unter den von Blattläusen bevölkerten Bäumen von den herabgespritzten Tröpfchen dicht bedeckt und wie nach einem Regen benetzt erscheint. So traf ich im Juni 1893 unter Hainbuchegebüsch, dessen Blätter förmlich von Honigthau triefen, die sämtlichen Blätter von Rumex, Epilobium, Polygonum amphibium, Geum urbanum, Geranium Robertianum etc. an der Oberfläche mit einer gleichmässigen glänzenden Schicht des Blattlaus-honigthaues überzogen.

Büsgen hat beobachtet, dass z. B. ein Individuum einer auf *Acer pseudoplatanus* in grossen Mengen lebenden Aphisart innerhalb 24 Stunden 48 Tropfen (von ca. 1 mm Durchmesser), eine Camellienschildlaus in derselben Zeit 13 Tropfen (von $\frac{1}{2}$ mg Trockengewicht) Honigthau lieferte, und berechnet, dass ein mit 15 Blättern besetzter Zweig von *Acer* bei mässiger Occupation durch die Blattläuse im Tage 1440 Tropfen Honigthau liefern würde, so dass man sich nicht zu wundern braucht, dass von einem solchen Baume ein fortwährender Tropfenregen niederfällt. Der besonders an Traubenzucker reiche Honigthau (derselbe besteht aus dem im Magen invertirten Zucker der Wirthspflanzen, Dextrin etc.), besitzt eine hohe Hygroskopicität und ist im Wasser löslich. Er nützt daher den von ihm bedeckten Pflanzen häufig durch seine Wasseraufnahme und Wasserabgabe an die Pflanze während eines thaufeuchten Morgens. Seine Lösung in dem aufgenommenen Wasser verbreitet sich gleichmässig über die ganze Blattfläche und bildet bei eintretender Hitze eine glänzende, die Sonnenstrahlen reflectirende Firnissschicht, welche eine zu starke Transpiration hindert. Die Pflanzen, welche ich in dem oben angeführten Fall an einem heissen Junitag von dem Honigthau glänzend fand, zeigten in der That eine auffällige Frische, während nicht bethaute Exemplare in geringer Entfernung unter sonst gleichen Beleuchtungsverhältnissen die Blätter schlaff herabhängen liessen. Der Honigthau wirkt hier ähnlich wie die von Axell Lundström beschriebenen Ausrüstungen der Pflanzen zur oberirdischen Wasseraufnahme.

Büsgen hat sowohl über die Art und Weise, wie die Pflanzenläuse sich das Material zur Bildung des Honigthaues verschaffen, wie auch über die Art der Abscheidung desselben

eingehende Untersuchungen angestellt, welche die bisherige Anschauung in manchen Punkten als falsch erwiesen haben (vgl. Büsgen, Der Honigthau. Fischer. Jena 1891. Biol. Centralbl. XI, 1891, p. 193—200). „Die Pflanzenläuse saugen, indem sie ihre vier Mundborsten zu einem Bündel vereinigt in die Nährpflanze einstechen und dann wohl wie andere Hemipteren theils capillär, theils durch Herstellung eines luftverdünnten Raumes im Gaumen den Saft bestimmter Zellen durch einen von den Maxillarborsten gebildeten Canal in ihre Speiseröhre hinaufsteigen lassen. Der Schnabel dient als Führung der Borsten zur Einstichstelle, welche diesen ausserordentlich biegsamen Organen ein Ausweichen unmöglich macht. Im Inneren der Pflanze bahnen die Oberkieferborsten dem Saugrohr den Weg zu der Nahrung spendenden Zelle, innerhalb deren seine beiden Theile auseinanderklaffen, um dem Nahrungsstrom einen bequemen Eintritt zu gestatten. Der Weg der Borsten geht oft tief ins Innere der Pflanzen hinein und auch hier bedürfen sie einer Führung, wenn sie ungehindert vordringen sollen. Ohne die Führung würden die Oberkieferborsten beim Aufstossen ihrer Spitzen auf eine etwas härtere Zellwand jedesmal Halt machen, während, wenn der Druck seitens der Thiere fort dauert, ihre weiter rückwärts gelegenen Theile überall, wo Platz dazu ist, also im Inneren durchbohrter Zellen und in den Intercellularräumen, sich krümmen müssten. Derartige Krümmungen aber verhindert ein eigenthümliches Secret, welches die Thiere, wohl aus ihren Speicheldrüsen, während des Einstiches in die Wunde gelangen lassen. Dasselbe stellt eine eiweissartige Substanz dar, welche rasch erhärtet und in diesem Zustande ein das Borstenbündel eng umhüllendes, festes Rohr bildet, innerhalb dessen die Borsten sich leicht bewegen, welches sie aber nicht seitlich durchbrechen können. Auch für den Beobachter ist dieses Rohr vom grössten Werthe. Es bleibt erhalten, wenn das Thier die Borsten aus der Pflanze herauszieht, oder wird sogar bei diesem Vorgange noch mit neuen Mengen Rohrs substanz erfüllt, so dass es ein ausgezeichnetes Mittel zur Bestimmung der Orte bietet, von welchen jenes Nahrung bezogen hat.“ Die Stichcanäle ähneln meist einem von der Epidermis in das Blatt verlaufenden Pilzfaden, der im Weichbast der Gefässbündel oder im Cambium Rhizoiden treibt. Indem die Borsten in die Gewebe einstechen und in wechselnder Richtung immer wieder in sie eindringen, sucht die Spitze des Saugorgans immer neue Cambium- oder Weichbastzellen, obwohl dieselben oft schwer zu-

gänglich sind, offenbar weil hier allein die von ihnen gesuchten eiweiss- und kohlehydrathaltigen Stoffe sich finden. Ausser dem erwähnten Stichtypus finden sich seltener noch einige andere Arten der Nahrungsentnahme. Auch die Folgen der Stiche für die Zellen sind verschieden; zuweilen werden die letzteren getödtet, in anderen Fällen finden nur Vergilbung oder Bräunung der Chlorophyllkörner und Veränderungen des Zellkernes statt. Vermuthlich finden diese Veränderungen durch ein Gift statt, welches sich aus einem engeren, neben dem Saugrohr vorhandenen Canal zwischen den Maxillarborsten in die Wunde ergiesst. Ausschwitzungen aus dem Stiche finden nicht statt, die Mannabildung der Manna-schildlaus ist wahrscheinlich nichts anderes als Honigthau, und auch der Gummilack ist nicht pflanzliche, sondern thierische Ausschwitzung, der der mannigfachen Wachs- und „Wolle“-Ausscheidungen analog.

Die in den Lehrbüchern verbreitete Fabel, dass die beiden Röhren an dem drittletzten Hinterleibsring der Blattläuse den Honigthau ausscheiden, ist schon von Réaumur widerlegt worden. Der Honigthau wird aus dem After ausgespritzt, während das Röhrensecret weder Zucker noch Harnstoff enthält, sondern aus einer wachsartigen Substanz besteht und den Blattläusen zur Vertheidigung dient. „Das Röhrensecret tritt z. B. aus, wenn feindliche Larven die Blattläuse angreifen. Man sieht dann auf einer oder auf beiden Röhrenspitzen je einen durchsichtigen Tropfen erscheinen, welchen die Blattlaus mit ziemlicher Sicherheit dem Feinde auf den Vordertheil schmiert. Die Flüssigkeit erstarrt rasch und bildet so eine lästige Kruste, mit deren Abstreifung das getroffene Thier lange zu thun hat. Besonders auffallend spricht sich der Werth der Röhren in der Schonung aus, welche die Coccinellen ihretwegen den Blattlausmüttern zu Theil werden lassen.“ Auch die Wollausscheidungen sind Schutzvorrichtungen für die Blattläuse. Die Bedeutung des Honigthaus für die Blattläuse erblickt Büsgen in dem Schutz derselben gegen thierische Feinde, welcher ihnen durch die dem Zuckersecret nachgehenden Ameisen zu Theil wird (auch der klebrige Ueberzug selbst hält wohl einen Theil dieser Feinde fern).

Gefährlich kann der Honigthau den Pflanzen werden, indem er epiphytischen und parasitischen Pilzen günstige Ansiedlungsbedingungen bietet. Besonders sind es die Russthaupilze (Capnodiumarten) nebst einigen Hefeformen etc., die nur da auf-

treten, wo Honigthau vorhanden ist. Sie schädigen die Wirthspflanze durch Beeinträchtigung der Assimilation (vgl. die in meinem Lehrbuch der niederen Kryptogamen p. 248 erwähnten Versuche). Aber auch parasitische Pilze (*Botrytis cinerea*, *Septoria Mori* etc.), die einer saprophytischen Aufzucht bedürfen, um infectionstüchtig zu werden, finden in dem Honigthau ausgezeichnete Vorbedingungen für ihre spätere verheerende Wirkung. So litten nach Julius Kühn die unter *Prunus domestica* und *Reineclauden* gezogenen Maulbeerpflanzen sehr von dem von ersteren herabgefallenen Honigthau, in welchem sich der Urheber der Blattfleckenkrankheit der Maulbeerbäume, *Septoria Mori*, ansiedelte. „Im Umkreis der Bäume,“ sagt Kühn, „genau dem Umfang der Krone angemessen, fand sich ein Kreis kranker Pflanzen, der gegen den Stamm sich verlor. Wäre es ein gleichmässiger Fleck gewesen, so hätte ich es dem Schatten der Bäume zugeschrieben, so aber war es ein Ring. In diesem Ring entwickelte sich stets zuerst an den Pflanzen die *Septoria Mori*.“

Kapitel VI. Anpassungen an die physikalisch-chemische Beschaffenheit des Erdbodens.

§ 44. Der Wettbewerb um den Boden ist deutlich ausgesprochen in den verschiedenen Anforderungen der Pflanzen an die Mineralbestandtheile desselben. Einmal zeigt auf einem und demselben Boden die einzelne Pflanze ein bestimmtes Wahlvermögen, so dass z. B. von zwei neben einander im Schlamm gewachsenen Pflanzen von *Phragmites communis* und *Typha angustifolia* die Aschenbestandtheile betragen bei

	der ersteren:	der zweiten:
an Kieselsäure	71,51 %	0,62 %
„ Phosphorsäure	1,99 „	3,88 „
„ Kali	8,63 „	14,81 „
„ Kochsalz	0,35 „	16,28 „
„ Chlorkalium	—	16,82 „

Dann giebt es eine Reihe von Pflanzenspecies, welche nur da gedeihen, wo bestimmte Mineralstoffe in grösserer Menge vorhanden

sind, wie z. B. die Kalipflanzen (Kartoffeln, Rüben, *Fumaria officinalis*, *Artemisia Absinthium* etc.). Hülsenfrüchte etc. bedürfen besonders der Phosphorsäure und des Kalkes, Getreide und Gräser der Kieselsäure (Fruchtfolge des Landwirthes!). Schutt- und Ruderalpflanzen, wie *Hyoscyamus niger*, *Chenopodium bonus Henricus*, *Urtica urens* etc., bedürfen einer gewissen Menge von Ammoniak oder Nitraten, die Salzpflanzen (Halophyten), wie *Salsola Kali*, *Salicornia herbacea* etc., sind an die Gegenwart von Kochsalz, schwefelsaurem oder kohlensaurem Natron, resp. Magnesiumverbindungen gebunden. So finden sich *Erica vagans*, *Asplenium*, *Adiantum nigrum* var., *Serpentini* und *A. adulterinum* nur auf Serpentin (Magnesiumverbindung) in Böhmen, Sachsen, Schlesien etc. *Viola lutea* var. *multicaulis*, *Thlaspi alpestre* var. *calamaria* auf zinkhaltigem Boden, z. B. am Altberg bei Aachen und in Schlesien. Ist eine Pflanze ausschliesslich auf einen gewissen Boden angewiesen, so heisst sie bodenstet; wenn sie vorwiegend darauf vorkommt, bodenhold. Am bekanntesten sind die kalksteten und kalkholden Pflanzen, z. B. *Cypripedium Calceolus*, *Cephalanthera rubra* und *palleus*, *Ophrys* arten., *Saxifraga caesia* etc., sowie die sogen. Sand- oder Kieselpflanzen, wie *Farsetia incana*, *Carex arenaria* etc.

Aber auch in Hinsicht auf die Anforderungen an den Boden zeigt die Pflanze ein hohes Anpassungsvermögen. So kann ein und dieselbe Pflanze in dem einen Verbreitungsbezirk bodenstet in der einen Richtung, in einem zweiten nach einer anderen Richtung hin erscheinen, oder sie kann an einem anderen Orte bodenvag sein (keinen Boden verschmähen). So gedeiht z. B. *Falcaria sioides* in der einen Gegend nur auf Kalkboden, in einer anderen auf Kieselboden (vgl. auch die Dissertation von F. M. Pietsch, Die Vegetationsverhältnisse der Phanerogamenflora von Gera. Halle 1893).

Ein verschiedenes Verhalten in derselben Gegend zeigen mehrfach nahe verwandte Arten (in manchen Fällen dürfte die Spaltung in mehrere Arten aus diesem Wettbewerb um den Boden erst hervorgegangen sein). So bewohnt von den beiden auch in blüthenbiologischer Hinsicht wohl unterschiedenen Arten *Erodium pimpinellifolium* (insectenblüthige Species mit grossen mit Saftmal versehenen Blüthen) und *E. cicutarium* (graublätterige Art mit kleinen fleckenlosen Blumenblättern und anderen Blüthgewohnheiten) im grössten Theile Thüringens und an vielen anderen Orten ausschliesslich das Sandsteingebiet, letztere gleich aus-

schliesslich das Muschelkalk- und Zechsteinkalkgebiet. An anderen Orten hat eine solche Scheidung in zwei bodenstete Arten indessen nicht stattgefunden, und es kommen zwei in Bezug auf die Blüthen jenen entsprechende Formen auf jedem Boden zugleich vor. *Anthemis arvensis* und *Anthemis Cotula* verschmähen da, wo nur die eine von beiden vorkommt, keinen Boden, sind bodenvag. Da, wo indessen beide zusammen vorkommen, können sie sich gegenseitig derart verdrängen, dass *Anthemis Cotula* schliesslich nur noch den Kalkboden, *A. arvensis* nur noch den Sandboden ausschliesslich bewohnt. So beobachtete ich um Schleusingen in Thüringen, wo ursprünglich nur *A. arvensis* vorkam, das allmähliche Eindringen der *A. Cotula* vom benachbarten Kalkgebiet aus und das Zurückgehen der *A. arvensis* auf das Gebiet des Buntsandsteins, der schliesslich überall die Grenze zwischen beiden Arten bildete. Ein ähnliches Sichausschliessen beider Arten hat sodann Ruthe bei Bärwalde festgestellt. Schon früher hatte Nägeli einen ähnlichen Kampf um den Boden zwischen nahe verwandten Arten von *Achillea*, *Erigeron*, *Rhododendron*, *Gentiana* etc. nachgewiesen, Arten, die, an sich bodenvag, in der Concurrenz um den Boden, um das Dasein, bodenstet werden. So fand er im Oberengadin *Achillea moschata* nur auf Thonschiefer, *H. atrata* nur auf Kalk, beide also völlig bodenstet, da wo aber die eine Art fehlte, fand er die andere sowohl auf Kalk wie auf Thonschiefer vor. Pietsch fand (l. c.), dass sich *Carlina vulgaris* nur da auf dem Kalk einfindet, wo *C. acaulis* fehlt; ebenso *Prunella vulgaris* nur dann auf kalkreichem Boden erscheint, wenn *Prunella grandiflora* fehlt, und führt als analoge Beispiele *Veronica latifolia* und *Chamaedrys*, *Polygala comosa* und *vulgaris* an. In manchen dieser Fälle dürfte aber neben der Vorliebe der einen (stärkeren) Species für den betreffenden Boden ihr Ueberwiegen in der Concurrenz um die bestäubungsvermittelnden Insecten eine Hauptrolle spielen.

Seit langer Zeit hat man darüber gestritten, wodurch die bodensteten Pflanzen an die bestimmte Bodensorte gebunden werden, ob durch die chemischen oder physikalischen Eigenschaften des Bodens. H. v. Mohl, Decandolle, Thurmann und Hoffmann vertreten die letztere Ansicht. Thurmann theilt die die Bodenunterlage bildenden Gesteine in schwer- und leichtverwitternde (dysgeogene und eugeogene), und in solche, die thonigen, undurchlässigen oder durchlässigen Sandboden liefern (pelogene und psamogene). Und zwar sind

	Pelogen	Psammogen
Dysgeogen	oligopelisch: z. B. Portlandkalk gemeine Basalte, Porphyre	oligopsammisch: z. B. Granit, Dolomit
Eugeogen	hemipelisch: z. B. Liasmergel	hemipsammisch: z. B. Molasse, Grauwacke, krystallinischer Kalk
	perpsammisch: z. B. lockerer Sandboden	perpelisch: z. B. Mergel, Thon

Ausserdem theilt Thurmann die bodensteten Pflanzen (zum Unterschied von den Ubiquisten) nach dem grösseren oder geringeren Wasserbedürfniss in *hygrophile*, die meist auf pelogener Gesteinsunterlage vorkommen, und *xerophile* auf psammogener Unterlage. Ein Grund für diese Annahme des Vorwiegens der physikalischen Bodenbeschaffenheit ist es u. a., dass sich Klima und Boden compensiren können (*xerophile* Pflanzen in wärmerem Klima auch auf pelogener Unterlage, *hygrophile* in feuchter Gegend auch auf psammogener Unterlage gedeihen. Der Einfluss, den die chemische Beschaffenheit des Bodens auf die Vegetation ausübt, ist besonders von Ch. Contajean (*Influence du terrain sur la végétation*. Paris 1881) zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gemacht worden. Er schreibt den chemischen Einflüssen das Hauptgewicht zu, und zwar bei den beiden Hauptabtheilungen, den Kiesel- und Kalkpflanzen, die er als *calcifug* und *calcicol* bezeichnet, dem Kalk (die Kieselpflanzen bewohnen nach ihm nur deshalb kieselreiche Gesteine, weil sie hier am wenigsten Kalk vorfinden).

Die Wahrheit dürfte auch hier in der Mitte liegen (vgl. auch die Gründe, die Pietsch sowohl gegen Thurmann als gegen Contajean angiebt). Beide Factoren, die physikalischen wie die chemischen Verhältnisse des Untergrundes, sind von Bedeutung, aber sie verhalten sich der plastischen Pflanze gegenüber nicht anders wie die Schwerkraft, das Licht und andere Dinge, die bei ein und derselben Pflanzenspecies und oft sogar ein und demselben Organ (vgl. z. B. die *Amphicarpie*) die entgegengesetzten Reactionen je nach Bedürfniss erzielen können. Ein und dieselbe Pflanze kann hier *xerophil*, dort *hygrophil* auftreten (z. B. sind Thurmann's *hygrophile* Arten *Pulsatilla vulgaris*, *Peucedanum Cervaria*, *Ajuga Chamaepitys* bei uns entschieden *xerophil*), hier *calcicol*, dort *calcifug*, je nachdem es die Concurrenz der Arten um den Standort

erheischt oder die Einwanderungsverhältnisse mit sich gebracht haben.

§ 45. Die Empfindlichkeit mancher Pflanze gegen die chemischen Bestandtheile des Bodens ist eine ausserordentlich grosse. Während z. B. *Polygonum aviculare*, *Lactuca sativa*, *Daucus Carota* etc. einen ziemlich hohen Kupfergehalt des Bodens vertragen und Kupfer in ihre Gewebe aufnehmen, sterben nach den Untersuchungen von Nägeli *Spirogyra*arten bereits in Wasser, dem der tausendmillionste Theil Kupfer zugesetzt ist, unter eigenthümlichen Erscheinungen ab. Diese oligodynamischen Erscheinungen in den lebenden Zellen von *Spirogyra nitida* und *S. dubia* werden durch verschiedene feste Körper, die im Wasser schwach löslich sind, hervorgerufen, vor Allem durch die schweren Metalle mit Ausnahme des Goldes. Es genügt, Kupfer- oder Goldmünzen (Kupfergehalt!) in vorher neutrales Wasser (Flusswasser, Teichwasser) zu legen, um diesem die oligodynamischen Wirkungen zu verleihen. In Gläsern, welche Goldstücke im Wasser enthalten haben, sterben auch nach dem Ausspülen bei erneutem Gebrauch die *Spirogyren* ab. Nach Nägeli's Erklärung löst das Wasser immer von dem löslichen Körper auf bis zur Sättigung, dann schlägt sich wieder von dem gelösten nieder und Neues wird wieder bis zur Sättigung aufgelöst u. s. w. Das Niedergeschlagene haftet fest am Glas an, woher die oligodynamische Nachwirkung zu erklären ist, die erst durch Waschen mit Säuren beseitigt werden kann. Selbst destillirtes und reines Leitungswasser (das aus Leitungsröhren und Metallhähnen Metall aufgenommen hat) wirken oligodynamisch. Die oligodynamische Wirkung des Wassers kann vermindert oder aufgehoben werden durch gleichzeitige Gegenwart unlöslicher fester Körper, wie Schwefel, Braunstein, Steinkohle, Papier, Baumwolle, Holz, selbst Algenfäden und micellar löslicher (colloidal) Körper, wie Leim, Gummi etc., die durch Vergrösserung der Oberfläche der Lösung die in ihr enthaltenen Metallmicellen entziehen (molekular lösliche Körper, wie Zucker, thun dies nicht). Während beim natürlichen Absterben und dem Tod durch chemisch giftige Stoffe in nicht zu starker Verdünnung die Spiralbänder am Plasmaschlauch der Zellen haften bleiben, die grüne Farbe zunächst erhalten bleibt und sich nur Lage, Gestalt ändern, der Zellsaft körnig wird und die Zelle ihren Turgor verliert, sind die „oligodynamischen“ Erscheinungen dadurch charakterisirt, dass sich die Spiralbänder vom Plasmaschlauch ab-

lösen und in der Mitte zusammenballen, während die Zelle noch ihren Turgor behält. Die Fäden werden weiss und sind hierdurch mit blossem Auge zu unterscheiden. Dieselben Substanzen, die in concentrirter Lösung giftig wirken, haben bei der Lösung minimaler Mengen die letztere Wirkung.

Die Sensibilität, die Empfindlichkeit gegen chemische Reize, die beim Thier eine so hohe ist — (Witterungsvermögen des Hundes, der noch nach Stunden die Fährte des Wildes, die Fusstapfen seines Herrn erkennt und verfolgt; auch der Mensch kann es in der Wahrnehmung und Unterscheidung von Geruchs- und Geschmacksstoffen zu grosser Fertigkeit bringen) —, ist in der Pflanze vielfach noch grösser. So werden bewegliche Bakterien noch durch den billionsten oder trillionsten Theil eines Milligramms von Fleisch-extract, von Sauerstoff etc. angelockt, wie auch sensible Ranken noch auf äusserst sanfte Reize, die wir nicht mehr zu empfinden vermögen, reagiren. Ein Seidenfädchen von $\frac{1}{50000}$ mg bewirkt bei ihnen noch die Auslösung der Reizbewegung, während flüssige und gasförmige Körper, Sturmwind und Regen keine Reizbewegung verursachen. Auch der Pflanze kann ein Witterungsvermögen, ein Geschmacks- und wohl auch ein Geruchsvermögen (Reactionsfähigkeit gegen Gase) in gewissem Sinne nicht abgesprochen werden. Ob in dem Falle des gegenseitigen Ausschlusses von *Anthemis Cotula* und *A. arvensis* etc. nicht auch oligodynamische Wirkungen von Stoffen, die in der Pflanze selbst erzeugt werden, vorliegen, es also in dem Sinne von Theophrast (Hist. plant. IV, 16. 6) und Gustav Jäger Dysparaphyten und Euparaphyten giebt, ist eine noch offene Frage.

Kapitel VII. Ausnützung des Raumes.

Die Kletterpflanzen oder Lianen.

§ 46. Im Wettbewerb um Raum und Licht haben sich zunächst die verschiedenen, anatomisch-mechanischen Eigenthümlichkeiten herausgebildet, die den Pflanzen mit ausgedehnterem Vegetationskörper eigen sind, aufsteigender und aufrechter oder hängen-

der Stengel neben dem kriechenden, niederliegenden — Anpassungen, die bald zu spezifischer Constanz fortgeschritten sind, bald innerhalb derselben Art je nach Bedürfniss auch jetzt noch abändern können (verticaler oder niederliegender Stengel bei *Polygonum aviculare* etc.). Nachdem zur horizontalen Ausbreitung der Raum vergeben, kam hinzu die Vertheilung des Bodens auf Zeit (Frühlings-, Sommer-, Herbstpflanzen) und eine verticale Ausbreitung nach unten (unterirdische Stengelgebilde) und oben. Bei der letzteren war eine besondere Festigung nöthig, die zu den Holzgewächsen, Sträuchern und Bäumen geführt hat. Zu allerletzt sind noch solche Gewächse hinzugekommen, die mit möglichst wenig Aufwand an Material — ohne einen stärkeren Stamm zu bilden — rasch zum Lichte im Kampf mit den übrigen Gewächsen einer dichten Vegetation empor zu gelangen vermögen — die Kletterpflanzen oder Lianen, und solche, die ohne Aufwand die höchsten Höhen erreichen, indem sie sich auf anderen Pflanzen ansiedeln — die Epiphyten. Zu den Kletterpflanzen gehören alle die Pflanzen, die bei geringer Stengeldicke, aber bedeutender Stengellänge sich ohne Stütze nicht aufrecht zu halten vermögen, sich an benachbarte Gegenstände, besonders die Stämme der Holzpflanzen etc., anlehnen oder an ihnen emporklimmen und oft ihre Stütze bedeutend überragen, um in der Höhe im Sonnenlicht Blüthe und Frucht zu zeitigen. Das Emporklimmen kann geschehen durch Vermittelung besonderer Klimmorgane oder durch ein Umwinden der Stütze. Darwin, der den Kletterpflanzen (climbing plants) zuerst eine ausführliche Bearbeitung zu Theil werden liess, theilte die Klimmpflanzen in Rankenträger, Wurzelklimmer, Hakenkletterer. Fritz Müller, Huth, Treub und Andere haben dann weitere Formen der Lianen unterschieden. Zuletzt hat H. Schenck unter der Leitung von Fritz Müller die brasilianischen Lianen nach ihrer biologischen und anatomischen Seite hin einer besonderen Untersuchung unterworfen und eine Darstellung der Kletterpflanzen oder Lianen auf Grund des gegenwärtigen Standpunktes der Wissenschaft gegeben (H. Schenck, Beiträge z. Biol. u. Anat. d. Lianen, im Besonderen der in Brasilien einheimischen Arten. Jena. G. Fischer I. T. 1892. II. T. 1893), an die wir uns hier in der Hauptsache anschliessen. Die Kletterpflanzen zerfallen nach H. Schenck in

- I. Rankenpflanzen, krautige oder holzige Pflanzen mit reizbaren Kletterorganen, die bei Berührung mit einer Stütze sich

an dieser durch Einkrümmung oder Umrangung befestigen. Sie umfassen:

1. die Blattkletterer, bei denen einzelne Theile des normalen Blattes (Spreite, Spitze oder Stiel) reizbar sind und die Function des Rankens haben;
 2. die Blattranker mit fadenförmiger, ausschliesslich der Befestigung dienenden Blattorganen;
 3. die Zweigklimmer, bei denen die Anfangsglieder der Achse reizbare, normal beblätterte Seitenzweige besitzen, während die Endglieder blattlose, vielgliederige Zweigranken tragen;
 4. die Hakenklemmer mit kurzen, hakenförmig gebogenen, später sich verdickenden reizbaren Kletterorganen (Inflorescenzstielen, Dornen etc.);
 5. die Uhrfederranker, Achsenranker, mit dünnen, schon frühzeitig uhrfederartig eingerollten elastischen, nackten Ranken, in denen sich die Stützen fangen, um in Folge des Contactreizes fest umgriffen zu werden;
 6. die Fadenranker, Achsenranker mit dünnen Fadenranken, durch Umwandlung von Inflorescenzachsen entstanden.
- II. Windepflanzen, Kletterpflanzen, deren negativ geotropische Stengel durch rotirende Nutation schraubenförmig um aufrechte Stützen emporwachsen. Die Reizbarkeit durch Contact mit Stützen fehlt.
- III. Wurzelkletterer, die sich nach Art unseres Epheus befestigen und wahrscheinlich aus kriechenden Pflanzen hervorgegangen sind.
- IV. Spreizklimmer, die durch abspreizende Seitenzweige mit oder ohne Stacheln oder Dornen ihre langgestreckten Stengel in dem Geäst der Stützpflanzen befestigen.

Die Kletterpflanzen können einjährige Gewächse oder Stauden oder Holzgewächse sein (holzige Lianen sind bei uns nur der Epheu, das Gaisblatt, die Waldrebe), immergrün oder laubabwerfend. Zu ihnen gehören xerophile Arten, auch Saprophyten (Galeolaarten) und Parasiten (Cassytha, gewisse Loranthaceen). Die besonderen Einrichtungen, die das Klettern vermitteln, sind meist in den ersten Keimstadien noch nicht bemerkbar, erst nach der Erstarkung der

jungen Kletterpflanze beginnen die Internodien der Langtriebe sich rasch zu strecken und die Triebe weit in die Höhe zu schiessen; kräftige Vegetation beginnt erst, wenn die schwanken Stengel feste Stützen gefunden, die Blattentfaltung folgt meist erst der Ausbildung der Klettervorrichtungen, so bei *Smilax*, *Bauhinia*, den Farnen mit windendem Blattstiel. Bei letzteren treiben die Fiederchen erst aus, wenn die windenden Blattspindeln, die oft viele Meter lang aus dem Rhizom hervorsprossen, ihre definitive Länge erreicht haben. Die Langtriebe bleiben bei den Kletterpflanzen meist unverzweigt. Erst wenn die Baumkronen oder reichlich Luft und Licht erreicht sind, beginnt reichliche Verzweigung; auch die Blütenbildung beginnt dann meist erst, was mit der Gewohnheit der grossen Mehrzahl der Insecten in Zusammenhang steht, die sonnigen Blüten zu besuchen. Bezüglich der Verbreitungsmittel der Früchte und Samen zeigen die Lianen keine Sonderheiten, dagegen zeigen die meisten Windepflanzen und viele Ranker in Bezug auf die Blattform grosse Uebereinstimmung. Die Blätter haben meist nierenförmige, herzförmige oder pfeilförmige Basis, ihre Spreite ist an der Basis inserirt, die Nervatur ist eine fingerartige, das ganze Aussehen der Blätter und ihre Stellung ist in den verschiedenen Familien (den Dioscoreen, Menispermaceen, Aristolochiaceen, Convolvulaceen etc.) eine so täuschend übereinstimmende, dass darin eine Beziehung zu der Kletterfunction zu suchen ist. Die Luftwurzelbildung der Epiphyten ist bei den Lianen eine seltene. Wie alle einer bestimmten Lebensweise angepassten Vegetationsformen, z. B. Wasserpflanzen, Parasiten etc., so vertheilen sich die Kletterpflanzen ungleich über die verschiedensten Familien. Familien, deren Vertreter zum grössten Theil Kletterpflanzen sind, sind z. B. die Smilaceen, Dioscoreaceen, Menispermaceen, Malpighiaceen, Sapindaceen (Trib. Pallinieen), Vitaceen, Passifloraceen, Cucurbitaceen, Nepenthaceen, die Triben Viciaeae, Phaseoleae und Dalbergieae der Papilionaceen, Convolvulaceen, Bignonieen, Apocynaceen, Asclepiadaceen. Gattungen mit ausschliesslich kletternden Arten innerhalb von Familien, die wenig Kletterer enthalten, sind z. B. *Lygodium* (Farne), *Herreria* (Liliaceen), *Vanilla* (Orchideen), *Clematis* (Ranunculaceen), *Humulus* (Urticaceen), *Euboselleae* und *Boussingaultieae* (Chenopodiaceen), *Gouanieae* (Rhamnaceen), *Hedera* (Araliaceen), *Aristolochia* (Aristolochiaceen), *Dalechampia* etc. (Euphorbiaceen). Gattungen, in denen nur wenige Arten Kletterer sind, sind z. B. *Selaginella*, *Polygonum*, *Begonia*, *Fuchsia*, *Cereus*, *Mimosa*, *Acacia*, *Valeriana*. Familien

ohne kletternde Arten sind die der verschiedensten Wasserpflanzen, die saprophytischen Familien Monotropaceae, Triuridaceae, Burmanniaceae, die parasitischen Familien der Balanophoraceen, Rafflesiaceen, Hydnoraceen, Lennoaceen, Orobanchen, ferner z. B. Coniferen, Juncaceen, Iridaceen, Bromeliaceen, Secicaceen, Juglandaceen, Cupuliferen, Pomaceen, Amygdalaceen, Hypericaceen, Malvaceen etc.

Manche Familien haben nur eine Art von Klettervorrichtung, so treten nur spreizklimmende Formen bei Cyperaceen, Gramineen, Palmen, Rosaceen, Onagraceen etc., nur Wurzelkletterer bei Pandanaceen, Araceen, Orchidaceen, Piperaceen, Araliaceen, Begoniaceen, nur Winder bei Magnoliaceen, Violaceen, Aristolochiaceen, Loasaceen, Campanulaceen, Oleaceen, Gentianeen, Boragineen, Convolvulaceen auf. Nur Blattranker finden sich bei Papaveraceen, Cucurbitaceen, Polemoniaceen, nur Stengelranker bei Linaceen, Vitaceen und Sapindaceen etc. In anderen Familien finden sich verschiedene Arten von Klettervorrichtungen zugleich, so z. B. bei den Papilionaceen, wo die Phaseoleen Winder, die Dalbergieen meist Zweigklimmer, die Vicieen meist Blattranker (mit Ausnahme von Abrus), die Galegeen und Hedysareen Winder sind; so finden sich unter den Liliaceen Blattspitzenranker, Winder, Spreizklimmer, unter den Polygalaceen Winder und Zweigkletterer; bei den Compositen findet sich neben Windern eine Gattung *Mutisia* mit wickenähnlichen Ranken.

Die Zahl der Lianen in den Tropenländern schätzt Kerner auf 2000, die in den gemässigten Ländern aber auf 200, doch dürfte nach Schenck die Zahl der Kletterpflanzen in den Tropen eine weit grössere sein. Die Hauptentwicklung der Lianen hat zwischen den Wendekreisen in den tropischen immergrünen Regenwäldern stattgefunden, wo der Kampf der Pflanzenwelt um Licht und Raum am stärksten zum Ausdruck kommen musste. Ausserhalb der Tropen finden sich aber für die Lianen — wie nach Schimper für die Epiphyten — noch zwei besondere Bildungsheerde, da in ihnen ein hoher Feuchtigkeitsgehalt der Luft und reichliche Niederschläge wiederkehren (jährliche Regenmenge über 200 cm), das antarctische Waldgebiet und Neuseeland. Beide enthalten endemische Lianenformen, so das südwestliche Küstengebiet Südamerikas vom Feuerland bis zum 56.° s. Br. in seinem nördlichen Theil z. B. die holzige Liane *Cornidia* oder *Hydrangea*, eine Saxifragee mit einem dicken Stamm, die hoch in die Bäume hinaufsteigt. Wie die südchilenische Lianengenossenschaft, so ist die von

Neuseeland (endemisch die kletternden Umbelliferen und Myrtaceen) anders zusammengesetzt als die tropisch-brasilische. In den Gebieten der gemässigten Zone, die mit den Tropen in Verbindung stehen (atlantische Staaten von Nordamerika, Ostasien) ist die Mannigfaltigkeit der Lianenformen (wie überhaupt der Flora) eine grössere als in den übrigen Theilen der gemässigten Zone. Die Hauptmasse der Lianen leitet sich darin von tropischen Floren-elementen ab.

§ 47. Die niederste Stufe der Kletterpflanzen nehmen die

1. Spreizklimmer

ein, welche weder winden noch Haftorgane oder reizbare Kletterorgane haben, sondern mit den Langsprossen (Lichtmangel!) in das Geäst hineinwachsen und mit ihrem Sprosssystem, wenn sie unbewehrt sind, einfach auf den Aesten der Stützpflanze ruhen; bei den vollkommener angepassten Formen kommen dann noch Stacheln, Dornen oder Klimmhaare dazu, die ein Festhalten erleichtern. Zu den unbewehrten Spreizklimmern gehören bei uns z. B. *Cucubalus baccifer* L. und andere Kräuter, die im Ufergebüsch oft mehrere Meter hoch emporklettern. Von tropischen Arten seien nach H. Schenk hier zunächst *Fuchsia integrifolia* hervorgehoben, die bis 15 m hoch in die Waldbäume klettert, indem sie sich mit horizontal abstehenden Seitenästen auf die Aeste der Stützpflanze auflegt. Ihre holzigen Stämme erreichen Armesdicke. Die langen Endschösslinge hängen in Bogen von den Baumkronen reich mit Blüten besetzt herab.

Von Polygonaceen bildet die tropische Gattung *Coccoloba* spreizklimmende Sträucher, wie *C. parvifolia*, *C. striata*. Bei *Caparis* giebt es unbewehrte Spreizklimmer (*C. lineata*) neben solchen, bei denen die Seitenzweige unbewehrt, die Langtriebe bewehrt sind (*C. Mitschellii* etc.). Von Compositen sind unbewehrte Spreizklimmer die brasilianischen Arten *Calea pinnatifida*, *Bidens rubifolius* und andere, von Monokotyledonen z. B. *Asparagus acutifolius* aus der Mittelmeergegend (*A. plumosus* windet mit den Langtrieben), von Gymnospermen verschiedene Ephedraarten (*E. altissima*, *E. foliata* etc.). Zu den bedornen Spreizklimmern gehört z. B. unser Teufelszwirn, *Lycium barbarum* (Solaneae), in den Tropen z. B. *Pisonia aculeata* mit geraden Langtrieben, deren Knoten kurze, rückwärts gerichtete

Zweigdorne tragen; die Ulmacee *Celtis brasiliensis*, stellenweise Dickichte bildend. Die Cactacee *Peireskia aculeata* bildet eine hoch in die Baumkrone gehende Liane mit Dornbüscheln (an offenen Stellen auch strauchig niederliegend, ästig).

Bestachelte Spreizklimmer mit rückwärts gerichteten Stacheln oder Stachelhaaren (Trichomen) sind unser *Galium Aparine*, *Rubia tinctorum*, *Asperula Aparine*, welche im Flussufergebüsch Westpreussens und Schlesiens bis 1 1/4 m emporklettert, *Loasa tricolor* und andere Loasaceen, die neben den Brennhaaren mit Widerhaken besetzte Klimmhaare besitzen, Arten der den Cyperaceen zugehörigen Gattung *Scleria*. *Scleria Flagellum* klettert nur etwa 1,5 m hoch, die brasilianische *Sc. reflexa* dagegen hoch in die Bäume des Unterholzes hinauf, das sie mit einer dichten, undurchdringlichen Grasvegetation überzieht. Hierher gehören ferner die Kletterrosen und Kletterbrombeeren, *Rosa sempervirens* des Mittelmeergebietes, *R. moschata* (Brasilien), *R. setigera* (Nordamerika), *R. Banksiae* (Südchina, in Südeuropa an Gartenhäusern häufig angepflanzt), die zum Theil ihre Blüthenzweige von den Kronen der höchsten Bäume herabfallen lassen, *Rubus australis* (Neuseeland), die immergrünen mexikanischen Rubi (*Rubus scandens*, *R. fagifolius*), während unsere deutschen Rubi nur unvollkommene Kletterer sind. Besondere Formen von Spreizklimmern liefern noch die in grosser Arten- und Individuenzahl auftretenden Bambusgräser der tropischen Wälder, die Kletterpalmen der alten und neuen Welt und tropische Gefässkryptogamen (die Farne *Gleichenia dichotoma*, Arten von *Davallia*, *Adiantum*, *Gymnogramme*) mit spreizklimmenden Wedeln oder spreizklimmenden Stämmen (*Selaginella scandens*, *S. Wildenowii*, *S. exaltata*, auch *Equisetum giganteum*).

2. Wurzelkletterer.

§ 48. Als einheimischer Vertreter der Wurzelkletterer, welche mit Hilfe adventiver Haftwurzeln an der Stütze emporklimmen, nennen wir den Epheu (*Hedera Helix*), dessen negativ heliotropische Klettersprosse, vom Licht abgelenkt, mit Wänden, Baumstämmen etc. in Berührung kommen und an der Contactstelle rasch Adventivwurzeln bilden. Ist das Ende der Stütze erreicht und die Pflanze erstarkt, so werden frei in die Luft ragende, nicht kletternde, wurzelfreie Sprossen gebildet, an welchen sich dann die Blüthen entwickeln. Auch in der Belaubung macht sich bei vielen Wurzel-

kletterern ein Dimorphismus geltend: die plagiotropen Klettertriebe erzeugen dem Substrat anliegende eckige Blätter, welche an der Basis am breitesten sind, die orthotropen Sprossen eiförmig zugespitzte Blätter mit der grössten Breite in der Mitte. An den Erstlingsblättern des Sämlings tritt ebenso, wie an den Stecklingen orthotroper Zweige, die letztere (weil ältere) Blattform auf. Auch an der kriechenden Bodenform unseres Epheus (die bei mangelnden Stützen auftritt) nähert sich die Blattform dieser letzteren.

Die Zahl der Wurzelkletterer ist eine verhältnissmässig kleine. Am bekanntesten sind noch die an den Wänden der Gewächshäuser bei uns emporkletternden Ficusarten (*Ficus repens*, *F. pumila* (= *stipulata*). Von anderen exotischen Arten seien genannt *Piper fluminense* (Brasilien), *P. nigrum*, *P. Betle* (in den Tropen der alten Welt). *P. nigrum* bildet in den Gewächshäusern verzweigte Adventivwurzeln, wenn es an Wänden emporklettern kann, sonst kommen (wenn es an einen Stab angebunden wird) dieselben nicht zur Entfaltung. Wurzelkletterer sind ferner z. B. *Rhus Toxicodendron* in der Var. *radicans*, *Evonymus radicans*, *Hydrangea altissima* (Himalaya), *Cereus nycticalus* (Cactacee), *Begonia fruticosa*, *B. convolvulacea* etc., *Metrosideros*arten (Myrtaceen), *Tecoma radicans*, *Bignonia unguis* und andere *Bignoniaceen*, *Araceen* (z. B. *Heteropsis salicifolia*, *Pothos*arten etc.), die dann nach Absterben des Hauptstammes von unten her zu Epiphyten werden können, wie *Monstera pertusa*, *Anthurium digitatum* etc., Arten von *Philodendron*. Wurzelkletternde Orchideen sind die *Vanilla*arten, Farne, Arten von *Scolopendrium*, *Nephrolepis*, *Oleandra*, *Lindsaya*, *Aspidium* (*A. abbreviatum*), *Lomaria*, *Lomariopsis*, *Polybotrya*.

3. Windende Gewächse.

§ 49. Die windenden Stengel (nur bei einigen Farnen, wie *Blechnum volubile*, *Lygodium*, windet der Blattstiel oder die Spindel des Wedels) stellen die verbreitetste Klettervorrichtung dar, die zuweilen auch mit Kletterwurzeln oder Rankenbildung combinirt ist. Das Winden findet auch ohne Stütze statt, daher ist ein Contactreiz, wie er früher für nöthig erachtet wurde (nur bei den parasitischen Gattungen *Cuscuta* und *Cassytha* ist ein Berührungsreiz nöthig), eben so wenig wie die von Schwendener und Ambronn

angenommene Greifbewegung der Enden der Internodien zum Winden erforderlich. Das Winden beruht vielmehr in der Hauptsache auf zwei Factoren, der Circumnutation oder rotirenden Nutation, d. h. einem allmählich um den Stengel in regelmässiger Abwechslung herumgreifenden einseitig stärkeren Längenwachstum der „Flankenkrümmung“, welche das Sprossende im Kreis oder einer ellipsenähnlichen Kurve herumführt und auf dem negativen Geotropismus, durch den das Sprossende sich aufrichtet und ein schraubenförmiges Aufwärtswachsen zeigt. Auch die Torsionen der Stengel, die bei nicht windenden Pflanzen und bei windenden (aber nicht allen) auftreten, haben mit dem eigentlichen Winden nichts zu thun. Verfolgen wir den Vorgang des Windens nach Darwin's Beschreibung beim Hopfen: „Wenn der Sprössling einer Hopfenpflanze (*Humulus Lupulus*) sich vom Boden erhebt, so sind die zwei oder drei zuerst gebildeten Glieder oder Internodien gerade und bleiben es stets; man sieht aber, wie das sich nächst entwickelnde, so lange es noch sehr jung ist, sich nach einer Seite biegt und langsam nach allen Richtungen des Compasses herumwandert, wobei es sich wie die Zeiger der Uhr mit der Sonne bewegt. Die Bewegung erhält sehr bald ihre volle gewöhnliche Geschwindigkeit. Aus sieben Beobachtungen, welche während des Monats August an Sprösslingen angestellt wurden, die aus einer nieder geschnittenen Pflanze hervorkamen, und dann an einer anderen Pflanze während des Aprils, ergab sich als mittlere Geschwindigkeit während warmen Wetters und bei Tage 2 Stunden 8 Minuten für jeden Umlauf; und keiner der Umläufe wich von dieser Geschwindigkeit bedeutend ab. Die revolute Bewegung dauert fast so lange, als die Pflanze zu wachsen fortfährt; jedes einzelne Internodium aber hört auf, sich zu bewegen, sobald es alt wird. Um noch genauer zu ermitteln, welchen Betrag von Bewegung ein jedes Internodium ausführte, hielt ich eine eingetopfte Pflanze während der Nacht und des Tages in einem gut geheizten Zimmer, an welches ich durch Krankheit gefesselt war. Ein langer Schoss ragte über das obere Ende des unterstützenden Stabes in die Höhe und war in beständiger Umdrehung. Ich nahm dann einen längeren Stab und band den Schoss auf, so dass nur ein sehr junges, $1\frac{3}{4}$ Zoll langes Internodium freigelassen wurde. Dies war beinahe so aufrecht, dass seine Drehung nicht leicht zu beobachten war; aber es bewegte sich gewiss; die Seite des Internodiums, welche zu einer Zeit convex war, wurde concav, was, wie wir später sehen werden, ein sicheres Zeichen

der revolutiven Bewegung ist. Ich will annehmen, dass es wenigstens einen Umlauf während der ersten 24 Stunden machte. Zeitig am nächsten Morgen wurde seine Stellung bezeichnet, und in 9 Stunden machte es einen zweiten Umlauf. Während des letzten Theils dieser Umdrehung bewegte es sich viel schneller, und der dritte Kreis wurde am Abend in ein wenig mehr als 3 Stunden beschrieben. Da ich am darauf folgenden Morgen fand, dass der Schoss in 2 Stunden 45 Minuten einen Umlauf machte, so muss er während der Nacht 4 Umdrehungen beschrieben haben, eine jede im Mittel mit einer Geschwindigkeit von etwas über 3 Stunden. Ich muss noch hinzufügen, dass die Temperatur des Zimmers nur wenig schwankte. - Der Schoss war um $3\frac{1}{2}$ Zoll in der Länge gewachsen und trug an seinem Ende ein junges, 1 Zoll langes Internodium, welches in seiner Krümmung bedeutende Abänderungen darbot. Die nächste oder neunte Umdrehung wurde in 2 Stunden 30 Minuten ausgeführt. Von dieser Zeit an weiter waren die Umdrehungen leicht zu beobachten. Die 36. Umdrehung wurde in der gewöhnlichen Geschwindigkeit ausgeführt, ebenso auch noch die letzte oder 37.; diese wurde aber nicht vollendet; denn das Internodium stellte sich plötzlich aufrecht und blieb, nachdem es sich in die Mitte bewegt hatte, bewegungslos. Ich band ein Gewicht an ein oberes Ende, um es ein wenig zu biegen und auf diese Weise irgend eine etwaige Bewegung leicht entdecken zu können; aber es trat keine ein. Einige Zeit, ehe der letzte Umlauf halb vollendet war, hörte der untere Theil des Internodiums auf, sich zu bewegen. Wenig weitere Bemerkungen werden das alles vervollständigen, was noch über dieses Internodium zu sagen nöthig ist. Es bewegte sich während 5 Tagen; aber die rapideren Bewegungen, nach Vollendung des dritten Umlaufs, dauerten 3 Tage und 20 Stunden lang. Die regelmässigen Drehungen, von der 9. bis zur 36. inclusive, wurden im Mittel mit einer Geschwindigkeit von 2 Stunden 31 Minuten ausgeführt. Das Wetter war aber kalt und dies beeinflusste auch die Temperatur des Zimmers, besonders während der Nacht, und verzögerte folglich auch die Geschwindigkeit der Bewegung ein wenig. Es trat nur eine einzige unregelmässige Bewegung ein, und diese bestand darin, dass der Stamm nach einer ungewöhnlich langsamen Umdrehung rapid nur ein Kreissegment beschrieb. Nach der 17. Drehung trug das Internodium, das von $1\frac{3}{4}$ bis zu 6 Zoll Länge gewachsen war, ein $1\frac{7}{8}$ Zoll langes Internodium, welches sich eben wahrnehmbar bewegte; und dies wieder trug ein

minutiöses endständiges Internodium. Nach der 21. Drehung war das vorletzte Internodium $2\frac{1}{2}$ Zoll lang und drehte sich wahrscheinlich in einer Periode von ungefähr 3 Stunden, bei der 27. Drehung war das untere und sich noch immer bewegende Internodium $8\frac{3}{4}$ Zoll, das vorletzte $3\frac{1}{2}$ Zoll und das letzte $2\frac{1}{2}$ Zoll lang; die Neigung des ganzen Schösslings war derartig, dass ein Kreis von 19 Zoll Durchmesser von ihm beschrieben wurde. Als die Bewegung aufhörte, war das unterste Internodium 9 Zoll, das vorletzte 6 Zoll lang, so dass von der 27. Drehung bis zur 37. incl. 3 Internodien sich zu gleicher Zeit drehen.“

Auch bei anderen Windepflanzen bleiben die ersten Internodien kurz und gerade, ohne zu winden, so sind es bei *Convolvulus Ipomoea*, *Aristolochia*, *Lonicera*, *Thunbergia* etc. die 3—5 untersten Internodien, bei anderen noch mehr. Entweder winden alle Stengel der Windepflanzen oder nur die obersten Sprosse wie bei *Periploca graeca*, bei *Combretum graecum* finden sich zweierlei Sprosse, nicht windende und windende.

Neben den ausgeprägten Windepflanzen, die stets winden, gibt es solche, die an dem einen Ort winden, am anderen nicht. Bei *Vincetoxicum officinale* winden nur besonders üppige hohe Exemplare in ihrem oberen Theil, *Ipomoea argyraeoides* und *Ceropejaarten* wachsen in ihrer trockenen Heimath (Südafrika) aufrecht, winden aber in der Cultur um Stäbe, *Polygonum Convolvulus* beginnt erst im Sommer je nach der Witterung früher oder später zu winden und verliert die Eigenschaft als Windepflanze nach Palm im Herbst wieder, *Convolvulus arvensis* vollführt an offenen Stellen nur schwache Nutationen und kriecht, ohne zu winden, windet dagegen in Getreidefeldern. Auch bei typischen Windepflanzen, wie bei *Phaseolus vulgaris*, bilden Culturformen (Buschbohnen) Rückschläge in die nichtwindende Urforn. Umgekehrt hat Noll gezeigt, dass auch bei Nichtwindern rotirende Nutation hervorgerufen werden kann, wenn die Internodien durch gewisse äussere Bedingungen zu einer starken Verlängerung der Internodien gezwungen werden.

Gute Winder vollenden einen Umlauf in $1\frac{1}{4}$ — $2\frac{1}{2}$ Stunden, während andere, wie *Lygodium scandens* (5 Stunden 45 Minuten), über 5 Stunden bis zu 2 Tagen zu einem Umlauf nöthig haben. Die meisten Winder umwinden noch Stützen, die bis zu 45° geneigt sind. Nach Mohl begann *Ipomoea* bereits an einer Stütze zu winden, die 20° gegen den Horizont geneigt war, *Phaseolus* bei 40° . Umwinden von Stützen nach abwärts ist nur möglich für

positiv geotropische Organe, z. B. die Luftwurzeln brasilianischer Philodendren.

Bei den meisten Windepflanzen ist die Richtung constant, so sind z. B. (nach Schenk) typische

Linkswinder:

Blechnum volubile (Farne)	Cynanchum (Asclep.)
Aconitum volubile (Ranuncul.)	Asclepias "
Akebia (Lardizab.)	Hoya "
Cassytha (Laur.)	Ceropegia "
Dalechampia (Euphorb.)	Ipomoea (Convolv.)
Aristolochia (Aristol.)	Pharbitis "
Wistaria (Papilionaceen)	Calystegia "
Phaseolus "	Quamoclit "
Nissolia "	Convolvulus "
Dolichos "	Cuscuta "
Glycine "	Thunbergia (Acanth.)
Abries "	Mikania (Compositen).

Rechtswinder:

Tamus communis (Dioscor.)	Plumbago (Plumb.)
Humulus (Urticac.)	Clerodendron (Verben.)
Polygonum (Polygon.)	Lonicera (Caprifoliaceen).
Corynostylis (Violaceen)	

Andere Winder winden bald nach rechts, bald nach links, wie *Solanum Dulcamara*, von *Loasa aurantiaca* beobachtete Darwin 8 links, 5 rechts windende, 4 die anfangs in der einen, dann in der anderen Richtung wanden, *Ipomoea jucunda*, *Mühlenbeckia* (Polygon.) etc. winden bald rechts, bald links. Die Richtung des Windens scheint von äusseren Einflüssen unabhängig zu sein, sie gehört zu den erblichen Eigenthümlichkeiten der Pflanze.

Häufig ist das Winden — eine Anpassung an glatte Stützen — mit anderen Vorrichtungen combinirt, wie mit den ankerförmigen Kletthaaren bei *Humulus Lupulus*, *H. japonicus*, Loasaceen, *Phaseolus multiflorus*, durch Dornen, Stacheln u. dergl. Eine Combination von Wurzelkletterern und Windern stellen manche Asclepiadeen (*Tecoma radicans* hat sich zu den letzteren umgebildet), Combinationen von Windern mit Rankenträgern manche Bignoniaceen, *Tropaeolum*-arten, Arten von *Clematis* dar.

4. Rankenpflanzen.

§ 50. Für die Rankenpflanzen im Sinne Schenk's ist die Reizbarkeit für andauernde Berührung mit dargebotenen Stützen (Haptotropismus) das gemeinsame Merkmal, so dass auch Hakenkletterer wie *Olax* mit rückwärts eingekrümmten Dornen als Kletterorganen, dazu gehören, weil in den Haken in Folge des Contactreizes eine beträchtliche secundäre Verdickung eintritt. Die Rankenpflanzen — die höchste Anpassungsstufe der Lianen — weisen sehr verschiedenartige rankende Organe auf: Fadenranken, Uhrfederranken, Hakenranken, Zweigranken. Oft haben die rankenden Organe gleichzeitig noch andere Functionen zu verrichten, wie die rankenden Blattstiele, Blattspreiten, Laubzweige, Inflorescenzachsen. Die Reizbarkeit ist am stärksten bei Fadenrankern, am schwächsten bei Blattstielrankern.

Nach den Untersuchungen Pfeffer's führt der Contact nur durch die Fortdauer von Stosswirkungen zur Reizung, nicht durch hydrostatischen Druck. Mechanische Erschütterungen durch Wind, Regen etc. üben keine Reizung aus. Die Reaction auf die Reize erfolgt so schnell, dass es sich nur um vitale Aeusserungen des Plasmas handeln kann. *Cyclanthera pedata* macht bereits nach 5 Secunden Reizkrümmungen, die fadenförmigen Ranken von *Passiflora gracilis* führen nach Darwin schon 25 Secunden nach dem Contactreiz durch ein Stückchen Platindraht von 1,23 mg hakenförmige Krümmung aus und bei *Sicyos angulatus* nach 30 Secunden. Die haptotropische Reizbarkeit nimmt nach der Spitze der Ranken hin zu, beginnt erst in einem bestimmten Entwicklungsstadium derselben und dauert beschränkte Zeit hindurch an. Sie ist entweder eine allseitige, wie bei den Zweigklimmern und Blattstielklimmern, oder ist auf die concave Seite beschränkt, wie bei den Haken- und Uhrfederranken und den Blattspitzenklimmern.

Das Erfassen der Stützen erfolgt in verschiedener Weise. Hakenklimmer, Uhrfederranker, Blattspitzenklimmer fangen die Stützen ein und klammern sie fest durch stärkeres Einkrümmen; Blattstiel- und Spreitenklimmer, Zweigklimmer und Fadenranker umranken die Stützen nach der Reizung. Das Umranken in Folge der Reizbarkeit kann in jeder Lage der Stütze und nach jeder Richtung (rechts oder links herum) erfolgen, während das Winden ohne Reiz meist nach bestimmter Richtung erfolgt.

Während bei den Blatt- und Zweigklimmern nach dem Umfassen der Stützen nur eine Verdickung der gewundenen Theile der Ranken stattfindet, haben die Fadenranker fast allgemein die Eigenschaft, sich spiralig zusammenzuziehen, z. B. bei Cucurbitaceen, Passiflora, Vitaceen etc.

Das spiralige Einrollen des freien Rankentheiles zwischen der Stütze und der Ansatzstelle der Ranke erfolgt $\frac{1}{2}$ —2 Tage, nachdem die Stütze ergriffen worden ist. Es kommt durch nachträgliche stärkere Streckung der Rindenzellen längs der convexen Aussen- und die dabei auftretenden Torsionen (durch die die Wendepunkte entstehen) zu Stande und führt eine elastische Verbindung des Langtriebes mit der Spitze herbei, durch die herabhängende Langsprosse aufgerichtet und heraufgezogen werden; der einmal befestigte Theil der Ranke wird hart und spröde. Spiraliges Einrollen erfolgt im Pflanzenreich auch bei den Fruchtstielen nicht-rankender Gewächse, aber zu anderem Zweck, so bei *Vallisneria spiralis*, *Enalus acoroides*, *Ruppia maritima* var; *spiralis*, *Cyclaminus europaeus*. Secundäre Hilfsmittel beim Klettern, durch die das Auffinden der Stützen erleichtert wird, sind spontane Nutationsbewegungen, die sich besonders bei Blattstielklimmern und Fadenrankern finden, sei es, dass die Ranken allein oder die oberen Internodien der sie tragenden Langsprosse oder beide zugleich diese Bewegung ausführen. Während des Rotationsstadiums besitzen nach Wortmann die Ranken auch Geotropismus. Die Mannigfaltigkeit der Rankenformen, die häufig noch mit anderen Klettdevorrichtungen gepaart sind, erklärt sich aus der Verschiedenheit der Stützen. *Fumaria officinalis*, *Vicieen* sind dem Erfassen sehr dünner Stützen angepasst, *Lathyrusarten*, *Bryoniaarten* haben sich im Gesträuch mit zahlreichen Stützen zu befestigen etc. und die Krallenranken von *Bignonia unguis* wie die Haftscheibenranken gestatten, ihre Träger an breiter Unterlage steil in die Höhe zu ziehen.

a) Blattkletterer.

Blattspreitenklimmer sind viele *Fumariaceen*, so *Fumaria officinalis* (in der *Forma oleracea* und *Fum. off. β* *Wirtgeni* dagegen nicht in der *Forma arvensis*), bei der Fiedergipfel und Fiederstielchen höherer Ordnung sensitiv sind und Grashalme und andere Stützen umwinden. Internodien und Blätter führen nach Darwin spontane, unregelmässige Nutationen aus. Auch

Fumaria capreolata klettert. Eine höhere Stufe von Blattklimmern zeigt jedoch erst *Corydallis claviculata*, bei der die letzten Auszweigungen der Blätter (2—3fach gefiedert) aber bereits zu typischen, fadenförmigen Ranken umgebildet sind. Ebenso verhalten sich noch verschiedene *Corydallis*arten vom Cap der guten Hoffnung (*C. cracca* u. a.), von Nordafrika und bei *Dicentra*arten (*D. thalictrifolia*, *D. scandens* etc. vom Himalaya) haben sich aus den Blattspreitenklimmern bereits vollkommene Blattfadenranker gebildet.

Von Blattstielklimmern seien erwähnt *Hablitzia tamoides* (*Chenopodiacee* vom Kaukasus), *Clematis*, *Atragene* (*Ranunculaceen*), die meisten Arten von *Tropaeolum*, die südeuropäische *Linaria cirrhosa*. Bei manchen Varietäten von *Antirrhinum majus* (*angustifolium*, *ramosissimum*) ranken nicht die Blattstiele, sondern kurze, dünne, mit hochblattähnlichen Laubblättern besetzte Seitenäste der Langsprosse. Die Arten der in den Tropen der Alten Welt einheimischen Gattung *Nepenthes* bilden aus den kriechenden Rhizomen bis über 10 m hoch steigende Klettersprosse. Das vollständige Blatt besteht bei ihnen aus einer spreitenartigen Basis (*Assimilationsorgan*), die in einen als Ranke fungirenden langen Stiel (*Kletterorgan*) übergeht, und am Ende des letzteren aus der zu einer bedeckelten Kanne (*Organ zum Insectenfang*) umgewandelten eigentlichen Blattspreite.

Bei Blattspitzenklimmern wird der fehlende Stiel ersetzt, durch die verlängerte rankenartig ausgebildete Blattspitze der schmal linealischen oder lanzettlichen Blätter. *Flagellaria indica* (*Flagellariacee*) ist ein hochkletternder Blattspitzenklimmer Asiens und Afrikas, bei dem im Gegensatz zu anderen Vertretern dieser biologischen Gruppe die obere Seite des Blattendes reizbar ist. Es gehören hierher noch Arten der Liliaceengattungen *Gloriosa* (3 Arten), *Littonia* (2 Arten), *Fritillaria* (*F. cirrhosa*, *F. verticillata*, *F. ruthenica*) und die epiphytische *Bromeliacee Tillandsia circinalis*.

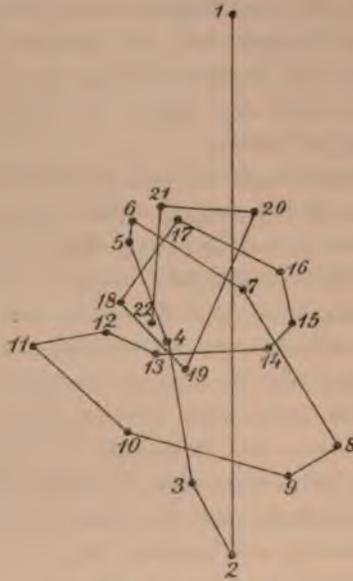
b) Blattranker.

Blattranker sind nur aus 9 Pflanzenfamilien bekannt, wovon aber die *Smilaceen*, *Papilionaceen*, *Bignoniaceen* und *Cucurbitaceen* eine sehr grosse Zahl von Arten liefern. So sind in der *Monocotyledonenfamilie* der *Smilaceen* bei *Smilax* 200 Arten, bei *Heterosmilax* 5 Arten Blattranker, während die dritte Gattung der *Smilaceen*, *Rhipogonum* kletternde Sträucher ohne Ranken umfasst. Zahlreich

sind die rankenden Papilionaceen besonders der Gruppe der Vicieen. Die gefiederten Blätter der letzteren sind in einen assimilirenden Theil und einen der Kletterfunction dienenden getrennt. Ist eine einfache Ranke vorhanden, so entspricht diese morphologisch dem Endfiederchen (Mittelrippe), so bei *Ervum Lens*, *E. gracile*, *Vicia cassubica*, *Lathyrus Aphaca*; da, wo die Ranken zusammengesetzt sind, entsprechen ihre Theile dem Endfiederchen und den letzten Seitenfiederchen. So ist es bei *Pisum sativum*, *Vicia sepium*, *V. cracca*, *V. villosa*, *Lathyrus silvestris*, *Ervum hirsutum*. *Lathyrus Nissolia* besitzt keine Ranken und bei anderen Arten der oben genannten Gattungen, der Section *Orobus* der Gattung *Lathyrus*, *Ervum Ervilia*, *Vicia faba* etc. tragen die Blätter ein reducirtes Endfiederchen, die sogen. *Setula*.

Die gemeine Erbse, *Pisum sativum*, hat Dutrochet zum Gegenstand einer besonderen Abhandlung gemacht, in der er zuerst nachwies, dass die Internodien und Ranken in Ellipsen rotiren. Darwin hat dieselben gleichfalls eingehender studirt und seine Versuche lassen sich leicht wiederholen und gewähren einen klaren Einblick in die Bewegungsverhältnisse der Rankenkletterer. Derselbe sagt: „Die Ellipsen sind sehr schmal, nähern sich aber zuweilen Kreisen. Ich habe mehrere Male beobachtet, dass die längere Achse langsam ihre Richtung ändert, was von Bedeutung ist, da damit die Ranke durch einen weiteren Raum schwingt. In Folge dieser Veränderung der Richtung und gleichfalls auch der Bewegung des Stengels nach dem Lichte hin bilden die auf einander folgenden unregelmässigen Ellipsen meistens eine unregelmässige Spirale. Ich habe es der Mühe für werth gehalten, eine Nachzeichnung des von dem oberen Internodium (mit Vernachlässigung der Bewegung der Ranke) einer jungen Pflanze von 8 Uhr 40 Minuten Vormittags bis 10 Uhr 15 Minuten Nachmittags eingeschlagenen Laufes hier beizufügen. Die Bahn wurde auf einem halbkugligen, über die Pflanze gestürzten Glase aufgetragen und die Punkte mit den Zahlen geben die Beobachtungsstunden; jeder Punkt ist mit den anderen durch eine gerade Linie verbunden. Ohne Zweifel würden sämmtliche Linien gekrümmt gewesen sein, wenn die Bahn in viel kürzeren Intervallen beobachtet worden wäre. Das Ende des Blattstiels, von dem die ganze Ranke entsprang, war 2 Zoll vom Glase entfernt, so dass, wenn man einen 2 Zoll langen Stift an dem Blattstiele hätte befestigen können, dieser die umstehende Figur an der unteren Seite des Glases gezeichnet haben würde; man muss aber im Auge behalten, dass die

Figur um die Hälfte verkleinert ist. Vernachlässigt man den ersten grossen Schwung nach dem Lichte zu von der Zahl 1 nach 2, so durchlief das Ende des Blattstiels einen Raum von 4 Zoll quer in einer Richtung und von 3 Zoll in einer anderen. Da eine völlig ausgewachsene Ranke beträchtlich länger als 2 Zoll ist, und da die Ranke selbst in Harmonie mit dem Internodium sich biegt und rotirt, so wird ein beträchtlich weiterer Raum durchlaufen, als der



Seite des Zimmers mit Fenster.

Fig. 8.

Schema, welches die Bewegung des oberen Internodiums der gemeinen Erbse zeigt, auf einem halbkugligen Glase aufgezeichnet und auf Papier übertragen; um die Hälfte verkleinert. Nach Darwin.

Nr.	Uhr	Min.	Vormittags	Nr.	Uhr	Min.	Nachmittags
1.	8	46		12.	3	30	
2.	10	0		13.	3	48	
3.	11	0		14.	4	40	
4.	11	37		15.	5	5	
5.	12	7	Nachmittags	16.	5	25	
6.	12	30		17.	5	50	
7.	1	0		18.	6	25	
8.	1	30		19.	7	0	
9.	1	55		20.	7	45	
10.	2	25		21.	8	30	
11.	3	0		22.	9	15	

hier in verkleinertem Massstabe dargestellte. Dutrochet beobachtete die Vollendung einer Ellipse in 1 Stunde 20 Minuten; ich sah eine in 1 Stunde 30 Minuten sich vollenden. Die eingehaltene

Richtung ist schwankend, entweder der Sonne folgend oder gegen dieselbe.“

Dutrochet hatte behauptet, dass auch die Stiele spontan rotiren, doch hat Darwin gezeigt, dass dies auf einem Irrthum beruht. So lange die Ranken noch jung sind (die Blättchen am Stiel noch wenig ausgebreitet sind), sind sie in hohem Grade reizbar; ein einfaches leichtes Berühren an der unteren concaven Fläche in der Nähe der Spitze bewirkte, wie Darwin fand, eine schnelle Biegung, während die convexe Oberfläche unempfindlich war. Haben sich die Ranken in Folge einer Berührung gebogen, so strecken sie sich in ungefähr 2 Stunden wieder aus und sind dann bereit, von Neuem zu fungiren.

Unter den Mimoseen enthält die Gattung *Entada* Blattranker (*E. scandens*, *E. polystachya*) neben blattstielrankenden Formen. Unter den Polemoniaceen sind die Arten von *Cobaea*, besonders die *Cobaea scandens* unserer Gärten ausgezeichnete Ranker, deren reichverzweigte Endranke der Ausgliederung eines einzigen Endblättchens entspricht (während bei den *Vicieen* die Seitenzweige den Seitenfiedern entsprechen). Sehr mannigfaltige Formen von Blattranken treten bei den *Bignonieen* auf, die sich in drei Hauptgruppen unterbringen lassen. Zunächst giebt es einfache oder an der Spitze dreigabelige Ranken mit langem Hauptstiel. Eine zweite Form von *Bignonieen*ranken findet sich bei *Bignonia unguis*, *B. catharinensis* und verwandten Arten, dreispaltige kurze Endranken, welche die Form eines dreikralligen Vogelfusses nachahmen. Die einzelnen Krallen sind hart und kräftig, in der Mitte dicker, am Ende mit einer scharfen, rückwärts gebogenen Spitze. Mit den Krallenranken sind Haftwurzeln und das Vermögen zu winden combinirt. Eine dritte Kategorie der *Bignonieen* besitzt einfache oder dreigabelige Ranken, welche an ihren Enden in Folge des Contactreizes Haftscheiben erzeugen können, Anpassungen an das Emporklettern an dicken Stämmen und Felswänden. Zu ihnen gehört das auch in anderer Hinsicht biologisch merkwürdige *Pithecoctenium phaseoloides*, dessen lange, zwei- bis dreitheiligen Rankenäste sowohl wie gewöhnliche Fadenranken fungiren können, als auch bei Contact der Enden mit Stützen Haftscheiben mit lange andauerndem Randwachsthum bilden. Letztere verschmelzen mit der Unterlage meist so innig, dass es kaum möglich ist, beide zu trennen, ohne das eine oder andere zu zerreißen; so fand ich die Verbindung von Exemplaren, welche mir Fritz Müller ge-

sandt hatte und die an einem Bretterzaun sich befestigt hatten. Aehnlich verhalten sich *Anisostictus capreolata* und andere Arten.

Unter den Compositen finden sich Blattranker bei der süd-amerikanischen Gattung *Mutisia*, z. B. bei *Mutisia speciosa*, *M. grandiflora* etc. Die höchstentwickelten Formen der Blattranker finden sich schliesslich in den Cucurbitaceen, deren überwiegende Mehrzahl Ranken besitzt. Zu den wenigen nicht kletternden Formen gehören z. B. *Cucumis rigidus* (Südafrika), *Momordica Elaterium*, *Dendrosicyos* (Bäume mit fleischigem Stamm). Die wesentlichsten reizbaren und spiralig sich aufrollenden Theile der Ranken sind ohne Zweifel den Blättern analog; die einfachen Ranken sind nach der Auffassung von Warming und Anderen umgewandelte Vorblätter, bei mehrarmigen Ranken entspricht der Hauptarm dem Vorblatt, die übrigen Arme sind den Blättern eines an diesem Vorblatt in die Höhe gerückten Achselsprosses analog. Nach der Befestigung der sehr irritablen, oft bis zu einem halben Meter langen Ranken erfolgt abwärts fortschreitend spiraliges Aufrollen. Bei manchen Arten, wie *Sicyos angulatus*, *Trichosanthes anguina*, *T. Kirilowii*, tritt zu den übrigen vollkommenen Befestigungseinrichtungen der Cucurbitaceen (Wucherungen der Rinde und Epidermiszellen der concaven Seite, die in alle Vertiefungen der Stütze eindringen) noch die Abscheidung eines Klebstoffes durch den Contactreiz der Befestigungsmittel. Wenn die Ranken dieser Arten auf einen Gegenstand stossen, den sie nicht umfassen können, so rollt sich die Spitze zu einem Knäuel zusammen, schwillt an und heftet sich durch Abscheidung eines Klebstoffes fest, wonach die Einrollung der übrigen Ranke beginnt.

c) Zweigklimmer.

Bei den Zweigklimmern, die mit Ausnahme von *Antirrhinum*-arten tropische Klettersträucher sind, bildet die Ausgangsform normale beblätterte Seitenzweige, die reizbar geworden sind. Fritz Müller hat diese Kategorie von Kletterpflanzen entdeckt und zuerst beschrieben. Es gehören zu ihnen Sträucher, deren junge Zweige sich sämtlich rankenartig zu krümmen vermögen (*Securidaca*, *Dalbergia*), solche, die empfindliche und unempfindliche, im Uebrigen aber gleiche Zweige besitzen (*Hippocratea*), und solche, an denen bestimmte Zweige zu rankenähnlichen, blattlosen Gebilden umgewandelt sind, die aber wieder in gewöhnliche Zweige übergehen können.

Bei *Securidaca Sellowiana*, einer strauchartigen, gleichzeitig eine ganze Anzahl von Baumkronen überdeckenden Polygalee Brasiliens, senken sich die jungen Zweige unter dem eigenen Gewicht und biegen sich wie Ranken um, wenn sie auf eine Stütze, selbst vom geringsten Widerstand (etwa ein welkendes Farnkraut) kommen. Die Hauptverdickung der sich krümmenden Aeste findet hauptsächlich auf der concaven Seite statt. Aehnlich ist es bei *Dahlbergia variabilis* und anderen verwandten Papilionaceen, während bei einer anderen *Dahlbergia*, *Ecastophyllum*, sich nicht immer Rankenzweige finden. Bei *Hippocratea* (Hippocrateaceen) finden sich zweierlei Zweige. Aus den Blattwinkeln entspringen je zwei Knospen über einander, deren obere einen Zweig hervorbringt, der emporstrebt, ohne sich an Berührung und Druck zu kehren, während die untere, ältere zu einem sehr empfindlichen, aber sonst in gleicher Weise beblätterten Rankenzweig aussprosst. Schenck hat von Hippocrateaceen noch eine grössere Zahl von Hippocratearten (z. B. *H. ovata*, *H. floribunda*, *H. indica*) und *Salacia* als Zweigklimmer erkannt. Während aber bei den brasilianischen Arten empfindliche und nicht empfindliche Zweige gleich beblättert sind, tritt bei gewissen tropisch-asiatischen Arten nach Schimper ein deutlicher Dimorphismus zu Tage. Bei *Salacia Buddingthii* findet sich dort nur eine geringe Differenzirung der Kletterzweige, bei *Sal. melitocarpa* sind die Blätter der rankenden Zweige etwas reducirt, bei *Sal. urariformis* und *Sal. longifolia* sind die Blätter derselben oft, bei *Hippocratea Glaga* meist rudimentär und am weitesten ist der Dimorphismus bei *Sal. oblongifolia* und *Sal. polyantha* gediehen. Schenck führt von Zweigklimmern noch Arten an aus den Familien der Comaraceen, Mimosaceen (*Acacia pteridifolia*, *A. lacerans*, *A. velutina*, *A. plumosa* etc.), Anonaceen (*Uvaria microcarpa* etc., *Oxymitra cuneiformis*), Thymelaeaceen (*Linostoma calophylloides*).

d) Hakenkletterer.

Die Kletterorgane der Hakenkletterer sind reizbare, blattlose Stengelgebilde von Haken- oder Krallenform (oder eingerollt), die nach Empfang einer Stütze sich stärker krümmen und bedeutendes Dickenwachsthum erfahren. Entweder sind es reizbar gewordene Dornen, so bei *Olox scandens*, *Luvunga eleutherandra*, *Paramignya armata*, oder — in den meisten Fällen — umgewandelte Inflorescenzstiele. Dies letztere ist der Fall bei Anonaceen (*Artabotrys odora-*

tissimus und anderen Arten der Gattung), Linaceen (*Hugonia*, *Roucheria*), Dipterocarpaceen (allen *Ancistrocladus*-arten, z. B. *A. Heyneanus*), Loganiaceen (*Strychnos*-arten), Rubiaceen (*Uncaria ovalifolia*, *U. sclerophylla*, *U. ferrea* und ca. 15 anderen Arten).

e) Uhrfederranker.

Die Uhrfederranken sind Achsengebilde, die sich in einer Ebene zu einer lockeren elastischen Spirale uhrfederartig aufrollen. Von den Fadenranken unterscheiden sie sich dadurch, dass sie bald hart werden. Sie fangen die Stützen in ähnlicher Weise ein wie die Reizhaken, sind aber viel dünner, länger, stärker eingerollt und elastischer als diese, meist von oben nach unten abgeplattet. Die Uhrfederranken sind auf der Unterseite reizbar, sie krümmen sich nach dem Einfangen der Stützen stärker und verdicken sich, wenn auch nicht in dem Masse wie die Reizhaken. Reizhaken, Uhrfederranken und Fadenranken sind selbständig neben einander zur Ausprägung gekommene Formen von rankenden Organen.

Uhrfederranker finden sich in den Familien der Rhamnaceen (*Gouania urticaefolia*, *G. mollis*, *Helinus ovata* etc.), Caesalpiniaceen (*Bauhinia*), Sapindaceen (*Urvillea*, *Serjania*, *Cardiospermum*, *Paulinia*, *Thinonia*), Olacaceen (*Combretopsis*).

f) Fadenranker.

Fadenranken von Achsennatur sind besonders den Vitaceen und Passifloraceen eigen. Die Fadenranken sind im reizbaren Stadium gerade oder nur wenig gebogen. Sie umwickeln entweder die Stützen oder befestigen sich durch Haftscheiben, um sich danach in dem unteren Theile schraubenzieherartig einzurollen. Sie verholzen erst nach der Befestigung. Während bei den Uhrfederranken die Stützen sich in den Ranken fangen müssen, geschieht hier das Erfassen der Stützen durch active Bewegung, durch Nutation oder, z. B. bei *Ampelopsis quinquefolia*, durch negativen Heliotropismus. Die Ranken der Vitaceen besitzen einen sympodialen Aufbau, am vollkommensten sind sie bei den tropischen *Cissus*-arten. Bei den mit Haftscheiben versehenen Arten von *Ampelopsis* ist die Zahl der Aeste nach den Arten verschieden, bei *A. hederacea* z. B. 8, bei *A. muralis* 7—12. Bei *Vitis vinifera* sind meist 2 Rankenäste vorhanden; bei der chinesischen *Vitis serjaniaefolia* hat das unterste

Internodium der Inflorescenzachse selbst Rankennatur. Die letztere Art verhält sich zu den übrigen Vitisarten ähnlich wie die Blattkletterer zu den Blattrankern. Bei *Vitis vinifera* stellt sich nach der Nutation der Ranke negativer Heliotropismus derselben ein. Bei *Ampelopsis quinquefolia* ranken gewisse Formen wie der Weinstock, andere bilden dagegen in Folge des Contactreizes Haftscheiben aus, die sich durch ein klebriges Secret befestigen, und können an Wänden und Baumstämmen emporklettern.

, *Ampelopsis muralis* rankt nicht mehr, sondern befestigt sich nur durch Haftballen. Andere Arten, wie *Ampelopsis inconstans*, legen bereits vor dem Contact mit einer Stütze Haftballen an, die sich aber nur bei Contactreiz weiter entwickeln. Der Sprossgipfel der Langtriebe ist hakenförmig umgebogen, was gelegentliches Festhaken erleichtert.

Die Ranken der Passifloraceen nutiren gleichfalls, sie zeigen die gleiche Mannigfaltigkeit wie die der Vitaceen.

Die Polygonaceen haben neben den windenden Formen und Spreizklimmern einige Fadenranker in den Gattungen *Antigonum* und *Brunnichia*, bei den Dioscoreaceen, bei denen das Winden vorherrscht, hat nur die australische *Petermannia cirrhosa* Ranken. Von Olacaceen bilden *Erythralum scandens* und andere Arten, von Phytocreneen *Jodes tomentella* und *J. ovalis*, von Apocynaceen die Gattungen *Willughbeia*, *Laudolphia*, *Carpodinus* Fadenranker.

§ 51. Unter den niederen Kryptogamen finden sich gleichfalls Kletterpflanzen, so z. B. *Mucor* (*Rhizopus*) stolonifer, dessen nutirende Stolonen an den Berührungsstellen mit dem Substrat Büschel wurzelartiger Hafthyphen (*Rhizoiden*) bilden. Die Ausbildung von Haft- oder Klammerhyphen neben den gewöhnlichen Hyphen findet sich mehrfach bei den Pilzen. *Heterobotrys paradoxa* umwindet die Haare von *Bertya rotundifolia* regelmässig links um etc.

Kapitel VIII. Ausnützung der Zeit.

Phänologie.

§ 52. Die rhythmische Entwicklung der Pflanzen ist für die einzelne Art constant, wechselt aber bezüglich ihrer Dauer wie des Eintritts ihrer einzelnen Phasen (Keimung, Blattentfaltung, Aufblühen, Abblühen, Fruchtreife, Laubfall) von Art zu Art. Das phänologische Gesamtbild, welches die Pflanzenwelt gegenwärtig in einem Florenbezirk darbietet, ist entstanden durch eine complicirte Reihe von Anpassungen der verschiedensten Art, durch einen Kampf um Raum und Zeit (Jahreszeit, Tageszeit), in welchem besonders die grössere oder geringere Schmiegsamkeit an extreme Temperatur-, Beleuchtungs-, Feuchtigkeitsverhältnisse, aber auch an die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens, die Ausnützung von Wind und Wetter und die Ausnützung der Thierwelt eine Rolle gespielt hat.

So sehr der Eintritt der einzelnen Vegetationsphasen, z. B. der Tag der ersten Blüthe des Flieders, der ersten Laubentfaltung der Birke oder der Rosskastanie von Jahr zu Jahr schwankt, so ergeben doch vieljährige Beobachtungen für jede Vegetationsphase und jeden Beobachtungsort einen constanten Mitteltermin. Schon Linné (für Upsala 1748) und Gottfried Reyger (für Danzig 1767) hatten mit der Aufzeichnung der Tage der ersten Laubentfaltung, des ersten Aufblühens, der Fruchtreife begonnen, aber erst die letzten Jahrzehnte haben ein reiches phänologisches Beobachtungsmaterial gezeitigt, zu dessen Sammlung wohl die bedeutendste Anregung Heinrich Hoffmann in Giessen — dem Centralort der phytophänologischen Stationen — gegeben hat, und aus welchem sich constante Mitteltermine für die Vegetationsphasen vieler Orte ergeben haben. So hat H. Hoffmann für Giessen die Mittelwerthe der Hauptphasen von über 1200 Pflanzenarten (Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1886, p. 380—399) in alphabetischer Anordnung der Pflanzenarten mitgetheilt und (in den Berichten der Oberhess. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde zu Giessen) für zahlreiche Stationen Europas viele Jahre lang die Termine der Vegetationsphasen gesammelt. Und in der jüngsten Zeit hat man begonnen, in ähnlicher Weise für aussereuropäische Länder, wie in Europa für kleinere Gebiete (z. B. Königreich Sachsen) eingehendere, planmässige, phänologische Beobachtungen zu organisiren. Der Pflanzenkalender — für jeden Ort ein anderer — lässt

sich durch solche jahrelange Beobachtungen ermitteln. Sehen wir als das Muster eines solchen den Pflanzenkalender für Breslau an, wie ihn Ferdinand Cohn (Die Pflanze 1882, p. 142 ff.) schildert. Nach dem phänologischen Monat des Nachwinters (Blüthe des Schneeglöckchens, der Nieswurz, des Seidelbastes und Haselstrauches) folgt für Breslau am 22. März mit dem Brechen der Knospen der Stachelbeere der Vorfrühling. Am 6. April haben sich die Stachelbeeren aus der Knospenhülle völlig befreit und ihrem Laub folgt das des Geisblattes, der Spiräen, des Hollunders, der Traubenkirsche, des Flieders, der Eberesche, der Rosskastanie und der anderen Bäume. „Aber auch Blüthen finden sich bereits im Gehölz; am 5. April beginnt die Kornelkirsche ihre goldgelben Dolden aufzubrechen; die meisten Waldbäume öffnen ihre unscheinbaren Blüthenkätzchen; so die Erlen, die Pappeln, die Weiden, die Birken, die Rüstern. Aber die herrschende Farbe dieser Periode ist das frische Sammtgrün der Wiesen, da ihr Canevas noch nicht von Blumen durchwebt ist; auch die Bäume und Hecken hüllen sich mehr und mehr in die grüne Tracht. Der eigentliche Frühling, die Zeit der Baumblüthe, wird eingeleitet durch die Blumen der Kaiserkrone, die am 21. April sich öffnen; gleichzeitig blüht der Spitzahorn; dann folgen in immer steigender Fülle alle die edlen Verwandten aus der Classe der Rosenblüthigen, von der Aprikose, die den Reigen eröffnet, bis zum Apfelbaum und Hagedorn, die ihn beschliessen. Als Charakterpflanze für die schöne Zeit der Baumblüthe wählen wir uns aber nicht einen Obstbaum, weil diese nach Sorte und Standort allzu viel Verschiedenheit zeigen, sondern einen einheimischen, in Wäldern wie in Anlagen weit verbreiteten Baum, die Ahl- oder Traubenkirsche, die am 28. April in Blüthe tritt. Um dieselbe Zeit stehen auch die Rapsfelder in Blüthe, unsere Gärten haben sich mit Goldlack, Tulpen, Hyacinthen und Narcissen geschmückt; auch in den Wäldern hat sich ein freundlicher Blumenflor entfaltet.

Die Wiesen dagegen beginnen das Grün ihres Rasens mit dem Weiss, Gelb und Roth der Blumen erst zu durchwirken, wenn der Flieder und die Rosskastanie in Blüthe treten, wie es in Breslau am 12. Mai stattfindet. Um diese Zeit, der der Name des Hochfrühlings mit Recht gebührt, ist das junge Laub ausgewachsen und die Baumkronen beginnen sich zu schliessen, da auch die Spätlinge unter den Bäumen, welche den Verlockungen der ersten Frühlingstage vorsichtig widerstanden, Linde, Eiche, Esche und Robinie, endlich ausgeschlagen sind; das nackte Astwerk ist jetzt unter der

frischen Fülle des saftigen Blattwerks verschwunden, das zu der vielfarbigen Blütenpracht den wohlthuenden Hintergrund abgiebt. Eine Woche später, und zwar ebenfalls gleichzeitig, erscheint neben zahlreichen anderen duftigen und farbenreichen Blüten in Hecken und Anlagen die Blüthe der Berberitze am 20. Mai und die des Goldregens am 21. Mai.

Mit der Blüthe der amerikanischen Akazie oder Robinie (*Robinia Pseudacacia*) am 30. Mai und des schwarzbeerigen Hollunders (*Sambucus nigra*) am 1. Juni beginnen wir eine neue Periode des Jahres, die wir als *Vorsommer* bezeichnen wollen. Gleichzeitig treten unsere Roggenfelder in Blüthe und die schwankenden Rispen der Wiesengräser verstreuen den befruchtenden Blumenstaub und geben das Zeichen für die erste Heuernte. Die Zeit der Rosen-, der Reben- und der Lindenblüthe bezeichnet den Gipfelpunkt des Jahres, wo die grösste Mannigfaltigkeit und Schönheit der Blumen die Erde bis in die verstecktesten Winkel ausschmückt. Als Tag der Centifolienblüthe ist für Breslau der 8. Juni, für die grossblättrige Linde der 23. Juni ermittelt; die kleinblättrige blüht etwas — meist eine Woche — später. Die Blüthe der Rebe fällt zwischen Rose und Linde, bald nach dem Verblühen des Roggens. Mit der Blüthe der weissen Lilie, in Breslau am 28. Juni, beginnt die Wende des Jahres, der Anfang einer neuen Epoche, des Sommers, von wo an ebenso der Lauf der Sonne, wie die Fülle der Vegetation sich abwärts neigt. Die höheren Bäume und Sträucher sind nun sämmtlich abgeblüht; das Laub nimmt eine dunkelgrüne Färbung an, welche beweist, dass sein frisches Wachstum vorüber ist, und in trockenen Jahren beginnen bereits jetzt einzelne Blätter sich zu verfärben und abzufallen. Die Thätigkeit der Vegetation beschränkt sich jetzt vorzugsweise auf die Ausbildung der Winterknospen und das Reifen der Früchte, von denen die Beeren, Erd-, Johannis-, Stachel- und Himbeeren, den Reigen eröffnen. Der eigentliche Sommer, der auf den Wiesen nach der ersten Heuernte noch einen zweiten Flor, meist aus Dolden- und Kreuzblüthigen bestehend, hervorruft, entspricht etwa unserem Juli; ihm folgt im August der Hochsommer, die Zeit der Ernte, welche durch die Reife der Getreidearten bestimmt ist.

Das Aufblühen der Herbstzeitlose um den Anfang des September bekundet den Beginn des Herbstes, die Zeit der Obstreife, namentlich der Birnen und Aepfel; ihre eigene Physiognomie erhält diese Periode durch die immer mehr und mehr überhandnehmende

Verfärbung des Laubes. Auch hier können wir den Vorherbst, der etwa dem September entspricht, den eigentlichen Herbst, die Zeit der Weinlese und Laubverfärbung, die mit dem October mehr oder weniger zusammenfällt, und den Spätherbst unterscheiden, welcher durch den Abfall der Blätter in trauriger Weise bezeichnet wird. Um die Mitte des Novembers stehen die Bäume wieder kahl, die Wiesen und Gärten blumenleer, und nun beginnt die lange, wenn auch, wie wir gesehen, nur scheinbare Ruhe der Vegetation, der Winter; wir können ihn eintheilen in den Vorwinter, welcher die letzten Funken des verlöschenden Pflanzenlebens behütet, den eigentlichen Winter, wo alles Leben unter Eis und Schnee ruht, und in den Nachwinter, der uns die ersten Zeichen der wiederkehrenden Vegetation bringt.“

§ 53. Die Verbindungslinie aller Orte, welche gleichen Termin für den Eintritt einer Phase haben, bezeichnet man als Isophanen. Sie geben, da die Pflanze ein viel empfindlicheres meteorologisches Instrument ist, als das Thermometer, weit besseren Einblick in die klimatischen Verhältnisse der verschiedenen Theile der Erdoberfläche als die Isothermen etc. Solche Isophanenkarten sind von Ihne, Hoffmann, Ziegler u. a. aus den zuverlässigsten phänologischen Beobachtungsdaten hergestellt worden für Phasen des Flieders, Winterroggens, der Schlehe, Traubekirsche, Süß- und Sauerkirsche, für weisse Narzisse, weisse Lilie, Hollunder, Rosskastanie, Eberesche, Birke, Buche, Eiche, Linde, Apfel, Birne, Himbeere etc. Die Ihne'sche Karte für den Flieder mag uns die Einrichtung einer derartigen phänologischen Karte veranschaulichen. Hier sind die Gebiete in welchen die Blüthe innerhalb derselben Zeiträume (bei der Hauptkarte je 15 Tage, in den finländischen Karten je 5 Tage umfassend) sich entfaltet, durch Farbe oder Schraffur gekennzeichnet. Im Grossen werden je 10 Zonen abgegrenzt, deren Haupterstreckung nahezu den Breitengraden parallel verläuft. Innerhalb dieser Breitenzonen treten, da wo Gebirge sind, verschiedene farbige Gebiete auf, welche den verticalen Erhebungen folgen. Die Breitenzonen geben in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von Schübler, Fritsch u. a. Phänologen für den Breitengrad eine Verschiebung der Blüthezeit von 3—4 Tagen an — der Frühling legt bei seiner Wanderung von den Tropen nach dem Nordpol täglich 4 Meilen zurück, Ende Januar von Italien aufbrechend kommt er

Ende März nach Norddeutschland, im Mai nach Schweden und erreicht oft erst im Juni die Küsten des Eismeer. Etwas unregelmässiger ist die Verzögerung der Blühzeit des Flieders nach der Höhe. Die Angabe von Fritsch für Holzpflanzen, dass sich bei verticaler Erhebung um 100 m die Vegetationsphasen um 3 Tage verspäten, trifft nicht durchweg zu. Von Interesse ist, dass z. B. bei den Aufblühlinien Finlands der Wärmeverbrauch an der Küste und in Seengebieten beim Abthauen des Eises eine beträchtliche Ablenkung von den Breitengraden (Verspätung gegen das Binnenland) bewirkt.

Sehr auffallend ist die ungleiche Breite der Zonen. So schreitet die Isophane der Johannisbeere und Schlehe in Finland vom 31. Mai bis 4. Juni langsamer nach Norden fort als vom 5.—9. Juni. Für den Flieder ist der mittlere Termin der ersten Blüthe für Athen der 15. März, Porto 25. März, Florenz 3. April, Münster in Westf. 22. April, Wien 30. April, Giessen 4. Mai, London, Kassel, Prag 5. Mai, Leipzig 13. Mai, München 14. Mai, Greiz 15. Mai, Eberswalde 18. Mai, Riga 29. Mai, Dorpat 5. Juni, Moskau 7. Juni, Petersburg 10. Juni, Ope (Schweden) 30. Juni, Brahestad (Finland) 3. Juli, für Gehlberg in Thüringen (grosse verticale Erhebung) 31. Mai.

§ 54. Ausser einzelnen Phasen bestimmter Pflanzen sind besonders Gruppen von Frühlingspflanzen (Aprilpflanzen) zu Durchschnittswerthen für den Frühlingseinzug verwendet worden — auf sie beziehen sich auch die sogen. „Aprilreductionen gegen Giessen“ für die einzelnen Orte. Ihre kartographische Verarbeitung zeigt deutlich, dass ausser der geographischen Breite eine andere Beeinflussung der Frühlingsvegetation in dem Küstenklima (Verfrühung) und Continentalklima (Verspätung) stattfindet. So hat Paris 48—49° n. Br. 23 Tage früher Frühlingseinzug als das in gleicher Breite gelegene Sarepta der russischen Steppe, Christiania 59—60° n. Br. 43 Tage später als Paris, aber 14 Tage früher als das in gleicher Breite gelegene Pulkowa mit Continentalklima. Der Frühling wandert daher auch in Deutschland bei gleicher Meereshöhe von SW nach NO von Baden und Rheinhessen nach Ostpreussen. Auffällig ist auch die Verspätung der Frühjahrsphasen an der Ostküste von Nordamerika im Vergleich zu den in gleicher Breite gelegenen Orten der Westküste Europas (Golfstrom!). Die gleichen Isophanen liegen an der Ostküste von Nordamerika 8—10 Breitengrade südlicher, so dass z. B.

New York in $40^{\circ} 42'$ n. Br. mit Marburg in $50^{\circ} 47'$ n. Br.,
 Belle Centre $40^{\circ} 28'$ n. Br. mit Heidelberg $49^{\circ} 28'$ n. Br.

gleiche Frühlingsphasen hat.

Hohen praktischen Werth haben die phänologischen Localkarten, die den Frühlingseinzug in den verschiedenen Theilen eines kleineren Gebietes darstellen und bei Berücksichtigung der Länge der Vegetationsperiode und der später zu erörternden Temperaturanforderungen der Pflanze z. B. bezüglich der Culturfähigkeit der Einzelorte des Gebietes in Bezug auf verschiedene Pflanzen Aufschluss geben. So z. B. die pflanzenphänologische Karte der Umgegend von Frankfurt a. M. von Julius Ziegler, die phänologische Karte der Frühlingseinzugstage im Königreich Sachsen von Drude. (Vgl. die Culturzonen Sachsens beurtheilt nach der Länge der Vegetationsperiode Mitth. d. Oecon. Ges. im Königr. Sachsen 1891—92.) Drude unterscheidet für das Königreich Sachsen und Grenzorte 3 Culturzonen. In der untersten (mit den Städten Leipzig und Dresden) gedeihen alle mitteleuropäischen Feld- und Gartengewächse, zartere Obstsorten, auch Wein; Mais und Tabak können gleichfalls zur Noth gepflanzt werden. Eine breite mittlere Zone (mit den Städten Freiberg und Annaberg) überzieht hierauf folgend die niederen Berglandschaften im Südwesten und Osten des Landes und die mittleren Stufen des Erzgebirges. In dieser beschränkt sich der Obstbau auf geringere Sortenauswahl, hat weniger Ertrag, der Roggen überwiegt über den Weizen, die Kartoffel tritt als Nahrungsmittel in den Vordergrund. In den Wäldern siegen Fichte und Tanne über die Kiefer, Buche über Eiche und lichte Birkengehölze, kurzrasige Bergwiesen mit Arnica und Meum treten an Stelle der langhalmigen Thalwiesen. Die dritte oberste Culturzone Sachsens (mit den Städten Johanngeorgenstadt und Oberwiesenthal) bilden die Höhen des Erzgebirges, wo Obst und Weizen verschwinden, Roggen und Hafer nur unsichere Erträge geben. Die Frühlingshauptphase (Buchenwaldgrün, Blühen der Obstbäume etc.) fällt in

der 1. Culturzone auf die Zeit vom 28. April bis 9. Mai,	
" 2. " " " " " " " " " " " " " "	10. Mai bis 17. Mai,
" 3. " " " " " " " " " " " " "	18. Mai bis 25. Mai.

Betrachtet man mit Drude als Nullpunkt den 21. Dec. (Winterstiltium), so ordnen sich nach den Frühlingseinzugszeiten (Hauptphasen) die sächsischen Beobachtungsorte wie folgt:

Zone I.	Tag 128	Pirna.
	" 129	Leipzig.
	" 130	Zwenkau.
	"	Dresden-Neustadt.
	" 132	Wermsdorf.
	" 133	[Greiz, Reuss ä. L.].
	"	Döbeln.
	"	Bautzen.
	" 136	Löbau.
	"	Zschopau.
	" 137	Plauen.
	"	Chemnitz.
	" 138	Alt-Geringswalde.
Zone II.	Tag 140	Ebersbach (Oberlausitz).
	" 141	Grüllenburg.
	" 142	Markersbach.
	"	Hinterhermsdorf.
	" 143	Freiberg.
	"	Annaberg.
Zone III.	Tag 149	Brunndöbra bei Klingenthal.
	"	Georgengrün (Auerbach).
	"	Rehefeld.
	" 152	Hirschsprung (Altenberg).
	"	Reitzenhain.
	"	Oberwiesenthal.
	" 153	Johanngeorgenstadt.

Es schreitet also in diesem Gebiet der Frühlingseinzug und das Wiedererwachen der Vegetation aus dem wärmsten zwischen Pirna, Meissen und dem Leipziger Umkreis gelegenen Gebiet rasch nach dem Nordosten und Südwesten des Landes, weniger rasch in die Oberlausitz, in die innere Sächsische Schweiz und zum Erzgebirgsabhang fort und berührt zuletzt die Erzgebirgsstädte auf dem Gebirgskamm nach 3—4 Wochen.

§ 55. Seit Boussingault ist man bestrebt gewesen für die Einwirkung der Wärme auf die Vegetation einen numerischen Ausdruck zu finden, nachdem man wusste, dass innerhalb gewisser Grenzen höhere Temperaturen in kürzerer Zeit dieselbe Wirkung ausüben wie niedere Temperaturen in längerer Zeit. So

braucht der Mais von der Aussaat bis zur Fruchtreife am Rio Magdalena in Columbien 92 Tage zu $27,5^{\circ}$ im Mittel, in Kingston in Nordamerika 122 Tage zu 22° , in Bechelbronn im Elsass 122 Tage zu 20° , auf dem Plateau von Bogota 183 Tage zu 15° . (Vgl. Ascherson, Pflanzengeographie in Leunis Synopsis d. Bot.; von Oettingen, Zur Phänologie der Dorpater Lignosen.) Einen Ausdruck für das Wärmebedürfniss glaubte man zuerst in der Summe der Mitteltemperaturen der Tage gefunden zu haben. Quetelet hatte dann, von theoretischen Erwägungen ausgehend, die Quadrate der Mitteltemperaturen, Babinet die Quadrate der Zeiten in die Formeln eingeführt. Diese Methoden ergaben aber wenig befriedigende Resultate.

Nach den vieljährigen Beobachtungen von H. Hoffmann lässt sich die für eine bestimmte Vegetationsphase einer Pflanzenart (— es bedeutet b = erste Blüthe offen, Bo = erste Blattfläche sichtbar, Anfang der Belaubung, f = erste normale Früchte reif, Lv = allgemeine Laubverfärbung, über die Hälfte aller Blätter verfärbt —) erforderliche Wärmesumme thermometrisch annähernd feststellen (wonach auch die Ermittlung von Calorien nicht aussichtslos wäre) und zwar nach der schon 1846 von Dove empfohlenen Insolationmethode (Summation der täglichen Maxima an dem der Sonne ausgesetzten Thermometer).

Es wären diese „thermischen Constanten“ (vom 1. Januar ab und nach Réaumurgraden gerechnet) für eine Anzahl der wichtigeren Phasen (vgl. auch Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1886, IV p. 380—399) nach Hoffmann die folgenden (wo keine besondere Bemerkung, ist b gemeint): *Coryllus Avellana* b ♂ 266. *Alnus incana* b ♂ 308. *Daphne Mezereum* b ♂ 328. *Leucjum vernum* 338. *Hepatica triloba* 374. *Bellis perennis* 421. *Petasites albus* 494. *Stellaria media* 539. *Alnus glutinosa* b ♂ 576. *Viola odorata* 591. *Cornus mas* b, *Equisetum arv.* 622. *Primula elatior*, *Veronica hederifolia* b. *Primula officinalis*, *Anemone nem.* 700, 714. *Pulmonaria officinalis*, *Ficaria verna* 727. *Holosteum umbellatum*, *Tussilago Farfara*, *Vinca minor* 753. *Salix Caprea*, *Viola hirta* 766. *Corydallis cava*, *Gagea arvensis* 783. *Narcissus pseudonarc.*, *Thlaspi alpestre* 853. *Corydallis fabacea*, *Muscari botryoides*, *Ranunculus repens* 871. *Capsella*, *Taraxacum* 888. *Euphorbia helioscopia*, *Ribes alpinum* b. *Viola tricolor* 908. *Asarum europaeum*, *Larix* b ♂ 928. *Anemone ranunculoides*, *Potentilla verna* 944. *Chrysosplenium alternif.* 960. *Aesculus Bo*, *Petasites officinalis* 992. *Ribes Grossularia* 1009. *Acer*

platanoides 1028. Ribes rubrum, Tilia grandifolia 1045. Prunus
 avium, Viola silv. 1064. Caltha palustris, Lathyrus vernus, Oxalis
 Acetosella 1083. Glechoma hederaceum. Ribes aureum 1100. Betula
 alba Bo, Cardamine pratensis, Prunus spinosa 1137. Prunus Cerasus
 Bo, Carpinus Betulus Bo 1157. Lathyrus tuberosus 1176. Prunus
 Cerasus, Ribes nigrum 1196. Ajuga reptans, Cerastium arvense
 1215. Brassica Napus, Prunus Padus, Pirus communis 1234.
 Fagus silvatica Bo, Sambucus racemosa 1254. Fragaria vesca,
 Alliaria officinalis, Tilia parvifolia Bo 1273. Chelidonium majus,
 Viola canina 1315. Lamium Galeobdolon, Pirus Malus, Ranunculus
 bulbosus, Stellaria Holostea 1337. Carum Carvi, Kerria japonica
 1355. Chrysanthemum inodorum, Dicentra spectabilis 1375. Lonicera
 tatarica, Paris quadrifol., Orchis morio, Valeriana dioica b ♂, Thlaspi
 alpestre, Quercus pedunculata Bo 1396. Acer Pseudoplatanus 1414.
 Fagus silvatica b, Saxifraga caespitosa, Viburnum Lantana, Syringa
 vulgaris, weiss 1436. Anthriscus silvestris, Narcissus poëticus,
 Ranunculus acris, Vaccinium Myrtillus, Syringa vulgaris 1455.
 Aesculus Hippocastanum b, Linaria Cymbalaria, Syringa chinensis
 1501. Asperula odorata, Saxifraga granulata, Veronica chamaedrys
 1526. Berberis vulgaris, Lonicera Xylosteum 1550. Crataegus
 oxyacantha, Plantago lanceolata 1574. Anthoxanthum odoratum,
 Plantago media, Juniperus communis 1597. Actaea spicata, Quercus
 pedunculata b, Sarothamnus scoparius 1622. Vicia sepium, Gera-
 nium Robertianum 1645. Aquilegia vulgaris, Cytisus Laburnum 1690.
 Hesperis matronalis, Myosotis palustris 1712. Anthemis arvensis,
 Pirus Aucuparia 1735. Paeonia officinalis, Syringa persica 1759.
 Lychnis vespertina, Papaver Argemone 1783. Iris germanica,
 Platanthera chlorantha 1807. Ilex aquifolium, Menyanthes trifoliata,
 Phyteuma nigrum, Sorbus Aria 1831. Chrysanthemum Leucanthem-
 um, Potentilla silvestris, Sorbus torminalis 1856. Chaerophyllum
 aureum, Galium cruciatum, Ranunculus fluitans 1905. Lotus corni-
 culatus, Cynanchum Vincetoxicum 1929. Galium Aparine, Lysi-
 machia nemorum 1957. Geum urbanum, Poterium Sanguisorba,
 Alectorolophus major, Viburnum Opulus 1983. Iris Pseudacorus,
 Lychnis Viscaria 2008. Atropa Belladonna, Valeriana officinalis,
 Sambucus nigra, Potentilla argentea, Secale Cereale hibern. 2034.
 Centaurea Cyanus, Alectorolophus minor 2062. Galium Mollugo,
 Pisum sativum 2088. Symphoricarpus racemosus 2113. Aegopodium
 Podagraria, Nuphar luteum, Vaccinium Vitis Idaea 2138. Achillea
 Millefolium, Dactylis glomerata, Leontodon hastilis, Robinia Pseud-

acacia 2168. *Philadelphus coronarius*, *Salvia officinalis* 2197. *Arrhenaterum elatius*, *Onobrychis sativa*, *Papaver Rhoeas*, *Silene nutans* 2223. *Arnica montana*, *Rosa canina* 2248. *Convolvulus arvensis*, *Cornus sanguinea*, *Rhaphanus Rhaphanistrum*, *Solanum dulcamara* 2276. *Galium verum*, *Trifolium montanum* 2303. *Campanula persicifolia*, *Dianthus Carthusianorum*, *Genista tinctoria* 2327. *Briza media*, *Genista germanica*, *Medicago falcata* 2353. *Antirrhinum majus*, *Centaurea Jacea*, *Nymphaea alba*, *Papaver hybridum*, *Ruta graveolens* 2376. *Spiraea salicifolia*, *Delphinium elatius* 2422. *Dianthus deltoides*, *Digitalis purpurea*, *Lilium Martagon*, *Liriodendron tulipiferum*, *Polygonum amphibium*, *Brunella vulgaris*, *Winterweizen* 2446. *Anthemis Cotula*, *Campanula patula*, *Agrostemma Githago*, *Melilotus officinalis* 2471. *Acorus Calamus*, *Deutzia crenata*, *Spiraea Aruncus*, *Vicia sativa* 2495. *Betonica officinalis*, *Philadelphus latifolius*, *Spiraea sorbifolia* 2519. *Urtica dioica* b ♂ 2542. *Borrago officinalis*, *Echium vulgare*, *Hyoscyamus niger*, *Ptelea trifoliata* 2567. *Lampsana communis*. *Ligustrum vulgare*, *Polygonum Fagopyrum* 2591. *Plantago major*, *Sedum acre*, *Astragalus glycyphylus* 2615. *Tilia grandif.* b, *Vicia Cracca* 2641. *Sommerweizen* 2668. *Linaria vulgaris*, *Lysimachia vulgaris*, *Agrimonia Eupatorium*, *Lathyrus tuberosus* 2694. *Hypericum perforatum* 2720. *Verbascum nigrum*, *Oenanthe aquatica* 2749. *Epilobium angustifolium*, *Sedum album*. *Heumahd* 2777. *Tilia parvif.* b. 2805. *Linum usitatissimum* 2831. *Avena sativa*, *Campanula rapunculoides*, *Lythrum Salicaria*, *Phaseolus multiflorus* 2859. *Lilium candidum*, *Sedum reflexum* 2888. *Heracleum Sphondylium* 2915. *Alisma Plantago*, *Papaver somniferum*, *Petroselinum sativum* 2944. *Daucus Carota*, *Hypericum hirsutum* 2973. *Lathyrus silvester*, *Phaseolus vulgaris*, *Rhus typhina* 3002. *Vaccinium Myrtillus* f. 3029. *Prunus Cerasus* f 3056. *Ampelopsis quinquefolia*, *Cichorium Intybus* 3082. *Castanea vesca*, *Circaea lutetiana*, *Dahlia variabilis* 3108. *Sonchus arvensis* 3133. *Cucumis sativa*, *Impatiens Balsamina*, *Mentha silvestris*, *Saponaria officinalis* 3159. *Winterkorn* f. 3218. *Aethusa Cynapium*, *Cirsium acaule*, *Senecio nemorensis* 3276. *Solidago canadensis* 3306. *Sanguisorba officinalis* 3335. *Falcaria sioides* 3391. *Cannabis* b ♂, *Secale cer. hib.*, *Ernteanfang* 3420. *Erigeron canadensis*, *Lactuca sativa* 3448. *Aconitum Napellus* 3475. *Calluna vulgaris*, *Helianthus annuus* 3560. *Inula Conyza* 3612. *Humulus Lupulus* b ♂, *Vaccinium Vitis Idaea* f 3661. *Serratula tinctoria* 3813. *Winterweizen*, *Ernteanfang* 3839. *Parnassia palustris* 3867.

Solidago Virgaurea 3949. *Carlina vulgaris*, *Colchicum autumnale*, *Cucumis sativa* f 4058. *Chrysanthemum* (*Tanacetum*) *vulgare* 4581. *Xanthium spinosum* 4668. *Prunus domestica* f 4722. *Hedera Helix* 5012. *Helleborus niger* 5330. *Helianthus tuberosus* 5585.

Die S. 157 folgende Tabelle von H. Hoffmann giebt die bis zu den einzelnen Tagen des Jahres vom 1. Jan. angelaufenen Wärmesummen (Summen der täglichen höchsten Temperaturen über 0° R. an der Sonne, der Insolationsmaxima) für Giessen im Mittel von 10—13 Jahren wieder. Aus ihr lässt sich leicht der mittlere Termin für den Eintritt der einzelnen Vegetationsphasen ermitteln, z. B. ergibt die thermische Constante für *Helianthus tuberosus* den 14. October als mittleren Aufblühtermin für Giessen.

Es kann aus dieser Tabelle für jede Phase einer beliebigen Pflanze, deren Datum für Giessen, den Centralort phänologischer Beobachtungen bekannt ist, die zugehörige eingestrahelte Wärmesumme abgelesen werden, ermittelt durch Summirung der täglichen höchsten Stände eines der Sonne bleibend ausgesetzten Quecksilberthermometers vom 1. Januar bis zum Eintritt dieser Phase.

Diese Wärmesumme oder thermische Constante hat für niedere Lagen Mitteleuropas Geltung. Im Allgemeinen haben sich in höheren Breiten und im Hochgebirge die Pflanzen einer geringeren, in südlicheren Ländern einer höheren Temperatursumme angepasst. Im Norden oder im Hochgebirge erzeugte Pflanzen eilen daher, nach Süden resp. in die Tiefebene versetzt, den hier erzeugten voraus (da ihre Temperaturanforderungen rascher befriedigt werden); südliche Pflanzen oder Pflanzen der Ebene nach Norden, resp. ins Hochgebirge versetzt, bleiben dagegen hinter den hier erzeugten in der Erreichung ihrer Vegetationsphasen zeitlich zurück. H. Hoffmann brachte im Herbst 1884 von *Solidago Virgaurea* Samen und bewurzelte Exemplare aus den Walliser Alpen nach Giessen (160 m über dem Meeresspiegel, und zwar a) vom Riffelhaus (2570 m) Pflanzen, b) ebendaher Samen, c) aus Zermatt (1624 m) Samen. Es ergaben sich 1886 folgende Blühzeiten und Temperatursummen in Giessen: für

- a) 7. Juni mit 2313°
- b) 4. Juni „ 2238°
- c) 13. Juni „ 2473°

Giessen (wilde Pflanzen) 26. Juli mit 3577.

Summen der täglichen höchsten Temperaturen über 0° R. an der Sonne (Insolationsmaxima) für Giessen.		Tägliche Insolationsmaxima für Giessen.																														
		Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oktr.																					
1.	5	178	1	430	1	1396	1	2138	1	2915	1	3761	1	4610	1	5353																
2.	11	188	2	439	2	1414	2	2168	2	2944	2	3786	2	4640	2	5376																
3.	17	197	3	451	3	1456	3	2189	3	2973	3	3813	3	4668	3	5395																
4.	23	207	4	462	4	1488	4	2223	4	3002	4	3839	4	4695	4	5413																
5.	28	215	5	472	5	1477	5	2248	5	3029	5	3867	5	4722	5	5429																
6.	33	223	6	482	6	1501	6	2276	6	3056	6	3896	6	4751	6	5448																
7.	40	232	7	494	7	1526	7	2303	7	3082	7	3922	7	4777	7	5465																
8.	45	240	8	505	8	1550	8	2327	8	3108	8	3949	8	4804	8	5483																
9.	51	249	9	516	9	1573	9	2353	9	3133	9	3975	9	4828	9	5501																
10.	55	258	10	528	10	1597	10	2376	10	3159	10	4002	10	4854	10	5521																
11.	61	266	11	539	11	1622	11	2398	11	3187	11	4030	11	4881	11	5538																
12.	67	275	12	549	12	1645	12	2422	12	3218	12	4058	12	4908	12	5555																
13.	72	282	13	563	13	1668	13	2446	13	3247	13	4086	13	4933	13	5570																
14.	75	291	14	576	14	1690	14	2471	14	3276	14	4113	14	4960	14	5585																
15.	80	298	15	591	15	1712	15	2495	15	3306	15	4151	15	4986	15	5601																
16.	85	308	16	606	16	1735	16	2519	16	3335	16	4167	16	5012	16	5616																
17.	91	318	17	622	17	1759	17	2542	17	3363	17	4195	17	5038	17	5630																
18.	97	328	18	638	18	1783	18	2567	18	3391	18	4223	18	5064	18	5647																
19.	102	338	19	652	19	1807	19	2591	19	3420	19	4251	19	5091	19	5661																
20.	106	348	20	668	20	1831	20	2615	20	3448	20	4279	20	5115	20	5674																
21.	111	357	21	678	21	1856	21	2641	21	3475	21	4307	21	5138	21	5687																
22.	117	365	22	688	22	1881	22	2668	22	3504	22	4336	22	5156	22	5700																
23.	121	374	23	700	23	1905	23	2694	23	3532	23	4364	23	5176	23	5712																
24.	127	385	24	714	24	1929	24	2720	24	3560	24	4392	24	5196	24	5724																
25.	131	394	25	727	25	1957	25	2749	25	3587	25	4421	25	5218	25	5737																
26.	136	403	26	740	26	1983	26	2777	26	3612	26	4451	26	5240	26	5747																
27.	141	412	27	753	27	2008	27	2805	27	3636	27	4480	27	5262	27	5759																
28.	146	421	28	766	28	2034	28	2831	28	3661	28	4505	28	5285	28	5774																
29.	152	429	29	783	29	2063	29	2859	29	3686	29	4530	29	5307	29	4786																
30.	160	438	30	799	30	2088	30	2888	30	3712	30	4555	30	5330	30	4797																
31.	169	447	31	817	31	2113	31	2913	31	3736	31	4581	31	5353	31	4806																

Die Pflanzen, die in ihrer Heimath etwa gleichzeitig mit denen in Giessen blühen (Ende Juli), blühten also in der Niederung 7 Wochen früher als die daselbst einheimischen Pflanzen derselben Art. Auch in den folgenden Jahren zeigten die Walliser Exemplare und ihre Nachkommen in den Culturen Hoffmann's (bis 1889 beobachtet) eine constant gleiche Verfrühung, so dass durch die klimatischen Einflüsse zwei Varietäten entstanden sind, die sich wegen der ungleichen Blüthezeit nicht kreuzen können, also auch keine Mittelformen bilden können. Aus dem Norden (Upsala) nach Giessen verpflanzte Exemplare von *Plantago media* zeigten gleichfalls eine Jahre lang bemerkbare Verfrühung von etwa 12 Tagen. Umgekehrt zeigten aus dem Süden bezogene Pflanzen in Giessen Verspätung, so *Plantago lanceolata* aus Coimbra bis 59 Tage, aus Portici 90 Tage, ähnlich *Plantago major*, *Cucubalus baccifer*, *Silene inflata*, *Ranunculus acris*, *Taraxacum officinale*, *Leontodon hastilis*, *Brunella vulgaris*, *Saponaria officinalis* etc. Bei anderen Pflanzen, welche H. Hoffmann cultivirte, war jedoch eine solche bestimmte Regel nicht überall zu erkennen.

Die von Hoffmann ermittelten thermischen Constanten erfordern demnach eine Correction nach der geographischen Breite und der Höhe über dem Meeresspiegel, die sich durch weitere Beobachtungen ziffermässig ermitteln lässt. Es ist dies eine Bestätigung des Linsser'schen Gesetzes (Mém. Ac. Petersb. 1867, To. XI, Nr. 7 und 1869, XIII, Nr. 8), welches im Wesentlichen Folgendes besagt: „Jede wilde Pflanze ist im Laufe der Generationen auf das Klima des Ortes so eingerichtet, dass sie dasselbe aufs beste ausnützt. Für eine bestimmte Phase gebraucht sie an jeder Station einen aliquoten, proportionalen Theil der gelieferten Gesamtwärmesumme. Die Gesamtwärme über Null betrage in Venedig 4000°, in Petersburg 2000°; zum Aufblühen werde ein Viertel davon verlangt, so giebt sich für Venedig 1000°, für Petersburg 500°.“

§ 56. Die Blüthezeit, wie überhaupt die Zeit des Eintrittes bestimmter Vegetationsphasen ist oft den einzelnen Pflanzen erblich eigenthümlich, so dass dieselben die in ihrer Heimath erworbene Anpassung an die bestimmte Temperatursumme auch in der Fremde (nach dem Linsser'schen Gesetz) beibehalten durch viele Generationen. In den meisten Fällen jedoch findet eine phänologische Accommodation an die klimatischen Verhältnisse des neuen Wohnortes statt, bei kurz-

lebigen Pflanzen oft nach wenigen Jahren und nach 3—6 Generationen. So blüht nordischer Roggen in Deutschland anfangs in der Regel zu früh, süditalienischer Weizen verspätet, die alte Anpassung verliert sich aber bald und die Colonisten nehmen dann den Rhythmus der Naturalisten des neuen Wohnortes an. Langlebige Pflanzen behalten häufiger ihre Phasenzeit erblich bei. Auf dieser Erfahrung beruht es, dass man im mittleren Deutschland in rauheren Gegenden die Obstbäume aus nördlicheren Gegenden bezieht und nicht etwa von Bozen, wo sie 19 Tage vor Giessen blühen, weil nördliche Stämme später ausschlagen als die südlichen und damit vor Nachtfrösten geschützt sind. Doch findet sich auch bei langlebigen Pflanzen solche phänologische Accommodation. So giebt Brandis an, dass eine australische *Acacia* 50 Breitengrade weiter nach Norden zu in den Nilgiris statt im October, wie in Australien, im August, Juli und endlich nach 40 Jahren im Juni blühte, während andererseits *Salix daphnoides* vom Gotthard in Giessen 24 Jahre lang in derselben Mittelzeit (7. April) blühte, in einer Zeit, in der ihre Heimath noch verschneit ist, und diese Blühzeit constant beibehielt. Die Mehrzahl der Culturpflanzen, wie *Aesculus Hippocastanum*, *Lonicera*, *Tatarica*, *Ribes aureum*, *Syringa vulgaris* ist accommodirt, d. h. ihre Blühzeiten etc. haben sämmtlich die gleiche mittlere Differenz, die ihnen nach der geographischen Lage des Wohnortes zukommt. So zeigen die genannten Pflanzen in hochnordischen Punkten eine ungefähr gleiche Verspätung: in Pawlowsk — 48 Tage (gegen Giessen), Petersburg — 41 Tage, Upsala — 42 Tage, Wasa — 33 Tage, an südlichen Stationen in gleicher Weise einen ähnlichen Vorsprung: in Coimbra + 40 Tage, Lissabon + 26 Tage, Porto + 28 Tage, Modena + 22 Tage, dieselben Phasenunterschiede, welche in den betreffenden Gegenden wildwachsende Pflanzen zeigen. Unsere Frühlingspflanzen blühen z. B. in Adelaide in Südaustralien im Juli, August und September, dem dortigen Frühling. Nachdem in Südaustralien (Norwood, Adelaide) die allerletzten Blumen (*Chrysanthemum*) abgeblüht, beginnen im Juli Jonquillen, Narzissen, Primeln, Pelargonien, *Tecoma* etc. zu blühen, in den letzten Tagen des Juli folgen die Mandelbäume und Mitte August ist in den Vorstädten Weg und Steg mit frischem Blüthenschnee bedeckt. Der Blüthe der Mandeln und Pfirsiche folgen die der Pflaumen. Die Veilchen blühen vom August den September hindurch, der Wein treibt die ersten Sprossen, Anfang October blühen die Apfelbäume, *Syringa*, Rosmarin,

Ixien etc. Im November kommen Kirschen und Erdbeeren auf den Markt und Anfang December ist der Garten bunt von Rittersporn, Pelargonien, Fuchsien, Lobelien etc. Von Weihnachten ab giebt es reife Pflaumen, Aprikosen und Gurken. Mitte Januar stehen Oleander, Veronica, europäische Myosotis, Lobelien u. s. f. in voller Blüthe, die ersten Birnen kommen zu Markt und die Mandeln beginnen zu reifen, und im Februar und bis zum 21. März giebt es reife Weintrauben in Hülle und Fülle.

Während also bei uns die Vegetation im März erwacht und bis zum October oder November reicht, erstreckt sich die Vegetationsperiode in Australien der Hauptsache nach vom Juli bis in den April oder Mai. Nur innerhalb der Wendekreise und auf einigen ausserhalb derselben gelegenen Inseln dauert die Vegetation das ganze Jahr hindurch, wobei aber die einzelnen Pflanzenarten gleichfalls in bestimmter Zeit blühen. In sehr trockenen heissen und sehr kalten Gegenden währt dagegen die Vegetationsperiode nur wenige Monate (im Taimyrland $72,5^{\circ}$ n. Br. nur etwa zehn Wochen). Winterkälte und Sommerdürre begrenzen die Vegetationsperiode. Da wo beide auftreten, kann eine doppelte Vegetationsperiode innerhalb eines Jahres eintreten (auch zweimaliges Blühen ein und derselben Pflanze).

Wie die Vegetationsperiode an den einzelnen Theilen der Erdoberfläche verschiedene Länge hat, so können auch die Phasenintervalle ein und derselben Pflanze verschiedene Länge als klimatische Anpassung davongetragen haben. So nimmt das Intervall zwischen Blüthe und Fruchtreife im Allgemeinen auf unserer Halbkugel nach Norden hin (und wohl auch mit der Meereshöhe) ab, nach Süden und nach der Küstenregion hin zu. So zeigt z. B. *Aesculus Hippocastanum* eine constante Abnahme des Intervalles zwischen Blüthe und Fruchtreife (für Giessen 132 Tage). Dies Intervall beträgt nach K. Völcker bei

40—42° n. Br.	165 Tage	53—55° n. Br.	125 Tage
43—45° " "	142 "	55—57° " "	119 "
45—49° " "	133 "	57—59° " "	115 "
49—53° " "	130 "		

Es können diese Veränderungen der Intervalle zwischen den Vegetationsphasen als Anpassungen an die Länge der allgemeinen Vegetationsperiode betrachtet werden. So entfaltet *Daphne Mezereum* bei uns die Blüthen vor den Blättern, in hohen

Breiten und in der oberen montanen Region reichen aber die Aufblüh- und die Beblätterungsphase so nahe zusammen, dass beide schliesslich gleichzeitig eintreten, *Colchicum autumnale* blüht bei uns im Herbst, um die Blätter nach der Fruchtbildung im Sommer zu entfalten, im Norden und auf hohen Gebirgen fällt aber die Laubbildung mit der Blüthe zusammen. Umgekehrt ist für *Robinia Pseudacacia* bei uns Belaubung und Blüten zusammengedrängt, während in Unteritalien das Blühen vor der Laubentfaltung stattfindet.

Der rhythmische Verlauf der Vegetationsphasen, welcher mit der Dauer der Vegetationsperiode Hand in Hand geht, kann sogar in eine unrythmische Fortdauer der Vegetationsphasen übergehen, so ist die Weinrebe in Cumana immergrün und blüht und fruchtet nach A. v. Humboldt zu allen Jahreszeiten, wie nach Junghuhn die Pfirsiche, die bei uns im April, in Südaustralien im August blüht, in Java das ganze Jahr über blüht und fruchtet.

§ 57. Die Vertheilung der Phasen (besonders der Blüthezeit und der Fruchtreife) der einzelnen Pflanzen über die Vegetationsperiode ist ausser von den Temperaturverhältnissen aber von mancherlei anderen Verhältnissen abhängig. Wie die Pflanzenwelt dank besonderen Anpassungen sich in den Raum horizontal und vertikal (vgl. Lianen) geteilt hat unter Ausnützung aller ihr dargebotenen Verhältnisse, so haben sich die einem gegebenen Florenbezirk eigenen Glieder derselben auch in die Zeit getheilt. In Bezug auf die vegetativen Organe ist dies z. B. auffällig in der wechselnden Flora einer Parkanlage, eines Gartens etc. Das Scharbockskraut, das im ersten Frühjahr die Rasenplätze ausschliesslich besetzt, macht bald, nachdem seine Blüten verblüht und die Blätter verwelkt sind, anderen Pflanzen Platz, um erst im nächsten Frühjahr dieselbe Stelle wieder zu besetzen, und ähnliches wiederholt sich vielfach durch die anderen Jahreszeiten. Am auffälligsten ist jedoch diese Ausnützung der Zeit in Bezug auf das Blühen, sowohl was den Blüthetermin als auch die Tageszeit des Blühens und die Blüthendauer anlangt — Anpassungen theils an die Witterungsverhältnisse, theils an die ebenfalls in ihrer Flugzeit beschränkten Insekten.

Die spärlichen Insecten des Nachwinters können nur bei denjenigen Blumen die Bestäubung vermitteln, die besonders auffällig

durch Farbe und Geruch, Grösse der Blüthe oder des Blütenstandes sind, wie dies auch unter der Schneegrenze auf hohen Gebirgen und in hohen Breiten bei dem ärmlichen Insectenbesuch der Fall ist. Von diesem Gesichtspunkte aus ist es verständlich, dass die Blumen des Nachwinters und die ersten Frühlingsblumen an Grösse und Farbenpracht oft mit der farbenprächtigen Alpen- und nordischen Flora wetteifern, dass bei vielen im ersten Frühjahr blühenden Entomophilen wie bei den Sträuchern *Daphne Mezereum*, *Forsythia viridissima*, *Cornus mas*, vielen *Amygdaleen*, z. B. *Prunus spinosa*, die Belaubung erst nach der Blüthe beginnt; bei den Frühlingsblumen *Tussilago*, *Petasites*, *Hepatica*, *Pulsatilla*, *Eranthis*, *Leucoium*, ist es nicht anders, und bei *Viola* und *Pulmonaria* beginnt wenigstens eine üppigere Entwicklung des Laubes erst nach der Blühzeit. Auch die grösseren windblüthigen (anemophilen) Pflanzen haben vorwiegend ihre Blüthe bei uns vor der Belaubung. Das Ausschütteln des Pollens und die Uebertragung durch den Wind wird später durch die Blattmasse gehindert (wohl auch die heftigeren Winde um das Frühlingsäquinocium sind zu berücksichtigen, um die Zeit des Herbstäquinociums ist es zum Blühen meist zu spät, da die Zeit zur Fruchtreife dann zu kurz wäre). Häufige Wetterungunst im Anfang der Vegetationsperiode in unseren Breiten erheischt eine sicherere, rasche Bestäubungseinrichtung, die sofort bei Eintritt frost- und schneefreier sonniger Tage functionirt, bei hinreichendem Schutz der weiblichen Blüthen. Dies ist thatsächlich bei unseren Erlen, Haseln, Pappeln der Fall, bei denen die Blätter zur Blühzeit noch fehlen. Sie haben dichtgedrängte Blütenkätzchen mit überreicher Pollenerzeugung und weibliche Blütenstände in allen Zweigen, während die rundblüthigen Laubbäume des späteren Frühlings, wie *Fagus*, *Quercus*, die nach der Belaubung blühen, zu einer Zeit, wo nicht mehr die Ungunst der Witterung die Erzeugung einer überreichen Pollenmasse nöthig macht, verhältnissmässig wenige männliche Blüthen erzeugen, die aber in langen Troddeln an ihrer Kätzchenspindel weit aus der Blattmasse heraushängen. Die weiblichen Blüthen, welche im Inneren der Baumkrone dem Blütenstaub unzugänglich wären, werden nur an der äusseren Oberfläche der Baumkrone, in dichtem Bestand besonders an deren oberem Theil gebildet. Wetterungunst zu Beginn der Blütenperiode dürfte also — wenn auch auf verschiedenem Wege — sowohl bei anemophilen als bei entomophilen Pflanzen bei uns zu einer (für Insekten bzw. Wind) leicht zugänglichen Gestaltung der Blüthen vor der

Belaubung geführt haben. Im hohen Norden und an Orten grosser Sommerhitze stehen die Verhältnisse ähnlich. So haben nach Areschoug die Bäume des Nordens das Bestreben, die vegetative Entwicklung erst nach der sexuellen Thätigkeit zu beginnen, und in den regenreichen Wäldern Barmas, wie in den brasilianischen Savannen giebt es zahlreiche Baumarten, welche nur zur Regenzeit belaubt sind, ihre Blüthe aber in der heissen regenlosen Zeit entfalten.

Wie auf unseren Wiesen das Blühen der weissen Blumen dem der gelben und dies dem der rothen und blauen zeitlich voraus geht, weil die ersteren, zur Zeit geringerer Insectenzahl, reicherm Besuch gemischter Insectenkreise, die letzteren dem sicheren Besuch bestimmter einsichtiger Bestäuber (Apiden, Schmetterlinge), unter Ausschluss der Concurrrenz, sich angepasst haben, so ist es bei nahe verwandten, ähnlich blühenden Pflanzen die Concurrrenz um die Bestäubungsvermittler, die ein gleichzeitiges Blühen (oder wie bei *Anthemis arvensis* und *Anthemis Cotula* etc. auch ein Vorkommen an gleichem Standort oder demselben Boden) ausschliesst. So haben z. B. unsere weissblühenden Umbelliferen eine bestimmte Blühfolge, *Carum carvi* (29. IV. Giess.), *Anthriscus silvestris* (4. V.), *Chaerophyllum temulum*, *Ch. aureum* (23. V.), *Ch. bulbosum* (19. VI.), zuletzt *Torilis Anthriscus*; Gleiches gilt z. B. für unsere *Primula elatior* (früher) und *P. officinalis* (später blühend), für *Stellaria nemorum* und *Malachium aquaticum*, für unsere *Potentilla*arten (*P. verna* 7. IV., *P. silvestris* 21. V., *P. argentea* 28. V.). Wanderungen und Concurrrenz (Kampf um den Boden etc., um die Bestäubungsvermittler etc.) dürften nach dem Bisherigen die Hauptfactoren an der Herstellung der Folge der einzelnen Blühzeiten innerhalb eines bestimmten Florenbezirkes gewesen sein.

Dauer des Blühens und der Einzelblüthe sind in noch höherem Masse abhängig von den aus den örtlichen und klimatischen Verhältnissen resultirenden Aussichten auf erfolgreiche Bestäubung: autogame und gut besuchte Insectenblumen blühen oft nur kurze Zeit. So beträgt z. B. bei *Corydalis*arten die gesammte Blühzeit nur wenige Tage, während andere Pflanzenarten monatelang blühen. Noch mehr vom Besuch abhängig ist die Dauer der Einzelblüthe. Die einzige Blüthe von *Eranthis hiemalis*, von *Galanthus nivalis*, bleibt bei ausbleibender Bestäubung über einen Monat frisch, während die Blüthen des Sommers nur kurze Zeit blühen, wenn sie nicht bestimmt sind, die Augenfälligkeit der Blühgenossenschaft zu heben.

Am erspriesslichsten zur Erzeugung reichlicher Samen sind die Eintagsblüthen, welche in rascher Folge an demselben Stock Früchte zeitigen. Sie sind nur von kurzer Dauer. So bleiben die ephemeren Blüthen offen bei *Hibiscus Trionum* 3 Stunden, *Portulaca oleracea* 5, *Spergula arvensis* 5, *Lepigonum rubrum* 5, *Roemeria violacea* 6, *Oxalis stricta*, *Mirabilis longiflora* 7, *Erodium cicutarium* 8, *Iris arenaria* 9, *Tradescantia virginica*, *Portulaca grandiflora* 10, *Cistus Creticus* 12, *Hemerocallis fulva* 14 Stunden. Bei anderen Pflanzen wechselt die Dauer der Einzelblüthe je nach der Art von wenigen Tagen bis zu fast 3 Monaten. So blüht die Blüthe von *Epilobium montanum*, *Papaver somniferum*, vielen *Potentilla*arten, Rosen, *Veronica*arten, *Sinapis arvensis* 2 Tage, die von *Lonicera Caprifolium*, *Agrimonia Eupatorium*, *Helianthemum*arten 3 Tage, bei *Lychnis diurna*, *Sanguinaria Canadensis* 4 Tage, bei *Fritillaria Meleagris*, *Erythraea Centaurium* 5 Tage, *Digitalis purpurea*, *Erythraea pulchella*, *Hemerocallis flava*, *Lilium album* 6 Tage, *Ranunculus acer*, *Pelargonium zonale* 7 Tage, *Hepatica triloba* (?), *Parnassia palustris* 8 Tage, *Cyclamen europaeum* 10 Tage, *Crocus sativus* 12 Tage, *Vaccinium Oxycoccus* 18 Tage und bei verschiedenen exotischen Orchideen 30—80 Tage (nach Kerner).

Das Gesamtblühen eines Blütenstandes kann gleichfalls je nach den Bestäubungschancen und der Verbreitungsleichtigkeit der Samen zwischen wenigen Tagen (*Corydalis* etc.) und Monaten schwanken. Am längsten währt das Blühen der meisten cymösen Blütenstände (mit centrifugaler Blühfolge), während dasselbe bei den botrytischen Blütenständen (Blühfolge centripetal) meist kürzer währt. Bei den Blütenständen mit Eintagsblüthen sind die Stöcke monatelang täglich mit frischen Blüthen besetzt, so bei *Tradescantia virginica*, *Cistus*, *Helianthemum* etc. *Drosera longifolia* öffnet nur bei sehr günstigem Wetter alle 2 Tage eine Blüthe, *Juncus bufonius* öffnet nur bei feuchtem, regnerischem Wetter seine Blüthen.

Eigenthümlich ist das Blühen der brasilianischen *Iridee Marica*. Die Blüthen erscheinen nämlich derart absatzweise, dass an einem Standort an einem Tage Hunderte von Blüthen sich entfalten und dann viele Tage, selbst mehrere Wochen die Pflanze ganz blüthenlos dasteht, höchstens die eine oder die andere vereinzelt Blüthe sich entfaltet. Fritz Müller hat in Blumenau 3 Arten von *Marica* beobachtet, die zu verschiedener Jahreszeit blühen, so dass die Blüthezeit nur selten auf kurze Dauer zusammenfällt. Trifft dies aber ein, so sind die Blühtage

für die verschiedenen Arten dieselben, ja auch für die Bastarde, von denen einige fast das ganze Jahr blühen, fallen die Blühtage mit denen der Stammeltern zusammen. Bei der völligen Unabhängigkeit der Blüthentage vom Wetter dürfte es schwer sein, eine Erklärung für dies in ganz unregelmässigen Zwischenräumen und dann nicht nur für alle Pflanzen derselben Art, sondern selbst für verschiedene Arten und deren Bastarde gleichzeitig stattfindende Blühen zu finden, wenn schon der Vorteil eines solchen schubweisen und dann massenhaften Blühens vor einer ununterbrochenen, aber spärlichen Blütenentfaltung leicht einleuchtet.

§ 58. Wie Anfang und Ende der Blühzeit und der Einzelblüte nach Tagen, so ist auch das Oeffnen der Blütenknospen und das periodische Oeffnen und Schliessen nach bestimmten Tagesstunden eine biologische Einrichtung.

Bei den Gramineen spielen Temperatur und Feuchtigkeitszustand der Luft bei der Oeffnung der Blüte und Entleerung des Blütenstaubes eine wichtige Rolle.

Für die meisten Arten sind die günstigsten Bedingungen für das Aufblühen und Ausstäuben am Morgen gegeben. „Am frühesten,“ sagt Kerner, „nämlich schon zwischen 4 und 5 Uhr, beginnen im Hochsommer die Rispengräser (*Poa*), das Süssgras (*Glyceria*), die Koelerie und das französische Raigras (*Arrhenaterum elatius*) zu stäuben. Etwas später, nämlich zwischen 5 und 6 Uhr, kommen das Zittergras (*Briza media*), die Rasenschmiele (*Aira caespitosa*), der Weizen und die Gerste an die Reihe. Zwischen 6 und 7 Uhr stäubt dann der Roggen und eine grosse Zahl verschiedener Wiesengräser, namentlich das Knäuelgras (*Dactylis*), das Bartgras (*Andropogon*), die Zwenke (*Brachypodium*) und viele Arten der Gattung Schwingel (*Festuca*). Zwischen 7 und 8 Uhr stäuben die Hafer aus der Gruppe *Trisetum*, der Fuchsschwanz (*Alopecurus*), das Lieschgras (*Phleum*) und das Ruchgras (*Anthoxanthum*). Nun tritt, wenigstens unter den im mittleren Europa einheimischen Gräsern, eine Pause ein. Von ausländischen, bei uns in Gärten gezogenen Arten stäuben im Laufe des Vormittags und zwar von 8—9 Uhr die Hirse und die Moorhirse (*Panicum miliaceum* und *Sorghum*), von 9—10 die Kolbenhirse (*Setaria Italica*) und das brasilianische Savannengras (*Gynereum argenteum*). Gegen die Mittagszeit kommen wieder einheimische Gräser an die Reihe. Um 11 Uhr stäuben die meisten Arten der Gattung Straussgras (*Agrostis*)

und zwischen 12 und 1 Uhr das Perlgras, das Pfeifengras (*Molinia*), das Borstengras (*Nardus*), das Haargras (*Elymus*), das Hartgras (*Scleropoa*) und mehrere Reithgräser (*Calamagrostis*). Im Laufe des Nachmittags gelangen dann nur noch vereinzelt Arten zum Ausstäuben, so unter anderen um 2 Uhr die Trespen (*Bromus*), um 3 Uhr einige Hafer (*Avena*), um 4 Uhr die Quecken (*Agropyrum*) und zwischen 5 und 6 Uhr die Waldschmiele (*Aira flexuosa*). Das Honiggras (*Holcus*) öffnet die Blüthe und stäubt bei günstiger Witterung an einem Tag zwei Mal, ein Mal früh nach 6 Uhr, dann Abends um 7 Uhr, und zwar stets beim Eintritt einer Temperatur der Luft von 14°. In den meisten Fällen dauert der ganze Vorgang 15—20 Minuten.^a

Die Blütenknospen von *Rosa canina* öffnen sich zwischen 4 und 5 Uhr Morgens, die des Flachses zwischen 5 und 6 Uhr, die von *Epilobium angustifolium* und *montanum* 6—7 Uhr, von *Oxalis* 8—9 Uhr, *Tulipa* 9—10 Uhr, *Erythraea pulchella* 10—11 Uhr, *Potentilla recta* 11—12 Uhr, gegen Abend öffnen sich um 6 Uhr *Lonicera*, *Oenothera*, *Lychnis vespertina*, zwischen 7 und 8 Uhr die *Hesperis*, *Mirabilis Jalappa*, *Silene noctiflora*, *S. vespertina*, *Datura Stramonium*, zwischen 8 und 9 Uhr *Silene longiflora*, *Saxifraga*, *Asperula glomerata*, *Nicotiana affinis* und zwischen 9 und 10 Uhr *Cereus nycticalus*. Viele Blumen und Blütenköpfchen schliessen sich zum Schutz gegen Kälte in der Nacht und gegen Durchnässung des Pollens mit Thau am frühen Morgen und öffnen sich dann erst, wenn ihre Bestäubungsvermittler ausfliegen. Dieses periodische Oeffnen und Schliessen findet an heiteren Tagen gleichfalls zu bestimmten Stunden des Tages und der Nacht (je nachdem Tag- oder Nachtinsecten die Bestäubung vermitteln) statt. Dies führte Linné zur Entwerfung seiner Blumenuhr. Nach ähnlichen Zusammenstellungen Kerner's von Marilaun öffnen sich in Upsala die Blüten 1—2 Stunden früher und sie schliessen sich 1—6 Stunden früher als in Innsbruck, was damit zusammenhängt, dass die Sonne in der Blüthezeit der betreffenden Pflanzen in Upsala fast 1½ Stunden früher aufgeht als in Innsbruck. Aehnlich öffnet *Hepatica triloba* in der Thalsole bei Innsbruck (560 m) im März (Sonnenaufgang 6 Uhr) die Blüten zwischen 9 und 10 Uhr Morgens, an den Berglehnen südlich von Innsbruck in 1560 m Höhe im Mai (Sonnenaufgang 5 Uhr) schon zwischen 8 und 9 Uhr. Bei *Taraxacum officinale* öffnen sich bei uns die Blütenköpfchen im Mai zwischen 7 und 8 Uhr, im Juni-Juli zwischen 6 und 7 Uhr, im August wieder zwischen 7 und 8 Uhr

und im September zwischen 8 und 9 Uhr, und bei *Catananche coerulea*, die in Wien von Ende Juni bis Ende October blüht, beobachtete Kerner das Oeffnen im Juni-Juli 4—5 Uhr, in der ersten Hälfte des September 5—6 Uhr, in der zweiten Hälfte des September und Anfang October 6—7 Uhr Morgens.

Ueber das Oeffnen und Schliessen der Blüthen, wie überhaupt über die Bewegungen (Reizbewegungen, nyctitropischen, gamotropischen Bewegungen) der Blüthen und Blüthentheile vgl. auch Hansgirtg (Physiologische und phykophytologische Untersuchungen. I. Phytodynamische Untersuchungen, Prag 1893).

II. Abschnitt.

Schutzmittel der Pflanzen.

Kapitel IX. Schutzmittel gegen Witterungunst.

§ 59. Viele der Ausrüstungen gegen Witterungseinflüsse dienen mehreren Zwecken zugleich, so können z. B. die gleichen Vorkehrungen (Haarschutz etc.) gegen extreme Kälte wie gegen grosse Hitze oder (Rollblätter, versteckte Lage der Spaltöffnungen etc.) gegen grosse Nässe wie gegen grosse Trockenheit schützen, während in anderen Fällen spezifische Ausrüstungen gegen die einzelnen Witterungsfactoren stattgefunden haben.

Wir wenden uns zunächst zu den Schutzvorrichtungen der Pflanzen gegen Hitze und Trockenheit. Unter ihnen spielen eine hervorragende Rolle diejenigen, welche eine zu rasche Transpiration verhindern. Die Verdunstung des Wassers an der Oberfläche grüner Pflanzentheile, deren Hauptzweck die Emporhebung (Saugung) des mit den Nährsalzen des Bodens beladenen Wassers ist, geschieht und wird regulirt durch die Mündungen der Spaltöffnungszellen, deren complicirten mechanischen Aufbau vor Anderen Schwendener zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gemacht hat (vgl. S. Schwendener, Ueber Bau und Mechanik der Spaltöffnungen. Monatsber. d. kgl. Ak. d. Wiss. Berlin 1881 Juli, p. 833—867 m. 1 Taf. Verh. d. B. V. d. Prov. Brandenburg 1881 p. 72 etc.). Das Vorhandensein der Spaltöffnungen (Stomata), dieser wichtigen Organe zur Erzeugung des Transpirationsstromes, ihre Häufigkeit und Vertheilung, ihre Lage, ihr Bau und ihre Mechanik ist in hohem Grade abhängig von dem Stand- und Wohnort, dem Klima, in welchem ihre Träger leben. Submerse Wasserpflanzen besitzen gar keine Spaltöffnungen oder besondere Wasserspalten, schwimmende Blätter am Boden festgewurzelter Wasserpflanzen haben dieselben

nur an der Oberfläche der Schwimmblätter, die grosse Mehrzahl der Landpflanzen trägt dieselben hauptsächlich auf der Blattunterseite. Durch selbstthätiges Oeffnen und Schliessen des Spaltes reguliren die Spaltöffnungszellen in der Hauptsache die Transpiration bei den verschiedenen Wandlungen der Temperatur, Beleuchtung und Feuchtigkeit. Daneben finden sich aber sowohl für Wohnorte mit extremen Witterungsverhältnissen, wie auch für die schwankenden Witterungsverhältnisse eines und desselben Standortes von weniger extremen Witterungscharakter besondere Anpassungen, welche einerseits eine zu langsame, andererseits eine zu rasche Wasserabgabe verhindern. Die Mittel zur Beschleunigung der Transpiration, welche da zur Geltung kommen, wo grössere Regenperioden der Transpiration hinderlich sind oder ein hoher Feuchtigkeitsgehalt der Luft die Transpiration erschwert, bestehen zum Theil (an letzteren Orten) in einer möglichsten Exposition der zahlreichen Spalten, die frei oder punktförmig hervorgewölbt (z. B. bei *Pomaderris phycifolia*, *Peperomia arifolia* etc.) auf oft bedeutend vergrösserten Blattspreiten mit dünner Cuticula sich befinden, zum anderen Theil (in Regengebieten etc.) dienen sie zur raschen Entwässerung des Blattes (Träufelspitzen) oder zum Schutz der Spaltöffnung führenden Blattseiten gegen den Regen durch Wachsüberzug (*Primula farinosa* etc.), Bereifung, unbenetzbaren Haarfilz oder Haarbekleidung, die die Nässe wenigstens von den Spaltöffnungen fernhält. (Bei *Verbascum Thapsus* und anderen Pflanzen sind die Blätter, die auch an der Oberseite Spaltöffnungen tragen, beidseitig filzig, bei *Petasites*, *Tussilago*, *Cirsium heterophyllum* etc. sind sie auf der Unterseite filzig.) Besondere Cuticularzapfen halten die Wassertropfen von den Spalten ferne bei den Bambusgräsern, *Carex stricta*, *C. pendula*, *Lysimachia thyrsoflora*, *Polygonum amphibium* etc. Von besonderem Wall umgebene Spaltöffnungen hat z. B. *Hakea florida*, *Protea mellifera*. In anderen Fällen stehen sie in Grübchen (*Dryandra floribunda*) oder Furchen (*Cytisus radiatus*, *C. albus*, *C. equisetiformis* etc., neuholländischen *Casuarinen*), die mit Haarbüscheln verschlossen sind (vgl. jedoch auch derartige Grübchen unter den *Acarodomatien*). Bei den winzigen Orchideen *Bolbophytum minutissimum* und *B. Odoardi* finden sie sich ausschliesslich in den Aushöhlungen kleiner, 1½—3 mm grosser Knöllchen, und viele unserer Sumpfpflanzen etc. mit immergrünen Blättern (die wohl wegen der oft gehinderten Transpiration nöthig sind) besitzen mehr oder weniger eingerollte Blätter, bei denen die Spalt-

öffnungen in den Einrollungen liegen und meist noch durch Wachsüberzug oder Haarfilz gegen Nässe geschützt sind, wie bei *Empetrum nigrum*, *Andromeda tetragena*, *A. polifolia*, *Oxycoccus palustris*, *Ledum palustre*, *Dryas octopetala* etc. Diese letzteren Schutzmittel sind aber auch geeignet, bei grosser Trockenheit die Verdunstung zu hemmen, und nach Volkens, Schwendener, Potonié und Anderen dürften viele dieser jetzt bei uns als Sumpfpflanzen auftretenden Gewächse aus den hochnordischen Steppengebieten stammen, wo im Sommer sehr heisse und trockene Vegetationszeiten vorkommen (selbst auf Grönland 40—50°). Sie zeigen ähnlich wie viele unserer aus hochnordischen Steppen stammenden Carexarten und Gramineen im Bau des Spaltöffnungsapparates unverkennbare Vorrichtungen zur Einschränkung der Verdunstung, während diese „Steppenzeichen“ z. B. den aus Süden zu uns gekommenen Carices, z. B. auch den alpinen fehlen. Anatomische Merkmale scheinen sich sehr langsam den äusseren Lebensbedingungen anzupassen, so dass sie nur bei lange einheimischen Arten den heutigen Standortverhältnissen entsprechen. So besitzt z. B. *Tofieldia calyculata*, *Iris sibirica*, *Narthecium ossifragum* bei uns noch jetzt eine aussergewöhnlich starke Schutzscheide, die zweifellos eine Anpassung an die grösseren klimatischen Schwankungen der eigentlichen Heimath dieser Pflanzen darstellt. Wir suchen daher am besten die Anpassungen der Pflanzen an die klimatischen Verhältnisse in der Urheimath der Pflanzen auf.

So eignen sich z. B. zur Ermittlung der Anpassungen der Xerophyten (Dürrepflanzen) am besten die Pflanzen der Steppen und Wüsten.

Xerophyten.

§ 60. Bei den Xerophyten, d. h. den Pflanzen, die auf den trockensten Böden leben, dem Sonnenbrand dauernd ausgesetzt sind und auf sehr trockene Luft angewiesen sind, sind die Anpassungserscheinungen weit deutlicher als bei den Pflanzen, die regelmässig einer grossen Boden- und Luftfeuchtigkeit ausgesetzt sind, den Hygrophyten. Die ausgeprägtesten Xerophyten sind die Wüsten- und Steppenbewohner, sodann die Bewohner felsiger Standorte in den alpinen Regionen etc. Die Anpassung an die genannten Wohnortverhältnisse hat bei einem grossen Theil der Xerophyten zu zwei entgegengesetzten Vegetationsformen geführt, deren eine eine Einschränkung der Transpiration durch eine Reduction des Laubes

erfahren hat. Die Blattsubstanz ist bis auf Rippen und Stiele geschwunden, welche letzteren — oft mit Dornen bewehrt — grün sind und die Assimilation und Transpiration übernommen haben, während die andere Vegetationsform gerade die fleischigsten Pflanzen, die Succulenten- oder Nopalform umfasst, die oft über 80 % Wasser in sich aufgespeichert haben und durch Ausbildung des Hautsystems, sowie durch schleimigen, gummiartigen Inhalt der Zellen die Verdunstung auf ein Minimum beschränken. Sonst wird bei Xerophyten die Transpiration herabgesetzt durch Versenkung der Spaltöffnungen, durch Cuticularisierung der Oberhaut, durch Kalk-, Kiesel-, Lacküberzüge der transspirirenden Organe, durch mehr oder weniger dichte Haar- und Schülferüberzüge der Blätter, Ausscheidung von ätherischen Oelen, die durch Verdunstung die Temperatur herabsetzen und eine für die strahlende Wärme schwer durchlässige Atmosphäre bilden, durch Zusammenneigen oder besondere Stellung der Vegetationsorgane. Der Wassermangel wird gedeckt durch ungemein lange, bis zum Grundwasser herabsteigende Wurzeln, unterirdische Wasserspeicher u. dgl.

a) Haarkleid.

§ 61. Die Trichome oder Haarbildungen spielen in der Pflanzenbiologie eine wichtige Rolle, so dienen sie in den Blüten des Löwenmauls etc. als Saftmahl (Lockhaare), bei den Blättern fleischverdauender Pflanzen besorgen sie die Ausscheidung von verdauenden Secreten und die Absorption der Verdauungsstoffe (Digestionshaare), in der verschiedensten Form treten sie auf als Schutzmittel gegen Thierfrass und auf kriechenden Thieren, zur Verbreitung der Samen und Befestigung letzterer an das Keimbett als Wurzelhaare zur Ernährung und Wasseraufnahme aus dem Boden, als regenaufsaugende und wasseraufsaugende Organe, zum Schutz der Spaltöffnungen gegen Nässe (auf der unteren Seite der Laubblätter), als Klimmhaare etc. Auch als Schutzmittel gegen zu rasche Transpiration kleiden sie in trockenen Orten oder Orten beschränkter Wasserzufuhr die transspirirenden Organe der Pflanze in eine dichte Hülle. Die Haarbildungen zu diesem Zweck sind trocken, luftgefüllt. Bald als weiches Wollkleid, bald als dichter Sammt, grober Filz, zartes Seidenkleid oder atlasglänzende Beschülferung charakterisiren sie die Bewohner trockener Felsen etc. in den Alpen (*Draba tomentosa*, *Senecio incanus*, *Achillea Clavennae*, *Artemisia Mutellina*,

Gnaphalium Leontopodium etc.), die Xerophyten der Wüsten (z. B. der ägyptisch-arabischen Wüste) und Steppen (Steppen Russlands, Hochsteppen Irans und Kurdistans etc.), der Savannen und Prärien der neuen Welt. Schon die Flora des Mittelmeergebietes zeigt vielfach die Einkleidung in weissen und grauen Filz, z. B. bei zahlreichen Compositen (Artemisia, Filago, Inula etc.), Labiaten (Phlomis, Salvia, Teucrium, Marrubium, Stachys, Sideritis, Lavandula etc.), bei Cistaceen, Convolvulaceen, Scabiosen, Plantagineen, Papilionaceen, Thymeläaceen etc., und selbst bei Gräsern und Arten weiter Verbreitung wie Campanula Speculum, Galium rotundifolium, Mentha Pulegium, Silene inflata, die von Skandinavien bis zum Mittelmeer kahl vorkommen, sind dort behaart.

Die Gestalt der Deckhaare ist je nach ihrem Zweck eine sehr mannigfaltige. Kerner unterscheidet die folgenden Hauptformen:

Einzellige Deckhaare, die sich dicht über der Blattfläche umbiegen und letzterer anliegen, entweder parallel der Mittelrippe verlaufend — Seidenhaare von Convolvulus Cneorum etc., oder rechts und links parallel den Seitenrippen verlaufend, und dann Atlasglanz erzeugend.

Nicht umgebogene, einzellige Deckhaare, die keinen Glanz erzeugen, sind entweder kurz und dicht gestellt — Sammtbehaarung — oder lang und locker — zottige Behaarung, oder weich, dünnwandig, lang, vielfach gedreht — Wollhaare (bei Centaurea Ragusina z. B. rund, bei Gnaphalium tomentosum bandartig zusammengedrückt).

Mehrzellige Deckhaare sind z. B. die Gliederhaare (die wieder kurz und gerade sein können, wie in dem Sammtüberzug der Gloxiniablätter, oder lang gedreht und verschlungen, wie in dem Wollfilz bei Gnaphalium Leontopodium), die τ -Haare, die auf kurzem Stiel beidseitig in lange, spitze, einen gestreckten Winkel bildende Schenkel auslaufen (sie erzeugen oft Seidenglanz, z. B. bei Artemisia Mutellina, A. arborescens, A. argentea, A. sericea, A. laciniata, A. Absinthium, Aster argophyllus, Scabiosa cretica, S. graminifolia, Steppencruciferen wie Syrenia, Erysimum, Cornus suecica etc.), die Sternhaare mit oder ohne Mittelfeld (mit einfachen Strahlen, z. B. bei Alyssumarten, Capsella Bursa pastoris, mit gegabelten Strahlen bei Draba Thomasii, schirmförmig bei Koniga spinosa, und in mannigfacher sonstiger Form, z. B. bei den Cruciferen und

Malvaceen, die verästelten Büschelhaare (Seeigelform etc. bei *Potentilla argentea*, *P. cinerea*, *Cistus*, *Helianthemum*), die Schuppen und Schülfern (bei *Elaeagnus*, Hippophaëarten, Bromeliaceen), Actinienhaare (*Phlomis*, *Verbascum Olympicum*, *Correa speciosa*), bäumchen- oder armluchterähnliche flockige Haare (*Verbascum thapsiforme* etc.).

Trichome sind auch die verkieselten Blasenellen bei *Rochea* etc. Wie die firnissartigen Ueberzüge und andere den entwickelten Xerophytenorganen eigenthümliche Anpassungen (Zusammenfaltung der Blätter, Lage und Stellung etc.) vielen pflanzlichen Organen nur in der Jugend zukommen, so auch die Haarbekleidungen. So sind die jungen Blätter von *Amelanchier vulgaris* im ersten Frühling mit schneeweisser Wolle bekleidet, die Blätter der Birnbäume, Ebereschen, Silberpappeln, Rosskastanien, die jungen Blätter von *Viburnum* *Lantana* tragen verfilzte Sternhaare, die von *Rheum Ribis* armluchterartige Trichome, die von *Verbascum pulverulentum* strauchförmig verästelte Haare, die bei der Entwicklung des Blattes sich loslösen oder abbrechen, und vom Wind beseitigt werden. Die jungen Buchenblätter erscheinen in dichtes Seidenhaar eingehüllt; hier sind es aber nur die den Rändern und Seitenrippen aufsitzenden Einzelhaare, die bei der gefalteten Knospenlage des Buchenblattes dicht zusammengerückt den Seidenfilz bilden, während die Blattspreite vor wie nach kahl ist.

Nach Kerner lässt sich die schützende Wirkung des Haarkleides leicht experimentell nachweisen. Benutzt man z. B. von einem Brombeerstrauch, der zweifarbiges, oben kahles, unten weissfilziges Laub hat, zwei gleiche Blätter als Umhüllung der der Sonne ausgesetzten Thermometerkugeln, so dass einmal die weissfilzige, das andere Mal die grüne Seite nach aussen gerichtet ist, so erhöht sich die Temperatur in dem letzten Fall binnen fünf Minuten um 2—5 ° über die des anderen Thermometers. Der Sonne ausgesetzt schrumpfen die mit der weissen Seite nach oben gerichteten Blätter viel später als die, welche die grüne Seite nach oben wenden.

b) Lackirte Blätter etc.

§ 62. Eines der mannigfachen Mittel, eine übermässige Transpiration auf ein möglichst geringes Mass herabzusetzen, ist die Lackirung der Blätter, die sich bei Pflanzen in ausgesprochenen

Xerophytengebieten, besonders Wüstenpflanzen, findet, und fast ausschliesslich auf die Pflanzen der südlichen Halbkugel beschränkt ist (die nordafrikanischen und innerasiatischen Steppen scheinen keine Pflanzen mit lackirten Blättern zu besitzen). Die hierher gehörigen Pflanzen sind ausnahmslos mit dünner, schwach cuticularisirter Oberhaut versehen, der eine homogene, stark lichtbrechende Decke, eine glänzende, im Alkohol lösliche Masse auflagert. Die Lackbedeckung kommt auf verschiedene Weise zu Stande. Bald fungiren innere Hautdrüsen als ausscheidende Organe, bald findet sich ein subepidermales sich mit Harz füllendes Gewebe, bald sind es Stipeln, die das Laub im Jugendzustand mit Firniss überziehen, oder es finden sich secernirende Drüsenhaare auf den Blättern selbst. G. Volkens, dem wir die genauere Kenntniss der Pflanzen mit lackirten Blättern verdanken (Ber. d. D. B. Ges. 1890 Bd. VIII, p. 120—140 mit Taf. VIII), zählt die folgenden Arten auf.

Compositae: *Baccharis Richardifolia* und etwa 100 andere Arten von *Baccharis*, wo die jüngeren Blätter und die dazwischen liegenden Internodien mit klebrigem, glänzendem Firniss überzogen sind. Es sind dies, wie in einigen anderen Fällen (*Olearia Hookeri*) eigenthümliche Gruppen mehrzelliger, in lange, peitschenförmige Fortsätze auslaufender Drüsenhaare, die den Firniss erzeugen dürften. *Brachylaena dentata*, *Vernonia viscidula*, *Symphiopappus cuneatus*, *S. viscosus*, *S. reticulatus*, *Eupatorium vernicosum*, *E. Freyreysii*, *E. fastigiatum*, *Haplopappus paniculatus* u. a. *Haplopappus*arten, *Olearia Hookeri*, *Celmisia vernicosa*, *Helianthus thurifer*, *Gochnatia glutinosa*.

Zygophylleen. *Larrea mexicana* (Creosotbusch), *L. nitida* (Excretion durch Stipeln). Die Spaltöffnungen stehen wie bei den *Haplopappus*arten auf hoch emporgezogenen Postamenten.

Saxifragaceen. *Escallonia resinosa*, *E. rubra*, *E. pulverulenta*, *E. farinacea*, *E. pendula* etc. mit schildförmigen Drüsenhaaren.

Bignoniaceen und Anacardiaceen. *Phyllarthron Bojerianum* besitzt an der Oberseite der Blattlamina wie des blattartig verbreiterten Stieles bräunlich glänzenden Lacküberzug. Die Drüsen, die ihn ausscheiden, sind von der Gestalt eines Malvengynäceums. Auch Arten der Anacardiaceengattung *Rhus* zeigen ähnlich gestaltete Drüsenhaare. Bei *Rhus mucronata* übertrifft der Lacküberzug die Dicke der Epidermis fast um das Doppelte.

Melastomaceen, Scrofulariaceen, Acanthaceen mit je einer Art: *Microlicia Naudiniana*, *Calceolaria pinifolia*, *Petalidium*

linifolium. Sie besitzen sitzende Drüsenhaare. Die erstere hat schuppenförmige Blätter, die, sich dachziegelig deckend, den Zweigen mit den Oberseiten angedrückt erscheinen; die zweite hat ericoide, am Rand nach unten gebogene, die dritte einfach linealische Blätter, die bei *Microlicia* und *Petalidium* ringsum, bei *Calceolaria* auf der Oberseite mit einer Harzschicht versehen sind.

Solanaceen, Geraniaceen. Die 5 Arten der Gattung *Fabiana*, *F. viscosa*, *F. Peckii*, *F. denudata*, *F. squamata*, *F. bryoides* erscheinen von weitem wie aus völlig blattlosem Astwerk aufgebaut. In Wirklichkeit haben aber nur die 3 ersteren wenige zerstreute Blättchen, die nach der kurzen Regenzeit wieder abfallen dürften. *F. squamata* und *bryoides* haben winzige, den langen Ruthenzweigen dicht angepresste, bei *F. squamata* spiralig vertheilte, dachziegelige, bei *F. bryoides* je 10—15 winzige, sich allseitig berührende rosettenbildende Blättchen. *F. viscosa*, *denudata*, *Peckii* und *squamata* verbinden mit der Reduction der transspirirenden Flächen eine Lackirung derselben. Das Harz bildet eine ungemein dicke Kruste, die mit Ausnahme der *F. squamata* durch kuglige Köpfchenhaare erzeugt wird, während es bei *F. squamata* an älteren Blättern unterhalb der nach aussen gekehrten Oberhaut ein Gewebe bildet, dessen Korkzellen im Lumen mit derselben harzigen Substanz erfüllt sind, die bei den jüngeren Schuppenblättern äusserlich aufgelagert erscheint. Einen gleichen intracellulären Harzmantel bildet eine *Adesmia* species und *Sarcocaulon rigidum*. Bei letzterem — einem sparrig verzweigten 30—50 cm hohen Busch, mit 1—2 cm dicken, wurstförmig eingeschnürten Internodien sind die mit bis 30 cm langen, allseitig abstehenden Dornen bewehrten Aeste mit einer Art Glasur versehen. Das in reichlichem Masse ausgeschiedene Harz bildet oft faustgrosse, hellbraune, dann schwarze, angenehm riechende Knollen, die von den Hottentotten zu Perlen verarbeitet werden.

Euphorbiaceen, Hypericaceen, Rubiaceen. Bei der Euphorbiaceengattung *Beyeria* (*B. opaca*, *B. viscosa*, *B. Drummondii*) geht die Harzausscheidung der lackirten Blätter an der Oberseite und der nach unten weit vorspringenden Mittelrippe von Drüsenhaaren aus, bei *Hypericum resinum* wahrscheinlich von inneren Drüsen. Von Rubiaceen haben lackirte Blätter *Ixora truncata*, *Gnettarda resinosa*, *Retiniphyllum secundiflorum*, *R. Schomburgki*, wo die Blätter wahrscheinlich schon in der Knospenlage durch Stipulargebilde mit dem erhärtenden Balsam eingeölt werden.

Kerner führt von Pflanzen mit firniss- oder balsamartigen

Ueberzügen noch auf aus der mittelländischen Flora *Cistus laurifolia*, *C. populifolia*, *C. Clusii*, *C. ladaniformis* etc., *Inula viscosa*, von persischen Steppenpflanzen *Centaurea Balsamita*, aus den amerikanischen Prärieen *Grindelia squarrosa*.

Von einheimischen Pflanzen zeigen z. B. Birken- und Pappelblätter den Harzüberzug in der Jugend.

Auch die Harzüberzüge der Knospenschuppen vieler Bäume, wie der Rosskastanien, Pappeln etc., gehören hierher, die die Knospen aber sowohl vor zur rascher Verdunstung, wie gegen die Einwirkungen der Kälte, schützen.

Lack- und Firnissüberzüge finden sich auch bei einer Reihe Pilzen, besonders bei holzigen Polyporeen etc.

§ 63. Den lackirten Blättern schliessen sich auch die Organe an, die auf andere Weise eine glatte, glänzende, Licht und Wärme stark reflectirende Oberfläche haben, wie die fettglänzenden Laubblätter (*Ficaria verna* etc.), die glänzenden Blumenblätter unserer Hahnenfussarten („Butterblumen“) etc. Viele Blüten, die um die heisseste Zeit des Tages ihre Krone der Sonne und den bestäubenden Insecten darbieten müssen, haben besonders ausgeprägte Schutzmittel gegen die Wirkungen zu intensiver Sonnenbestrahlung, wie der Filz der Edelweissblüthen, der Glanz der *Ranunculus*-blüthen etc. Ueber die Ursache des Glanzes bezüglich letzterer vgl. die Arbeit von Möbius (Bot.-Centralblatt Bd. XXIII, p. 115 ff.).

Auch wachsartige Ueberzüge dienen als Schutzmittel der Spaltöffnungen gegen zu starke Transspiration, wie gegen Nässe. Sie finden sich z. B. an den Blättern der Rutaceen der Steppe, Akazien und Myrtaceen von Neuholland, der Nelken und Euphorbiaceen der mittelländischen Flora. Bei *Capparis galeata* ist die starke Cuticula durch eine Wachsschicht bedeckt, die nur oberhalb der eingesenkten Spaltöffnungen haarfeine Oeffnungen besitzt.

Die Kalkincrustationen der Saxifrageen etc. wie die Salzausscheidungen der Halophyten spielen gleichfalls ein Schutzmittel gegen eine zu starke Erhöhung der Transspiration.

Bei einigen Succulenten, z. B. bei den Rocheaarten (*R. falcata* etc.) vom Cap finden sich an der Oberfläche der Blätter ungewöhnlich vergrösserte, blasenförmig aufgetriebene Hautzellen, die über den gewöhnlichen, etwa nur den 600. Theil betragenden

Hautzellen und Spaltöffnungen, sich durch gegenseitigen Druck würfelförmig abplattend, eine dichte Panzerschicht bilden.

Diese Blasen dienen in der Jugend als Wasserspeicher, erhalten aber später eine harte verkieselnde Membran.

c) Nopalgewächse und andere Fettpflanzen.

§ 64. Eine Anpassung an die trockensten Wohngebiete (mit oft $\frac{3}{4}$ Jahr lang anhaltender Trockenheit, stellen die Fettpflanzen oder Succulenten dar, bei denen durch besondere wasserspeichernde Gewebe das Wasser während der kurzen nassen Jahreszeit in grösserer Menge aufgesammelt und bis zur nächsten Nässeperiode angesammelt wird. Man hat diese Gewächse verglichen mit dem „Schiff der Wüste“, dem Kameel.

Die Herabsetzung der Verdunstung fordert bei ihnen besonders ausgeprägte Schutzvorrichtungen, die theils in einer Umgestaltung in Einlagerungen der Zellhaut (Verkorkung, Verkieselung, Ablagerung von oxalsaurem Kalk, Wachstüberzug etc.), in der Beschaffenheit des Zellsaftes (schleimige, gummiartige Substanzen und Salze, die das Wasser gierig festhalten) gegeben sind, theils in dem feineren, zelligen Bau der Oberhaut (geringer Zahl und Grösse, die tief eingesenkten Spaltöffnungen) beruhen.

Vor Allem wird aber bei ihnen durch das Princip der Oberflächenverringering gegenüber dem Volumen der geringe Verlust an Wasser herbeigeführt. F. Noll hat darauf hingewiesen, dass die stereometrischen Körperformen, die dieser Bedingung Folge leisten, auch bei den Succulenten am häufigsten auftreten, wie die Kugel (Kugelcacteen), Prismen, Cylinder mit kreisförmigem Querschnitt. Wie die Träger dieser Körperformen, z. B. *Euphorbia canariensis*, *E. glomerata*, *Kleinia articulata*, *Stapelia planifolia* etc., ihren grossblättrigen Verwandten gegenüber hinsichtlich der Wasserersparniss überlegen sind, hat Noll (*Flora* 1893 H. 4, S. 353—356) an einem instructiven Beispiel gezeigt. Er verglich einen etwa kopfgrossen *Echinocactus* mit der grossblättrigen *Aristolochia Siphon*. Der Cactus wog $6\frac{1}{2}$ Pfund. Seine Oberfläche wurde durch 2 grosse Blätter der *Aristolochia*, die 20,1 g wogen, reichlich überdeckt; die Oberfläche (die Assimilationsfläche) betrug daher bei letzteren soviel wie bei jenem oder bei gleichem Gewicht entwickelte eine *Aristolochia* die 150 Mal grössere Assimilationsfläche als der *Kugelcactus*. Da bei der Transpiration

beide Blattseiten in Betracht kommen, so war mithin die transpirirende Oberfläche 300 Mal geringer entwickelt, als bei einer *Aristolochia* gleichen Gewichtes. (Der Gewinn durch Reduction der Transpirationsfläche war also doppelt so gross, als der mit der Reduction der Oberfläche verbundene Verlust.) Das Verhältniss der verdunstenden Oberfläche gibt noch nicht den wahren Massstab für die Verdunstung selbst. Ein Blatt der *Aristolochia* verdunstete in 1 Stunde 0,74 g Wasser (bei 901 qcm Verdunstungsfläche), ein Flachspross einer *Opuntia* (*Echinocactus* war zu diesem Versuch ungeeignet) von 330 qcm Oberfläche brauchte zur Verdunstung der gleichen Wassermenge 46 Stunden, woraus folgt, dass die Transpiration der Flächeneinheit bei *Aristolochia* 17 Mal so gross war als bei dem *Cactus*; da jedoch nach der ersten Beobachtung bei *Aristolochia* die 300fache Oberfläche verdunstet, so war die gesammte Verdunstung bei dieser Pflanze 5100 Mal so gross als bei dem *Echinocactus* (Oberflächenreduction und anatomischer Schutz).

Am weitesten ist die Reduction der Transpirationsfläche gediehen bei den Nopalgewächsen, bei denen die grünen Blätter fehlen, und die fleischigen und grünen Stengel das Assimilationsgeschäft übernommen haben. Zu ihnen gehören die zahlreichen cactusähnlichen Gewächse aus den verschiedensten Familien, z. B. viele baumförmige Euphorbiaceen Afrikas und Ostindiens, Stapelien (*Asclepiadeen*), Opuntien und Cacteen selbst (*Cereus*, *Echinocactus*, *Melocactus*, *Mammillaria* etc., vgl. die „Bewaffneten Pflanzen“), von Chile und Südbrasilien über Peru, Columbien, die Antillen und Guatemala, besonders reichlich aber und mannigfaltig auf der Hochebene Mexikos verbreitet.

In anderen Fällen erstreckt sich die Succulenz auch auf die Blätter oder auf Blätter und Stengel, z. B. die rundlichen cylindrischen Blätter von *Sedum album*, *S. acre*, *S. reflexum* etc., tropischer Orchideen, Aloöarten, Agaven, Stapelien, *Cotyledon*, *Crassula*, *Mesembryanthemum*, *Crithmum*, *Inula crithmoides* etc. Das Wassergewebe findet sich hier meist im Innern, in einigen Fällen aber an der Oberfläche, so z. B. in den das Licht stark brechenden mit farblosem Saft erfüllten Blasen auf Stengeln und dickfleischigen Blättern von *Mesembryanthemum crystallinum*, die wie mit funkelnden Perlen besetzt erscheinen. Pflanzen der letzteren Art erfreuen sich eines üppigen Wachstums, während das der Nopalpflanzen bekanntlich — in Folge der reducirten Assimilation sehr langsam von statten geht. Die Wasserblasen des *Mesembryanthemum crystallinum* besitzen eine

dünne Cuticula (trotzdem bleiben sie an abgerissenen Stengeln in der Sonnenhitze noch lange prall; ein abgerissener Zweig bewahrte auf meinem Schreibtisch monatelang seine Frische, zuletzt verkürzten sich die Zweige knollig). Die Blasen bilden wie die oberflächlichen wasserhaltigen Zellen anderer Pflanzen ein Anziehungscentrum für das Kohlendioxyd, das im Wasser gelöst als Kohlensäurehydrat an das grüne Assimilationsgewebe abgegeben wird. Es dürften aber diese wie Thautröpfchen oder Eisperlen aussehenden Blasen von *Mesembryanthemum crystallinum* und anderer „Eiskräuter“ weiter als optische Apparate, Linsen wirken, die das Sonnenlicht tief in das dunkelgrüne Assimilationsgewebe hineinsendet, und indem es letzteres durchleuchtet, den durch die Reduction der Assimilationsoberfläche beschränkten Assimilationsprocess wieder zu steigern, also ähnlich wirken wie die Sammellinsen des in lichtarmen Felshöhlen wachsenden Vorkeimes von *Schistostega osmundacea*.

Die biologisch nach jeder Seite interessanten Succulenten zählen viele Liebhaber auch unter den Nichtbotanikern. So gibt es in Deutschland eine Gesellschaft der Cacteenkunde, auf deren Organ Monatsschrift für Cacteenkunde von Prof. Dr. K. Schumann in Berlin (Verlag bei J. Neumann, Neudamm) wir hier verweisen möchten. Von der besonderen Cacteenliteratur heben wir hier nur hervor: Förster-Rumpler, Handbuch der Cacteenkunde 1886; Schumann, Monographie der Cacteen Brasiliens; Göbel, Pflanzenbiologische Studien I (Succulenten); Caspari, Beiträge zur Kenntniss des Hautgewebes der Cacteen 1883.

d) Ruthengewächse.

§ 65. Im Gegensatz zu den Succulenten gibt es eine verbreitete Gruppe von Xerophyten, die durch geringen Wassergehalt aller ihrer Theile ausgezeichnet sind, die Ruthengewächse. Bei ihnen wird die Transpiration in erster Linie durch die Reduction des Laubes in verschiedener Weise eingeschränkt. Entweder erscheinen die Blätter ausserordentlich verkleinert, oder die Blattsubstanz schwindet bis auf die Rippen und Stiele (z. B. bei dem australischen *Rubus squarrosus*), oder die Blätter fehlen gänzlich, und die Assimilation wird durch die grünen Stengel besorgt, so bei vielen Wüstenpflanzen, z. B. *Periploca aphylla*, *Capparis aphylla*. Wenig verzweigte oder unverzweigte hohle Stengel haben die hierher gehörigen Arten von *Scirpus*, *Schoenus*, *Cyperus* etc., während die besenartigen Sträucher, die sich besonders in Neuholland und

im Mittelmeergebiet finden, reichverzweigt sind, so die Casuarineen, Papilionaceen, Santalaceen (*Viminaria Leptomeria*, *Retama*, *Cytisus*, *Spartium* etc.). Die Transpiration wird bei allen noch auf besondere Art eingeschränkt, so besitzt z. B. die blattlose *Retama dasycarpa* eine Cuticula von colossaler Entwicklung, die Spaltöffnungen sind in den Böschungen von Längsrillen befindlich, die durch Haare verschlossen sind, und die Spaltöffnungen mit langen, spitzen Cuticularleisten liegen unter dem Niveau der Epidermis. Bei *Alhagi Maurorum* u. a. findet sich eine doppelte Epidermis.

e) Flachsprosser und Compasspflanzen.

§ 66. Während bei den Ruthengewächsen die grünen, die Blätter ersetzenden Sprossen noch stielrund sind, gibt es eine Reihe xerophytischer Pflanzen, deren Sprossen blattartig verbreitert, aber vor zu lebhafter Transpiration dadurch geschützt sind, dass ihre Fläche nicht horizontal, sondern vertical steht. Einige der bekanntesten Beispiele sind die mittelländischen Mäusedornarten, *Ruscus hypoglossum*, *R. aculeatus*, die Phyllanthusarten (*Euphorbiaceen*), die südamerikanische *Colletia cruciata*, die neuseeländische *Papilionacee Carmichelia australis*. Bei anderen Gewächsen sind es nicht wie hier die Phyllocladien, sondern die blattartig verbreiterten Blattstiele (Phyllodien) — die Blattspreite selbst ist oft verkümmert — welche die Verticalstellung anzeigen. So sind die Wälder Neuhollands schattenlos wegen der Verticalstellung dieser Phyllodien bei einer grossen Zahl von Bäumen und Sträuchern, z. B. Akazien, oder wegen der Verticalstellung der Blätter selbst bei vielen *Myrtaceen*, *Proteaceen* etc. (z. B. *Eucalyptus*, *Leucadendron*, *Melaleuca*, *Banksia*, *Protea*). Bei einer weiteren Gruppe von Pflanzen stellen sich die Blätter nicht nur vertical, sondern sie stellen ihre Flächen in eine einzige Ebene, die Meridianebene ein, so dass sie wie dem Herbar entnommen (gepresst) erscheinen. Bei dieser Stellung werden sie am verhältnissmässig kalten und feuchten Morgen und Abend zwar von den Sonnenstrahlen senkrecht getroffen und durchleuchtet, aber zur Mittagszeit nur mässig erwärmt und zur Transpiration angeregt. Die in den Prärien Nordamerikas wachsende Composite *Silphium laciniatum* ist den Jägern, die an ihr bei trübem Wetter die Himmelsrichtung erkennen können, schon lange als „Compasspflanze“ bekannt. Bei uns gehört z. B. *Lactuca Scariola* zu diesen Compasspflanzen, auch *Aplopappus rubiginosus*

und in geringerem Grade *Chondrilla juncea* zeigen ein gleiches Verhalten. Stahl (Jenenser Zeitschr. für Naturwissensch. Bd. XV, N. F., Bd. VIII, 1881) hat das eigenthümliche Verhalten näher bei *Lactuca Scariola* studirt. Die in $\frac{3}{8}$ -Stellung stehenden Blätter strahlen nicht in 8 Längsreihen vom Stengel aus, sondern sind sämmtlich so gestellt, dass ihre Spreite in die Meridianebene zu liegen kommt. Am stärksten ist die Meridianstellung bei mageren, an dünnen, sonnigen Orten gewachsenen Pflanzen. Es haben dann die auf der Südseite und Nordseite inserirten Blätter durch eine ca. 90° betragende, dicht über der Basis erfolgte Torsion ihre Spreite in die Meridianebene gebracht, Blattrippe und Stengelachse bilden etwa einen Winkel von $50-70^\circ$. Bei den nach Osten und Westen am Stengel sitzenden Blättern ist oft keine Spur von Torsion vorhanden. Sie sind steil aufgerichtet. Pflanzen, die ihres Standortes halber nur diffuses Licht erhalten, orientiren dagegen die Blätter senkrecht zum Lichteinfall.

Laubabwerfende Gewächse, unterirdische Entfaltung.

§ 67. Während in den Gegenden mit wenig extremen Witterungsverhältnissen die Pflanzen jahraus jahrein belaubt erscheinen (immergrüne Pflanzen), die unbrauchbar gewordenen Blätter allmählich abgeworfen werden, findet in den Gegenden, in denen einer Regenperiode eine längere Trockenperiode folgt, wie auch in rauheren Klimaten in der Kälteperiode eine Art Pflanzenschlaf statt. Bei den krautartigen Gewächsen, welche nicht einjährig sind, sterben die oberirdischen Theile mehr oder weniger ab, während Dauerorgane im Boden geschützt die ungünstige Periode überleben. Bei den Holzgewächsen findet ein plötzlicher Laubfall statt — beides ein Mittel, bei ungünstiger Wasserzufuhr oder äusseren die Transpiration beschleunigenden Verhältnissen die letztere auf ein Minimum einzuschränken. Der Laubfall ist eine biologische Erscheinung, ohne ihn würden in trockenen, heissen Klimaten in Folge zu intensiver Verdunstung, in kalten in Folge der durch den Frost gehinderten Wasserzufuhr aus dem Boden die Pflanzen vertrocknen. Es geht dies aus den Untersuchungen von Wiesner und besonders denen von Hans Molisch hervor. Der Laubfall wird vorbereitet durch die Bildung einer Trennungsschicht am Grund der Blattstiele, in welcher beim Abfallen des Laubes selbst die Auflösung der Mittellamellen, bezw. die Isolirung der Zellen, wahrscheinlich durch

ein Cellulose umbildendes Ferment (Molisch fand das Wiesner'sche Gummiferment in ihnen) vollzogen wird, wobei organische Säuren unterstützend eingreifen. Bei Zweigen, welche stark zu transspiriren gewohnt sind, in trockener Luft gedeihen (selbst bei den Internodien von *Ephedra graeca*, *Viscum album*), hat eine dunstgeschwängerte Atmosphäre (unter der Glasglocke) rasch die Bildung der Trennungsschicht und den Blattfall zur Folge, während langsam transspirirende Pflanzen, wie *Coleus*hybride, *Goldfussia isophylla*, *Boehmeria argentea* auch im dunstgesättigten Raum ihr Laub Monate lang behalten. Umgekehrt wird durch gesteigerte Transpiration, mangelhafte Wasserzufuhr oder gleichzeitige Wirkung beider die Bildung der Trennungsschicht und Entblätterung bewirkt, falls dadurch der Wassergehalt des Blattes und Blattgrundes zu rasch vermindert wird. Welkt das Blatt zu rasch, so tritt keine Trennungsschicht auf; es stellt sich vielmehr an heißen Sommertagen dann eine „Sommerdürre“ der Holzgewächse ohne Blattfall ein (vgl. Molisch, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. XCIII, 1886, I. Abth., p. 148—184). — Der Laubfall zeigt bezüglich seiner Phänologie ähnlich wie die Laubentfaltung eine grosse Verschiedenheit von Art zu Art; innerhalb derselben Species aber eine hohe Anpassung an das Klima.

§ 68. Neben den kurzlebigen Pflanzen, die keine besonderen Anpassungen zeigen, und den Zwiebelgewächsen finden sich von krautartigen Pflanzen, z. B. in der ägyptisch-arabischen Wüste, viele Arten mit ungemein langen, senkrechten, bis zum Grundwasser hinabsteigenden Wurzeln, die um das 20fache an Länge die oberirdischen Stengel übertreffen, oft streckenweise zu Knollen und anderen Wasserspeichern verdickt sind und die mannigfachsten Anpassungen zeigen.

Welche Mannigfaltigkeit biologischer Formen durch die Steigerung oder Verminderung des Transspirationsvermögens zu Stande kommen kann, das zeigt z. B. die Gattung *Oxalis*, deren Biologie Friedrich Hildebrandt in einer sehr lesenswerthen Arbeit (Die Lebensverhältnisse der *Oxalis*arten. Jena 1884. 140 Seiten und 5 Tafeln) eingehend behandelt hat. Wir können es uns nicht versagen, auf diese Lebensverhältnisse der *Oxalis*arten (Hildebrandt hat 55 Arten untersucht) etwas näher einzugehen.

Nur bei wenigen *Oxalis*arten ist das ganze Leben auf wenige Wochen oder Monate beschränkt; sie bilden einen einfachen (*Oxalis micrantha*, *O. alsinoides*) oder verzweigten (*O. rosea*) Stengel, dessen

achselständige Blüten rasch fruchten, und die ganze Pflanze stirbt dann ab. Während sie ihres zarten Baues halber in fremden Klimaten den Kampf mit der dort einheimischen Vegetation nicht aufnehmen können — nicht verwildern, gedeiht bei uns schon üppig die südamerikanische *O. Valdiviana*, die ein Uebergangsglied zu den mehrjährigen Arten bildet. In der Heimat dauert sie, da der Stengel geringen Halt hat, nur kurz aus. Länger dauern in der Heimat die gleichfalls mit fleischigem Stengel versehenen Arten *O. Ortgiesii* und *pubescens*. Sie vertragen jedoch trockene Hitze und Frost ebensowenig wie jene und leben in Central- und Südamerika an Orten, wo sie beiden nicht ausgesetzt sind. *O. carnosa* ist anfangs ganz, später nur an der Spitze und den Seitentheilen fleischig; sie fällt zwar dem Frost, nicht aber der austrocknenden Hitze zum Opfer. An sie reiht sich die Schaar strauchartiger Oxalisarten an, die, im nördlichen Südamerika in frostfreier und während der heißen Zeit nicht allzu trockener Gegend heimisch, wahrscheinlich das ganze Jahr grünen und blühen, wie in unseren Gewächshäusern die durch Phyllodien ausgezeichnete *O. rusciformis*. Einige dieser immergrünen holzigen Oxalisarten, wie *O. scandens* und *O. rhombifolia*, sind Kletterpflanzen.

Von den einjährigen, zu den durch unterirdische Stengel gegen die Wirkungen von Kälte und Hitze (Transspiration!) geschützten Arten bildet z. B. *O. tropaeoloides* einen Uebergang. Unsere aus Nordamerika stammende *O. stricta* bildet bereits Ausläufer, die gegen Frost geschützt überwintern, und konnte sich daher über ganz Europa bis in die kalte Zone verbreiten, Austrocknung verträgt sie aber nur auf einige Zeit. Die Ausläuferbildung, wie sie *O. stricta* zeigt, ist der Ausgang der Entwicklungsreihen, deren eine zur Bildung von Knollen, deren andere zur Bildung von Zwiebeln geführt hat. Zu der ersteren Reihe gehört z. B. *O. crassicaulis*. Die bei ihr in den Achseln von Schuppenblättern entspringenden unterirdischen Seitenzweige treten theils, nachdem sie eine Strecke im Boden zurückgelegt, als Laubblattstengel zu Tage, theils bleiben sie in der Erde, schwellen an der Spitze an und erzeugen dichtgedrängte Schuppenblätter von fleischiger Basis, eine Art Zwiebelknollen, die in der Heimat der Pflanze, Peru und Mexiko, die Trockenzeit überdauern, in der dörrenden Hitze Afrikas aber wegen ihres dünnwandigen Zellgewebes zu Grunde gehen würden. Bei *O. articulata* u. a. bilden nicht Seitenzweige die knolligen Verdickungen, sondern die Hauptachse ist knollig verdickt. Bei *O. arti-*

culata tragen die Hauptknollen noch ungestielte, bei *O. crassipes* gestielte Seitenknollen.

Zur Zwiebelbildung bildet den ersten Schritt unsere *O. Acetosella*. Bei *O. Regnelli* bildet die Stammachse auf rübenförmigen, als Wasserreservoir dienenden Wurzeln dicht schuppige Rhizomzwiebeln. Noch deutlicher ist die Zwiebelbildung bei *O. enneaphylla*, und wahrscheinlich besitzt die Mehrzahl der Oxalisarten echte Zwiebeln. Bei diesen Arten besteht ein Hauptunterschied in der Vegetationsweise darin, dass die einen, anstatt in einem Laubspross zu enden, nach der Laubblattbildung immer wieder in eine Zwiebel ausgehen und dazu zwiebelige Seitensprossen bilden, während bei den anderen das Ende der Zwiebelachse sich in der Regel zu einem Laubblätter, Blütenstände und Brutzwiebeln tragenden verzweigten Spross verlängert. Zu den ersteren gehören z. B. *O. Lasiandra*, *O. tetraphylla*, *O. Vesperlioni*. Die aus zahlreichen Schuppen gebildeten Zwiebeln treiben aus der Scheibe einen Kranz von Faserwurzeln, von denen einige zu rübenförmigen Wasserspeichern auswachsen. Zur Vegetationszeit entspringt der Zwiebel nur ein Büschel dicht gedrängter Laubblätter, deren Achseln die Blüten und Blütenstände entsprossen. Die unteren, allein übrig bleibenden Theile der Blätter helfen eine neue Zwiebel bilden. Brutzwiebeln werden bei *O. Lasiandra* direct in den Achseln alter Zwiebelschuppen gebildet, bei anderen Arten treten erst fädige, den Boden zuweilen lang durchziehende Seitenachsen auf, die in Brutzwiebeln endigen. Die zweite erwähnte Vegetationsweise findet sich ausschliesslich bei den Bewohnern der heissen Gegenden Südafrikas. Bei ihnen zeigt sich wieder grosse Verschiedenheit in der Art der Brutzwiebelbildung, Verzweigung und Beblätterung des oberirdischen Stengels. So hat z. B. *O. rubella* einen oberirdischen, der Zwiebel entspringenden Stengel mit fast ungestielten Blättern, aus deren Achseln Zweige oder Blüten entspringen; die Brutzwiebeln werden in der alten Zwiebel gebildet, rübenförmige Wurzeln fehlen. Die dünnen Schutzscheiden hindern zwar das Eindringen von Feuchtigkeit, schützen aber nicht gegen trockene Hitze. Bei *O. incarnata* und anderen hat die mit nicht sehr harten Schalen und rübenförmigem Wasserspeicher versehene Zwiebel die Fähigkeit, die Brut in grösserer Tiefe zu bilden, indem sie sich nach Abfall der Zwiebelschuppen in die Tiefe streckt. Bei *O. pentaphylla* und Verwandten ist dagegen die Zwiebel mit harten, festen Schalen versehen, sie treibt nie an der Basis eine Rübe und wird auch nicht in die Tiefe gezogen. Bei *O. Coppolieri* etc., mit

endständigem Laubblattschopf, geht von der Zwiebelbasis eine lange Wurzel in ganz bedeutende Tiefe hinab, die Stengelachse legt in der Wurzelröhre, in die sie sich hinabstreckt, die Brutzwiebeln an, so dass es aussieht, als wären diese aus dem Wurzelgewebe entstanden. Bei *O. variabilis* und Verwandten kommt der Stengel nicht an dem Ort, wo die Zwiebel in die Erde gelegt ist, über die Erde, sondern kriecht unterirdisch erst eine Strecke fort, unterwegs seitliche, sehr hartschalige Brutzwiebeln bildend, um an einem anderen Ort die endständige Blattrosette über die Erde zu erheben. Die alten Zwiebelschalen bleiben, wenn das rübenförmige Wasserreservoir fehlt, undurchbrochen und es bilden sich in ihrem Innern noch neue Zwiebeln, oder die Achse dehnt sich bei vorhandener Wurzelrübe innerhalb der Wurzel in die Tiefe aus. Bei *Oxalis Pirottæ* rückt die alte Zwiebel mit den neuen auch ohne Wurzelrübe in die Tiefe.

Auch der Bau der Oxaliszwiebeln zeigt besondere Anpassungen an die klimatischen Verhältnisse. Bei den amerikanischen, keiner zu hohen Austrocknung ausgesetzten Arten bestehen sie aus einer grossen Anzahl von Schuppen, und ihr Gipfel streckt sich nie. Ihr Körper besteht zum grössten Theil aus stärkereichen Nährschuppen und nur schwach ausgebildeten Schutzschuppen. Die geringe Breite der Schuppen — keine deckt den auf sie folgenden Zwiebeltheil völlig — wird durch ihre grosse Anzahl ersetzt. Die äusseren trockenhäutigen Schuppen mit behaartem Rand dienen zum Schutz des Inneren gegen Feuchtigkeit. Die darauf folgenden fleischigen Nährschuppen haben gleichzeitig Schutzeinrichtungen. Ihr Rand ist behaart und ihre Innenseite trägt oft einen dichten Haarpelz, z. B. bei *O. Lasiandra*, bei *O. tetraphylla* u. a. ist der Gipfel der Zwiebelachse noch besonders durch Haare geschützt. Nach innen zu treten an den schmaleren, dickeren Schuppen Drüsenhaare an die Stelle der langen Haare. Sie scheiden einen harzigen Klebstoff aus, der z. B. bei *O. Vespertilionis* den Schuppenrand dicht an die darunter gelegene Schuppe ankittet. Während bei den amerikanischen Arten die äusseren Schuppen noch im Stande sind, Reservahrung aufzuspeichern, sind bei den südafrikanischen Oxaliszwiebeln nur wenige Schuppen da, deren äussere sich deutlich als Schutzschuppen kennzeichnen. Die letzteren bestehen aus einer Schicht quergestreckter Zellen, einer Schicht längsgestreckter, stark verdickter Zellen, einer Schicht aus luftführenden vertrockneten Zellen und einer durch kurze Haare ausgeschiedenen Harzschicht — ausgezeichnete Schutzeinrichtungen für die der ausdorenden Sonne

lange ausgesetzten Zwiebeln. Die innen glashelle Wasserbehälter darstellenden Verdickungen der Wurzelfasern, die auch beim Hinunterwachsen des Stengels in die Tiefe eine Rolle spielen, sind bei den amerikanischen Arten rübenförmig, bei den Arten des Caplandes spindelförmig und oft lang (bis 30 cm) gestreckt. Die amerikanischen Zwiebeln entwickeln bei uns ihre Triebe im Frühjahr, die südafrikanischen im Herbst.

Bezüglich der Laubblätter findet sich ein gleicher Unterschied bei den amerikanischen und südafrikanischen Oxalisarten. Bei letzteren schliessen sich die Laubblätter ganz unvermittelt an die Schuppenblätter an (daher die scharfe Trennung in Nähr- und Schutzschuppen); bei den amerikanischen Arten finden sich Uebergangsbildungen zwischen beiden, oder, während der obere Theil der Blätter als Assimilationsorgan fungirt, theilweilig sich der untere an der Zwiebelbildung und ist gleichzeitig Nährspeicher. Bei einer Reihe afrikanischer Arten fehlt der Stiel der Laubblätter (z. B. bei *O. rubella*), bei den amerikanischen ist er immer vorhanden, da wo er nicht sehr kurz, ist er mit einem Gliede versehen, an dem das Blatt vor dem Welken sich abgliedert. Wo, wie bei *O. rubella*, die Blätter ungestielt sind, stehen sie in grossen Zwischenräumen, da wo der Stengel am Ende eine dichtgedrängte Blattrosette bildet, wie bei *O. pentaphylla*, sind die unteren Blätter kurz, die oberen sehr lang gestielt, so dass sich ihre Spreiten nicht im Weg stehen. Bei *O. tortuosa* wird der dicke assimilirende Blattstiel (die Spreite ist klein) bis 12 cm lang. Bei *O. rusciformis* bildet der Stiel ein lanzettliches, horizontales Phyllodium. Die Blattspreite ist bei *O. monophylla*, *O. Mandioccana* einfach, bei *O. leporina*, *O. asinina* aus 2 Blättchen, am häufigsten aus 3 Blättchen, bei *O. tetraphylla* etc. aus 4, bei *O. pentaphylla* aus 5 Theilblättchen zusammengesetzt. Bei *O. enneaphylla*, *O. tormentosa* etc., mit 6–12 Theilblättchen stehen diese in der Tagstellung schirmartig nach allen Seiten oder bilden (bei *O. isopetala*) einen Fächer. Bei *Biophytum* ist das Blatt paarig gefiedert.

Von gleicher Mannigfaltigkeit sind die Bewegungen der Theilblättchen bei Tag- und Nachtstellung. Bei den meisten südafrikanischen Arten finden sich die Spaltöffnungen auf der Oberseite, dementsprechend sind die Blättchen dauernd geneigt oder am Rand eingerollt, während die amerikanischen Arten mit den Spaltöffnungen auf der Unterseite Tags horizontale, Nachts geneigte Blattstellung haben.

§ 69. Xerophilen Charakter zeigen vielfach auch Pflanzen relativ feuchter Wohnorte, bei denen die Wasserversorgung auf andere Weise erschwert ist. So kann durch hohen Salzgehalt des Substrates die Wasserversorgung erschwert werden, durch concentrirtere Salzlösungen in den grünen Zellen die Assimilation verhindert werden. So fand A. F. W. Schimper bei den javanischen Strandgewächsen, deren Wurzelsystem stets von Seewasser gebadet wird, bei der Mangroveformation, der Palme *Nipa fruticans*, den waldbildenden Strandpflanzen *Terminalia Katappa*, *Casuarina equisetiformis*, *Cycas circinalis*, *Pandanus*arten, ferner bei *Ipomaea pes Caprae*, Gramineen, Leguminosen, Convolvulaceen sowohl im äusseren Bau wie im anatomischen Bau die Eigenthümlichkeiten der Xerophilen, z. B. in dem fast lückenlosen Mesophyll, dem reichlichen Wassergewebe der sehr dickwandigen, stark cuticularisirten Oberhaut, den tief eingesenkten Spaltöffnungen mit weitem Vorhof, aber nur enger Ausmündung nach oben u. s. w. Bei den alpinen Pflanzen beschleunigen die Luftverdünnung und die kräftigere Insolation die Wasserverdunstung und machen besondere Schutzmittel nöthig. So zeigt weiter die javanische Flora der Solfataren, wo der Boden von dem den Fumarolen entströmenden sauren und alaunhaltigen Wassern durchsetzt ist, ausgesprochen xerophilen Habitus. Der herbstliche Laubfall bei uns ist, wie oben bemerkt wurde, gleichfalls ein Schutzmittel gegen Wasserverlust; die immergrünen Holzpflanzen temperirter Länder würden hiernach gleichfalls die Anpassungen der Xerophyten zeigen. In der That haben unsere Nadelhölzer, von Laubhölzern *Ilex aquifolium*, *Buxus sempervireus*, *Hedera Helix* derbe Structur des Laubes, starke Entwicklung der Palissaden, versenkte Spaltöffnungen und dicke Cuticula (vgl. auch Bot. Centralbl. Bd. XLV, p. 53—57).

Fixe Lichtlage.

§ 70. Bei vielen Pflanzen nehmen die Blattspreiten unter der Wirkung der Schwerkraft und des negativen Heliotropismus eine fixe Lichtlage an, d. h. sie stellen ihre Spreiten senkrecht zur Richtung des stärksten diffusen Lichtes, sei es, dass alle Blätter eines schiefen Sprosses sich in einer Ebene orientiren (wie bei *Fagus*, *Carpinus*, *Tilia* etc., wo dann der Geotropismus oft zu einer Unsymmetrie der Blattspreiten geführt hat), sei es, dass sich nur die Blattflächen nach dem Lichte wenden, während die

Stiele sehr verschiedene Lagen annehmen können (wobei fast stets eine Anisophyllie der Sprosse auftritt). Die Anpassungen sind jedoch auch hier oft innerhalb derselben Gattung ganz verschiedene, so z. B. bei den Pappeln. Bei dem im Winde leicht beweglichen Laube derselben ist im allgemeinen eine fixe Lichtlage zwecklos. Bei photochemischer Prüfung der Lichtlage der Blätter der Silberpappel (*Papulus alba*) fand Wiesner in der That nur eine Annäherung an die günstige Lage ausgebildet. Bei dieser Art ist aber die Unterseite weissfilzig und bei bewegter Luft wendet ein grosser Theil des Laubes diese weissfilzige Seite gegen das Licht. Auch die an Spättrieben zur Entwicklung gekommenen Blätter kehren in der fixen Lichtlage die filzige Unterseite augenfällig gegen das Licht. Bei der Schwarzpappel (*Papulus nigra*) fehlt die lichtschützende Decke an der Rückseite, und trotz der Beweglichkeit des Laubes zeigt dies die günstige fixe Lichtlage. „Bei genauerem Studium,“ sagt Wiesner, „erklärt sich aber beides in sehr einfacher Weise. Was die fixe Lichtlage der Blätter anlangt, so zeigt sich hier ein kleiner Unterschied zwischen den Blättern der oberen und unteren Sprosshälften. Erstere sind kleiner und haben kürzere Blattstiele als letztere; erstere weisen eine vollständig günstige Lichtlage auf, letztere eine kleine merkliche Abweichung von derselben. Bewegt man einen schiefen Ast durch kräftiges Rütteln, so sieht man deutlich, dass die Blätter der oberen Sprossseite viel früher zur Ruhe kommen, als die der unteren, und so erscheint die biologische Bedeutung dieses Unterschiedes begreiflich. Nun ist es aber höchst merkwürdig, dass jedes Blatt der Schwarzpappel in Folge seines senkrecht zur Blattfläche stark abgeplatteten Stieles sich bei jedem Stosse fast nur in der Ebene des Blattes bewegen kann, also in der Ebene der günstigsten Beleuchtung. Dies macht es verständlich, dass die Blätter dieses Baumes trotz ihrer grossen sprichwörtlichen Beweglichkeit doch eine günstige fixe Lichtlage annehmen, indem sie der gedachten Einrichtung zu Folge durch den Wind nur in der Ebene der günstigsten Beleuchtung bewegt werden können, und dass der Haarfilz, welcher den Blättern der Silberpappel unentbehrlich ist, für das Laub der Schwarzpappel überflüssig wäre. Auch die übrigen Pappeln mit hochkantigen Blattstielen (*Pap. Tremula, canadensis* etc.) zeigen das gleiche Verhalten“ (vgl. auch die Heterophyllie d. Pappeln in dem Kapitel über Myrmecaphilie). Ueber die interessanten Untersuchungen über fixe Lichtlage etc. sind besonders zu vergleichen die Arbeiten von

J. Wiesner (Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche I. Denkschr. der Wiener Akad. d. Wiss. Bd. 39., II. *ibid.* Bd. 43 — nicht Bd. 40, wie in den Referaten d. Bot. Ztg. u. Bot. Ctrbl. angegeben ist —, ferner Sitzungsber. d. W. Akad. math.-natw. Kl. I. Abth. 1878 u. 1880), sowie die neueren Untersuchungen von Fr. Oltmann's, Ueber die photometrischen Bewegungen der Pflanzen, Flora 1892, S. 183—266, Bd. IV). Letzterer kommt zu dem Resultat, „dass alle dorsiventralen Organe eine ganz besondere Lage zum Licht annehmen, indem sie demselben eine ganz bestimmte Seite zukehren, welche ausserdem einen für jede Intensität des Lichtes bestimmten Winkel mit den einfallenden Strahlen bildet.“ Die Pflanzen sind nach ihm im Stande, Intensitätsunterschiede in ganz der gleichen Weise wie die Thiere wahrzunehmen und zu empfinden. Sowohl bei den „photometrischen Bewegungen“ wie bei den anderen (tonotactischen, thermo-, hydrotropischen etc.) Reizerscheinungen soll es sich um „Aufsuchung von der augenblicklichen Stimmung entsprechenden optimalen Verhältnissen“ handeln (vgl. hierzu auch den folgenden Abschnitt).

Reiz- und Schlafbewegungen der Blätter.

§ 71. Die Schlaf- und Reizbewegungen der Blätter vieler Pflanzen sind gleichfalls als Schutzmittel gegen Wetterungunst zu betrachten, und zwar die Bewegungen des Tagesschlafes (paraheliotropische Bewegungen) als Schutzmittel gegen zu starke Insolation des Chlorophylls und Mittel zur Regulirung der Transpiration, die des Nachtschlafes (nyctitropische Bewegungen) als Schutzmittel gegen zu grossen Wärmeverlust durch nächtliche Strahlung, die Reizbewegungen als Schutzmittel gegen Regengüsse, Hagelschläge u. s. w. Die hierher gehörigen Anpassungen sind ausführlicher behandelt worden von Ch. Darwin (Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Gesammelte Werke in deutscher Ausgabe. 1881. Bd. XIII), zuletzt (mit Angabe der neueren Literatur) von Anton Hansgirg (Physiologische und phykologische Untersuchungen. Prag. J. Taussig. 1893. I. Abschn. Phytodynamische Untersuchungen).

Bei verschiedenen dornigen Mimosensträuchern Südamerikas breiten die gefiederten Blätter ihre Blättchen erst gegen Abend in eine Ebene aus und verharren in dieser Stellung bis zum Sonnenaufgang, während diese bei Tage vertical zusammengeklappt bleiben. Letztere Stellung nehmen sie auch bei Erschütterung durch Wind

und Wetter an, während sie bei trübem Wetter auch Tags ausgebreitet bleiben. Bei der falschen Akazie, *Robinia Pseudacacia*, nehmen die Blättchen in Deutschland und selbst noch in Triest meist nur in den Mittagsstunden der wärmeren Jahreszeit (Juli) vertical aufrechte Stellung an, während sie Hansgirg z. B. in Italien und Dalmatien an sonnigen Tagen des Juli und August von früh 8 oder 9 Uhr bis fast zum Sonnenuntergang in dieser Stellung unverändert verharren sah. Die paraheliotropische Hebung der Blättchen (die auch durch Turgescenzänderungen in ziemlich hohem Grade beeinflusst werden) erfolgt bei *Robinia*, *Gleditschia*, *Colutea*, einigen *Caragana*arten etc. auch an ein und demselben Standort zu verschiedenen Jahreszeiten und bei verschiedener Insolation mit ungleicher Stärke und zu ungleicher Stunde. Beleuchtet man die Blätter der *Robinia* von unten durch reflectirtes Licht, so senken sich die Blättchen nach unten. Die Laubblätter von *Robinia Pseudacacia* und anderen *Robinia*arten machen auch Reizbewegungen.

Aehnlich wie *Robinia* und die erwähnten Mimosen verhalten sich auch die als „Wetterpflanzen“ bekannten beiden Arten *Abrus precatorius* und die peruanische Rutacee *Porlieria hygrometrica*. Erstere soll nach H. F. Nowak (Die Wetterpflanze und ihre Eigenschaften, vgl. auch: The weatherplant. Bull. of misc. inform. roy. Gard. Kew 1890. Hill, Der Schlaf der Pflanzen. 1768) bei entsprechender Cultur das Wetter und jede Veränderung am localen Himmel und am Horizont, selbst auf weite Entfernungen, „mit untrüglicher Sicherheit genau zur Stunde anzeigen“. Die Blätter vieler Oxalideen reagiren auf starke einseitige Beleuchtung von oben nicht wie die Blättchen von *Acacia*, *Robinia*, *Mimosa* etc. durch eine Erhebung, sondern durch Senkung, bei *Oxalis vespertilionis* schliessen sich zudem noch die beiden Hälften der Blättchen wie ein zusammenklappendes Buch zusammen. Bei *Phaseolus*, *Apios*-, *Dolichos*-, *Amphicarpaea*- und *Soja*-Arten erhebt sich das Endblatt in directer Sonne zur Verticalstellung, während die Seitenblättchen mit der Erhebung eine Torsion verbinden.

Die Zahl der Pflanzen, deren Laubblätter auffällige paraheliotropische Bewegungen (neben mehr oder weniger auffälligen Schlafbewegungen) ausführen, ist eine sehr grosse. Hansgirg führt über 300 Leguminosen und 25 Oxalideen auf, z. B. Arten von *Albizzia*, *Cassia*, *Caesalpinia*, *Desmodium*, *Abrus*, *Erythrina*, *Arachis*, *Amphicarpaea*, *Soja*, *Phaseolus*, *Vicia*, *Glycyrrhiza*, *Astragalus*, *Galega*, *Wistaria*, *Dorycnium*, *Darlingtonia*, *Apios*, *Sophora*, *Hedy-*

sarum, Colutea, Trifolium, Melilotus, Trigonella, Medicago, Dolichos, Caragana, Tetragonolobus, Lupinus, Mimosa, Aeschynomene, Bauhinia, Oxalis (acetosella, stricta, Ortegiesii, Deppei, tropaeoloides, crassicaulis, lasiopetala, Vespertilionis, valdiviensis), Avernhoia etc.

Noch grösser ist die Zahl der Pflanzen, deren Laubblätter auffallende nyctitropische Variationsbewegungen (nicht selten auch Reizbewegungen) ausführen. Hansgirg unterscheidet hier folgende Typen:

A. Pflanzen, deren Blätter (und Blattstiele) mit Gelenken versehen sind, mittelst deren die Blattfläche allein oder die Blättchen mit dem sie tragenden Blattstiele zugleich Schlafbewegungen (oft Reizbewegungen) ausführen.

I. Gruppe. Pflanzen, deren Laubblätter Abends oder nach erfolgter Reizung sich erheben und gegenseitig nähern, bzw. sich mit der Oberfläche zu einander oder an den sie tragenden Stengel anpressen.

1. Mimosatypus. Die Blättchen der gefiederten aus drei beweglichen Theilen bestehenden (bei einigen Bauhiniaarten zweilappigen) Blätter, die des Nachts (oder nach erfolgter Reizung) über dem sie tragenden Blattstiele sich paarweise mit den parallel zu einander gestellten Oberflächen an einander oder über einander dachziegelartig nach der Länge des Blattstieles legen und mit ihrem Vordertheil α) gegen die Spitze, β) nach der Basis des Blattstieles gerichtet sind, resp. sich seitlich nach vorn oder hinten bewegen (einen α) nach vorn, β) nach hinten geöffneten spitzen Winkel bildend).

Von Leguminosen: α) Mimosa, Gleditschia, Calliandra, Albizzia, Acacia, Arten von Astragalus, Cassia, Haematoxylon, Hippocrepis, Phaca, Sophora, Hedysarum, Arachis, Pithecolobium, Bauhinia etc.; β) Coronilla, Bonaveria, Arthrolobium durum, Lathyrus odoratus etc.

Von Zygophyllaceen: α) Bulnesia, Porlieria, Guaiacum.

2. Trifoliumtypus. Die drei- bis mehrzähligen Blätter besitzen nur einen beweglichen Theil. Die Blättchen legen sich a) zusammen oder werden b) dem Stengel angepresst, oder sie bewegen sich c) gegen einander, wobei sich α) das Endblättchen erhebt, während die seitlichen öfter eine Drehung ausführen, β) alle Blättchen sich gleich erheben.

a) Rhizocarpeen: Marsilea.

b) Leguminosen: α) Parochetus; β) Medicago, Lotus, Tetragonolobus, Cytisus, Trigonella, Genistaarten etc.

c) α) Trifolium, Melilotus messanensis etc.; β) einige Lupinusarten.

3. Pultenaeotypus. Die einfachen Nachts vertical aufrecht gestellten Blätter sind: α) dem sie tragenden Stengel angepresst oder stehen β) frei.

α) Leguminosen: Pultenaea, Templetonia, Crotalaria, Ononis monophylla etc.

Portulacaceen: Portulaca; Malvaceen: Sidaarten; Gramineen: Strepium.

β) Marantaceen, Maranta, Phrynium, Thalia, Calathera, Stromanthe.

II. Gruppe. Pflanzen, deren Blätter des Nachts (oder nach erfolgter Reizung) sich einfach vertical abwärts krümmen, oder sich um ihre Längsachse drehen, ohne sich an einander zu legen, oder welche sich mit ihren Oberflächen, seltener mit ihren Unterflächen drehen.

4. Phyllanthustypus. Die Blätter oder Blättchen krümmen sich abwärts und drehen sich zugleich um die Längsachse, so dass sie mit ihren Vorderflächen und der Oberseite unter den Blattstiel oder an diesem, seltener über ihn, auf einander zu liegen kommen.

Euphorbiaceen: Phyllanthus, Reidia.

Leguminosen: Leucaena, einige Poinciana-, viele Cassia- und Caesalpiniaarten.

Anonaceen: Artabotrys.

5. Adenanthertypus. Die Blätter bewegen sich abwärts und drehen sich um die Längsachse, so dass sie mit den Oberflächen nach vorn gerichtet und parallel stehen.

Leguminosen: Adenantha, Kennedyia coccinea, viele Melilotusarten.

6. Robiniatypus. Die Blätter senken sich, bis sie vertical herabgeschlagen sind und nur mit ihren Rückenflächen sich decken.

Leguminosen α) mit gefiederten Blättern: Robinia, Nissolia, Abrus, Tephrosia, Amorpha, Indigofera, Glycyrrhica, einige Astragalus-, Viciaarten, Wistaria etc.; β) mit drei- bis mehrzähligen Blättern: Phaseolus, Glycine, Desmodium, Amphicarpaea, Dolichos, Lupinusarten etc.

Connaraceen: Cnestis.

Oxalidaceen α) mit gefiederten Blättern: Biophytum, Averrhoa, Oxalis prolifera; β) mit drei- bis mehrzähligen Blättern: Oxalis.

Capparideen: Crataeva; Meliaceen: Swietenia; Rutaceen: Murraya.

7. Theobromatypus. Herabkrümmung der Blätter ohne Drehung um die Längsachse (Nachts oder bei Erschütterung).

Büttneriaceen: Theobroma, Abroma; Malvaceen: Arten von Gossypium, Malva, Sida, Anoda, Abutilon; Bombaceen: Ochroma.

Capparideen: Gynandropsis; Euphorbiaceen: Jatropha, Carumbium, Croton, Homalanthus; Bixaceen: Bixa.

Urticaceen: Boehmeria, Laportea; Solanaceen: Saracha.

Leguminosen: Lourea; Abietineen: Abies (nach Chatin).

B. Pflanzen, deren Blattlamina allein, ohne Vermittelung von gelenkartigen Anschwellungen des Blattstieles, Schlaf- oder Reizbewegungen ausführt.

8. Dionaeatypus: Pflanzen, deren Blätter sich des Nachts schliessen (vgl. auch das Capitel über die fleischfressenden Pflanzen).

Droseraceen: Dionaea, Drosera etc.

Dass es sich bei den hier erörterten Bewegungen um biologische Eigenschaften handelt, geht auch daraus hervor, dass dieselben innerhalb der systematischen Abtheilungen des Pflanzenreiches, selbst innerhalb der Familien und Gattungen sehr ungleich zur Ausbildung gelangt sind. So sind (nach Hansgirg):

Pflanzen mit auffällig reizbaren oder schlafenden Laubblättern*	Pflanzen, deren Laubblätter keine merklichen Reiz- oder Schlafbewegungen ausführen:
Phyllanthus Niruri etc.	Alle Phyllanthusarten aus der Section Xylophylla etc.
Murraya Koenigii.	Murraya exotica.
Swietenia chloroxylon.	Swietenia Mahagoni.
Oxalis acetosella etc.	Oxalis hirta, enneaphylla etc.
Pultenaea stricta etc.	Pultenaea prostrata, tenuifolia etc.
Inga pulcherrima etc.	Inga laurina etc.
Lespedeza trigonaclados etc.	Lespedeza Delavayi etc.
Indigofera tinctoria etc.	Indigofera carnososa etc.
Bauhinia Krugii etc.	Bauhinia anatomica, Cumanensis etc.
Psoralea Mutisii, glandulosa etc.	Psoralea bituminosa etc.
Sophora chrysophylla etc.	Sophora tomentosa etc.

Pflanzen mit auffällig reizbaren oder schlafenden Laubblättern:	Pflanzen, deren Laubblätter keine merklichen Reiz- oder Schlafbewegungen ausführen:
<i>Adesmia arborea</i> etc.	<i>Adesmia balsamica</i> etc.
<i>Pithecolobium unguis cati</i> , Samun etc.	<i>Pithecolobium pruinatum</i> , <i>muriatum</i> , <i>clematideum</i> etc.
Acacia-Arten mit gefiederten Blättern.	Acacia-Arten ohne gefiederte Blätter.
<i>Kennedyia rubicunda</i> , <i>coccinea</i> etc.	Kennedyarten mit derben (lederartigen) Blättern.

Auch bei anderen Gattungen (*Lotus*, *Lupinus*, *Calatea*, *Maranta*, *Stromanthe* etc.) führen die Laubblätter einiger Arten keine merklichen, bei anderen sehr ansehnliche Variationsbewegungen aus. Die Art der Variationsbewegungen ist oft von Species zu Species verschieden (vgl. die Hansgirg'schen Typen); so schliessen sich z. B. bei *Astragalus baeticus*, *vesicarius*, *mucronatus* etc. die Blättchen, indem sie sich über dem Blattstiel paarweise an einander legen, während sie bei *Astragalus sulcatus* etc. sich nicht aufwärts, sondern vertical abwärts bewegen und mit ihren Unterseiten sich nähern. Auch bei *Kennedyia* führen bei verschiedenen Arten, z. B. bei *K. rubicunda* und *K. coccinea*, die dreitheiligen Blätter die Schlafbewegungen in ungleicher Art aus. Die Blätter von *Caesalpinia sepiaria*, *Bauhinia Junnanensis*, *Phyllanthus Niruri* etc. führen ihre Schlafbewegungen energischer aus, als unter gleichen Bedingungen die Blättchen von *Caesalpinia Sappan*, *brasiliensis*, *Bauhinia tomentosa*, *Phyllanthus juglandifolius* etc.

Periodisches Falten der Blätter etc. Vitalität.

§ 72. Den nyctitropischen und Reizbewegungen der Fliegenfalle (*Dionaea*) ähnlich ist das von Kerner ausführlich geschilderte periodische Falten oder Schliessen der Grasblätter. Wer Veranlassung hatte, die Gräser in nicht blühendem Zustand zu bestimmen (was z. B. bei der Bestimmung der zahlreichen auf Gräsern parasitirenden Rostpilze, Brandpilze etc. sich nöthig macht), dem hat das verschiedene Aussehen der Blätter im Sommer und Spätherbst, bei trockenem sonnigen und feuchtem trübem Wetter gewiss schon Schwierigkeiten bereitet. Viele Gräser haben am Morgen die linealischen Blätter flach ausgebreitet oder rinnenförmig, falten sich aber bei höherem Stand der Sonne bis zum Abend zu-

sammen, so dass die obere, an Spaltöffnungen reichste Seite in einen tiefrinnigen Hohlraum eingeschlossen wird. So ist es z. B. bei *Sesleria coerulea*, *Avena planicalmis*, *Avena compressa*. Bei *Festuca* etc. bildet das der Länge nach zusammengefaltete Blatt am Grunde mehrere parallele Rinnen. Die zwischen ihnen gelegenen Riefen sind an der Scheitlkante chlorophylllos (wie auf der Rückseite des Blattes die Basis der Riefen) und tragen an den Seitenöffnungen die Spaltöffnungen. Im Einzelnen finden sich wesentliche Abweichungen. Die Blätter von *Festuca alpestris* und anderen Arten der Gebirgsgegenden bilden auch dann, wenn sie bei feuchtem Wetter geöffnet sind, nur eine ziemlich schmale Hauptrinne mit mehreren engen Theilrinnen. Der flache Scheitel jeder Riefe trägt eine Lage von 3 Schichten chlorophyllfreier Zellen, und die Rückseite des Blattes ist mit einem Panzer dickwandiger Bastzellen und starkwandiger Epidermis versehen. Bei *Festuca punctoria* bildet das offene Blatt eine ziemlich flache Rinne, die Riefen sind abgerundet, von einer einfachen Lage von Hautzellen, aber mit einem starken Wachüberzug bedeckt, die Rückseite bildet ein Mantel aus 5 Lagen fester chlorophyllfreier Zellen. Ganz flach sind die offenen Blätter bei *Festuca Poccii*; an der Rückseite finden sich anstatt des geschlossenen Mantels nur einzelne Bastbündel, dagegen sind die sieben stark vorspringenden Riefen mit einer Lage von Bastzellen versehen. Während bei diesen 3 *Festuca*-arten, wie bei den meisten *Festuca*-arten unseres Wissens, sich durch jede Riefe ein Gefässbündel zieht, das ringsum von grünem Gewebe umschlossen ist, zerfällt bei anderen Gräsern das grüne Gewebe jeder Riefe in 2 Hälften, die durch eine feste Scheidewand (dickwandiger chlorophyllfreier Zellen, die sich oben und unten an das Gefässbündel anschliessen) getrennt werden, so z. B. bei *Lasiagrostis*, *Calamagrostis*. Bei *Stipa capillata* wechseln höhere und niedrigere Riefen (29) ab, von denen die ersteren eine derartige Scheidewand besitzen, während sie bei den niederen fehlt. Beim Schliessen wird das Blatt zu einer Röhre, in der die Transpiration fast ganz aufgehoben ist. Aehnlich ist es bei *Stipa capillata*. Oft trägt der Scheitel der Riefen noch steife kurze, beim Schluss in einander greifende Härchen.

Aehnlich wie bei den Gräsern findet bei Laubmoosen, besonders bei *Polytrichum*, *Barbula*, in trockener Luft Schliessen des Blattes statt. Bei *Polytrichum* gehen von der Blattoberseite dünnwandige grüne Leisten aus, über welche sich bei trockener Luft die Blattränder hinwegbiegen.

Bei den Farnen (Pteridophyten) finden gleichfalls mannigfaltige Krümmungen und Zusammenfaltungen der Blätter oder der ganzen Pflanze statt, welche einen wirksamen Schutz dieser Gewächse gegen Hitze (zu heftige Transpiration) und Kälte bewirken. Bei *Polypodium vulgare* krümmen sich z. B. die Fiederchen nach oben zusammen und greifen ähnlich den Fingern der zum Gebet gefalteten Hände in einander, wozu noch eine Einrollung der Blattspindel treten kann. Bei *Asplenium* findet eine Einrollung der Blättchen statt, ausserdem noch eine Bewegung derselben zur Spindel (Drehung und Rückwärtsbewegung etc.), bei *Scolopendrium officinale* eine Faltung des Blattes mit Einrollung der Ränder etc. etc.

Bei *Selaginella lepidophylla* und anderen schliesst sich die ganze Pflanze ähnlich wie die Rose von Jericho zu einem Knäuel. Sowohl bei den Moosen wie bei den Gefässpflanzen findet sich zudem vielfach die sonst nur bei niederen Organismen (Räderthierchen, Infusorien, gewissen Pilzen, Flechten etc.), besonders Dauer- und Fortpflanzungsorganen (Sporen, Samen, Rhizomen, Rhizomorphen), bekannte Fähigkeit, ein latentes Leben nach Eintrocknung auf lange Zeit zu erhalten. Eine solche hohe Vitalität ist bei Moosen schon lange bekannt. Lufttrockene Exemplare von *Funaria hygrometrica*, die 6 Wochen über Schwefelsäure aufbewahrt wurden, Rasen von *Bryum caespitosum*, die in lufttrockenem Zustand 10 Monate im Exsiccator aufbewahrt wurden, entwickelten sich nach Zufuhr von Wasser wieder normal weiter. So gelang es Veit Brecher Wittrock (vgl. dessen *Biologiska Ormbunkstudier. Acta Horti Bergiani* Bd. I, Nr. 8, Stockholm 1891, 58 S., m. 5 kol. Taf.), eingetrocknete Exemplare von *Asplenium Pringlei*, die über 2 Jahre 3 Monate im Herbar gelegen, *Scolopendrium nigripes*, *Asplenium furcatum*, *A. Plumula* nach 5 Monaten, *Selaginella lepidophylla*, die vom März 1880 bis zum März 1891 trocken aufbewahrt wurde, also nach 11 Jahren, zur Weiterentwicklung zu bringen. Wie es scheint, können solche Pflanzen, die im Trockenzustand lange ihre Vitalität wahren und einer Wiederbelebung, Anabiose, fähig sind, auch sehr hohe und niedere Temperaturen ertragen. Die Samen vieler Pflanzen lassen sich unbeschadet ihrer Keimkraft auf 100° erhitzen und ertragen im trockenen Zustand Temperaturen bis —120°. Nach Charpentier entwickelten *Trifolium alpinum*, *T. caespitosum*, *Geum montanum*, *Cerastium latifolium* etc., die mindestens 4 Jahre von Gletschereis bedeckt waren, nach dem Rückgang des Gletschers sich weiter.

Periodische Bewegungen zum Schutz der Blüten und Früchte gegen Wetterungunst, gamo- und karpotropische Bewegungen.

§ 73. Die periodischen, den täglich wechselnden Beleuchtungs-, Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen entsprechenden, und die nur bei ungünstigem Witterungswechsel eintretenden Bewegungen in der Blüten- und Fruchtreion der Pflanzen sind ebenso verbreitet, als in den spezifischen Anpassungen mannigfaltig. Das periodische Oeffnen und Schliessen der Blüten, der Hüll- und Kelchblätter, die Bewegung der Staubgefässe und Griffel, die zur Bestäubung durch Insecten etc. in enger Beziehung steht, vielfach aber auch dem Schutz des Nektars, Pollens etc. gegen Witterungseinflüsse dient, soll, da es der Hauptsache nach in das Capitel von der Blütenbiologie gehört, hier nicht weiter erörtert werden. Die reiche darüber vorhandene Literatur vgl. in Pfeffer's Physiologischen Untersuchungen, 1873; Vöchtig, Bewegungen der Blüten und Früchte, 1882, und Hansgirg, Physiologische Untersuchungen, Prag 1893. Im Folgenden mögen nur einige der wichtigsten Fälle von nyctitropischen, gamotropischen und karpotropischen Bewegungen der Knospen-, Blüten- und Fruchstiele, bezw. -stengel nähere Besprechung an der Hand der ausführlichen letztgenannten Abhandlung von Hansgirg erfahren.

Während der Blüthezeit und zum Schutz der Blüthe finden ansehnliche, periodisch sich wiederholende Krümmungen der Blütenstiele oder der sie vertretenden unterständigen Fruchtknoten statt, z. B. bei *Potentilla* (*P. argentea*, *rupestris*, *recta* etc.), *Fragaria*, *Geum*, *Oxalis*, *Linum*, *Geranium*, *Carum*, *Meum*, *Daucus Chaerophyllum*, *Cardamine* (*C. pratensis*, schwächer bei *C. amara*), *Rhaphanus*, *Brassica*, *Papaver*, *Chelidonium*, *Anemone*, *Ranunculus*, *Dianthus*, *Stellaria*, *Malachium* (junge Blüten), *Oenothera*, *Epilobium*, *Malva* (*M. silvestris*), *Anagallis*, *Polemonium*, *Veronica*, *Mimulus*, *Campanula* (z. B. *C. persicifolia*), *Tragopogon*, *Bellis*, *Sonchus* (*S. arvensis*), *Tussilago*, *Lactuca*, *Euphorbia* (*E. cyparissias* etc.), *Tulipa* etc.

Die Blütenstiele sind bei diesen Pflanzen während der Nacht oder bei Regenwetter herabgekrümmt, so dass sie die Blüten gegen Regen, Thau, Wärmeverlust schützen, während sie an sonnigen Tagen die Blütenöffnung zur Sonne oder zum Zenith wenden. Meist gehen diese Bewegungen mit Oeffen- und Schliessbewegungen

der Blüte Hand in Hand. Hansgirg beschreibt diese periodischen Bewegungen ausführlicher für die Blütenstiele von Oxalis und Anemone und die Umbelliferenblütenstände. „An sonnigen Tagen und warmen Tagen sind die periodisch sich öffnenden und schliessenden Blüten von Oxalis acetosella, *O. stricta* und ähnlicher im Freien wachsenden Oxalisarten an ihren aufrecht stehenden Blütenstielen mit der Apertur vertical aufwärts zur Sonne gerichtet; gegen Abend oder bei anhaltendem Regen (auch bei Gewitterregen), wo sich diese periodisch beweglichen Blüten schliessen, krümmen sich die Blütenstiele mehr und mehr herab, so dass die bereits geschlossenen Blüten mit ihrem Vorderende an ihren gegen die Erde gekrümmten Blütenstielen sich nach abwärts richten, in welcher Lage sie über die Nacht verbleiben. Am nächsten Morgen tritt bei trübem, kaltem oder regnerischem Wetter nur eine unvollständige Erhebung und Streckung der Blütenstiele ein, bei zunehmender Temperatur und bei schönem, warmem Wetter erheben sich aber die Blütenstiele von Oxalis acetosella etc. schon im Laufe des Vormittags wieder vollständig und krümmen sich der Sonne zu, so dass die Blüten meist vor oder um die Mittagszeit fast vertical aufrecht gestreckt sind. Bei plötzlich eintretender Veränderung der Witterung, bei einem Gewitter, in Folge von länger andauerndem Regen, Verdunkelung etc. krümmen sich die Blütenstiele jedoch erdwärts und verbleiben bei ungünstiger Witterung in dieser Lage, oder sie stellen sich nach erfolgter Aufheiterung nach einem Gewitterregen etc. an warmen Nachmittagen (bei klarem Himmel) wieder auf, so dass die geöffnete Blüte von Neuem den Sonnenstrahlen entgegenseht. Wenn dann Abends die Blüten sich geschlossen haben, suchen die Blütenstiele in Folge der Periodicität ihre Schlafstellung wieder wie gewöhnlich zu erreichen, um am nächsten Morgen bei heiterem Himmel etc. die soeben kurz beschriebenen Bewegungen nochmals auszuführen (sich Morgens zu erheben und am Abend zu neigen), was sich täglich bis zum Verblühen wiederholt.

„Den periodisch beweglichen Blütenstielen vieler Oxalisarten ähnlich verhalten sich auch die Blütenstiele von *Anemone stellata*, *A. nemorosa*, *A. ranunculoides* und einiger ähnlicher Anemonearten, welche Morgens bei kaltem, trübem oder regnerischem Wetter ihre Schlafstellung nicht merklich verändern, während sie an sonnigen und warmen Tagen, an welchen die Tagestemperatur die nächtliche Temperatur bedeutend übertrifft, sich gerade strecken, da die Krümmungen der Blütenstiele dieser Anemonearten und das periodisch

sich wiederholende Oeffnen bzw. Schliessen der Blüten, wie Vöchting u. a. nachgewiesen hat, in erster Linie durch Temperaturveränderungen, resp. durch den Wechsel der Tag- und Nachttemperatur beeinflusst werden. Während bei steigender Temperatur sich die herabgekrümmten Blütenstiele von *Anemone stellata* etc. thermonastisch, d. h. in Folge des durch Temperaturveränderung einseitig veränderten Wachstums, emporrichten, so dass die geöffneten Blüten mit ihrer Apertur zenithwärts stehen, krümmen sie sich bei sinkender Temperatur wieder abwärts, und zwar um so schneller, je jüher die Temperaturveränderung stattfindet. Erst gegen Schluss der Blüthezeit werden in der Regel die Stielkrümmungen eingestellt (unter Umständen, insbesondere in warmen Nächten, unterbleiben aber diese Bewegungen schon früher).

„Wie bei einigen Anemonearten etc., so erfolgen auch bei den von mir [Hansgirg] beobachteten Umbelliferen mit periodisch beweglichen Dolden die Bewegungen der Blütenstiele an jungen Blüten energischer, als in späteren Stadien der Anthese-Periode. Die während des Tages aufgerichtete Hauptachse der Inflorescenz von *Daucus Carota*, *Tordylium trachycarpum* und ähnlichen Umbelliferen biegt sich Abends so beträchtlich herab, dass die Inflorescenz überhängend wird, und die Nebenachsen, welche die äusseren Döldchen tragen, krümmen sich wie auch die einzelnen Blütenstiele stark einwärts, so dass die ganze Inflorescenz von *Daucus*, *Tordylium* etc. des Nachts fast eine kugelförmige Gestalt zeigt.

„Die periodischen Bewegungen der nyctitropischen Umbelliferenblütenstände hören zwar nach erfolgter Blütenbestäubung bald auf, doch werden die jungen Früchte wie die Blüten meist noch durch eine karpotropische Krümmung in eine solche Lage gebracht, in welcher sie vor Regen, Thau, Kälte am besten geschützt sind.“

Zum Studium ähnlicher Bewegungen sind auch z. B. die Inflorescenzen von *Cardamine pratensis*, *C. silvatica* etc. besonders geeignet.

Während diese während der Blütenentfaltung stattfindenden Bewegungen, durch die Erhaltung und Schutz der Blüten und Sicherung der Bestäubung (durch Insecten etc.) erzielt werden, periodische sind, finden andere Krümmungen der Blüten- oder Fruchtsiele etc., die die Blüten in eine zur Fremdbestäubung geeignete Lage bringen (gamotropische Bewegungen der Blütenstiele), oder die reife Frucht in eine der Entwicklung günstige Lage bringen, oder die Aussaat und Verbreitung der Samen der

reifen Frucht sichern (karpotropische Bewegungen der Fruchstiele), nur einmal statt. Diese gamotropischen und karpotropischen Bewegungen der Blüten- und Fruchstiele sind noch allgemeiner im Pflanzenreich verbreitet, als die eben erörterten periodischen Bewegungen. Bei manchen Pflanzen, wie bei Arten von *Oxalis*, *Stellaria*, *Cerastium*, *Holostium*, *Malachium*, *Linum*, *Geranium*, *Erodium*, Umbelliferen, Cruciferen, *Papaveraceen*, *Campanulaceen*, *Ranunculaceen* etc. führen die Blütenstiele periodische und zudem gamotropische und karpotropische Bewegungen aus. Die Blüten, welche vor dem Öffnen herabhängen, richten sich zur Blüthezeit auf. Es kommen dann die periodischen Bewegungen hinzu; nach der Befruchtung krümmen sich die Stiele nach unten, um sich dann zur Samenreife wieder aufzurichten. Vielfach treten zu den nyctitropischen, gamotropischen und karpotropischen Krümmungen noch helio- und geotropische hinzu — Bewegungen, deren biologische Bedeutung sehr verschieden ist und von Fall zu Fall als besondere nützliche Anpassung sich leicht ergibt.

Die gamotropischen wie die karpotropischen Bewegungen der Blüten- bzw. Fruchstiele und -achsen kommen durch Epinastie und Hyponastie, durch beschleunigtes Wachstum je einer antagonistischen Hälfte des sich krümmenden Organes zu Stande, während zugleich das Wachstum der anderen Hälfte verlangsamt wird, doch werden (nach Hansgirg u. A.) die karpotropischen Bewegungen durch Licht und Wärme weniger beeinflusst, als die nycti- und gamotropischen Bewegungen; es handelt sich nicht bloss um äussere, sondern weit mehr um innere Ursachen, die Bewegungen sind weder rein autonome Nutationen, noch einfache geo- oder heliotropische Krümmungen.

§ 74. Hansgirg unterscheidet bezüglich der gamo- und karpotropischen Bewegungen der Blüten- und Fruchstandsachsen folgende sieben Haupttypen:

I. Oxalistypus. Aufwärtskrümmung der Blüten kurz vor der Entfaltung, Abwärtskrümmung nach der Befruchtung, Aufwärtskrümmung der Stiele kurz vor dem Aufspringen der Samenkapsel. Hierher gehören: Viele *Oxalis*arten (z. B. *O. corniculata*, *O. stricta*), Caryophyllen (*Stellaria media*, *Holostium umbellatum*, *Cerastium perfoliatum* etc.), *Spergularia rubra*, *Sagina*, *Malachium*, *Spergula arvensis*; dagegen sind derartige Bewegungen nur schwach oder fehlend bei *Stellaria graminea*, *Cerastium arvense* (Moehringia

trinervia etc.), Portulacaceen (*Montia minor*), Cistineen (*Helianthemum*), Lineen (*Linum alpinum*, *L. austriacum*), Geraniaceen (*Geranium pratense*, *pusillum*, *columbinum*, *palustre* etc.), *Erodium gruinum*, *macrodenum*, *Manescavi*, *moschatum* etc. etc.). Bei manchen Pelargonium- und Geraniumarten krümmen sich die Fruchtsiele zur Fruchtreife aufwärts, bei anderen abwärts.

II. *Primulotypus*. In den doldenartigen Blütenständen krümmen sich die Blütenstiele kurz vor der Entfaltung der Blüte centrifugal, so, dass die zuerst fast vertical aufrecht und dicht neben einander stehenden Blüten in eine mehr oder weniger schiefe, die Randblüten in eine fast horizontale Lage kommen. Nach erfolgter Befruchtung schliesst sich der Blütenstand, um sich dann zur Fruchtreife bei einigen Umbelliferen (*Daucus* etc.) wieder auszubreiten. Die gamotropischen Bewegungen finden sich bei zahlreichen Primulaceen, Umbelliferen, bei *Chelidonium*, *Allium*arten (*A. fallax*, *ursinum*, *porrum*, *fistulosum* etc.), vielen Pelargoniumarten, *Geranium astragalifolium*, *Erodium hirtum* etc. Nachfolgende karpotropische Bewegungen bei Primulaceen, Umbelliferen, Geraniaceen, Papaveraceen, Liliaceen etc., z. B. *Primula japonica*, *auricula*, *officinalis*, *Pelargonium sanguineum* etc., *Allium schoenoprasum* etc., *Pastinaca sativa*, *Torilis Anthriscus*, *Heracleum Sphondylium*, *Daucus*arten (hier auch postkarpotropische Bewegungen).

III. *Coronillatypus*. Die Blütenstiele der Blütenköpfchen, welche bei unentwickelter Blüte die Kelchmündung nach unten gerichtet halten, entfernen sich zur Blütezeit von der Inflorescenzachse, so dass sich die Blüten von einander entfernen, die Kelchröhren meist horizontal stehen. Nach dem Blühen krümmen sich die Fruchtsiele wieder zur Achse (meist abwärts). Hierher gehören viele Papilionaceen, z. B. *Coronilla montana*, *C. vaginalis*, *C. varia* und *cretica* (bei beiden biegen sich die Fruchtsiele zur Samenreife wieder aufwärts), *Trifolium repens*, *hybridum*, *aureum*, *campestre*, *montanum*, *Ervum lens*, *Pisum sativum*, *Lathyrus odoratus*, *L. sativus*. Bei *Phaseolus multiflorus* krümmen sich die Fruchtsiele nach unten.

IV. *Veronicatypus*. Blütenstand traubig. Blütenstiele, erst der Spindel anliegend, dann zur Blütezeit sich entfernend, bis zur Fruchtreife wieder anliegend. Cruciferen (*Cardamine*, *Alyssum*, *Cheiranthus*, *Sisymbrium*, *Teesdalia*, *Camelina*, *Alliaria*, *Thlaspi*, *Cochlearia*, *Nasturtium*, *Erysimum*, *Turritis*, *Brassica*, *Erophila*, *Barbarea*, *Rhaphanus*, *Resedaceen* (*Reseda*), *Papilionaceen* (*Cytisus*, *Robinia* etc.), *Onagraceen* (*Epilobium*, *Circaea*), *Fumariaceen*,

Scrofulariaceen (*Veronica officinalis*, *Linaria vulgaris*, *Gratiola*, *Verbascum*), Sileneen (*Silene Otites*, *Polygaleen*), Liliaceen (*Ornithogalum*, *Eremurus*, *Asphodelus*, *Aloë erecta* etc.), Colchicaceen (*Tofieldia calyculata*) etc.

V. Aloëtypus. Bei vielen Aloëarten (*Aloë vulgaris* etc.) krümmen sich die zuerst fast vertical aufrecht gestellten Blütenknospen vor der Entfaltung ähnlich wie beim Veronicatypus, indem sie sich von dem Blütenstengel entfernen. (Bei anderen Arten, wie *Aloë altilinea* etc., sind die Blütenstiele jedoch agamotropisch.) Die während der Blüthezeit herabgekrümmten Blüten führen dann zur Fruchtreife wieder eine Aufwärtskrümmung aus (mit Ausnahme von *Aloë obliqua*, *carinata* etc.). Bei *A. echinata*, *glauca* etc. berührt die Frucht dann den Stengel direct, während sie z. B. bei *A. angulata* von ihm absteht. Wie diese Aloëarten verhalten sich z. B. noch Arten von *Hyacinthus*, *Funkia*, *Kniphofia*, *Muscari* (*M. botryoides*, *comosum*, *racemosum* etc.), *Drimia*, ferner gewisse Leguminosen (*Astragalus*, *Galega*, *Lupinus*, *Onobrychis*, *Melilotus*, *Vicia*, *Oxytropis*), *Saxifragaceen* (*Heuchera*), *Scrofulariaceen* (*Digitalis*), *Onagraceen*, *Campanulaceen*, z. B. *Melilotus officinalis*, *albus*, *Orobus vernus*, *Vicia Faba*, *Epilobium angustifolium*, *Lythrum Salicaria*, *Campanula persicifolia*, *Digitalis ambigua* etc.

Am häufigsten erfolgen die hier erörterten Bewegungen bei den beiden folgenden Typen.

VI. *Fragariotypus*. Entfaltete Blüten zenithwärts gerichtet, Herabkrümmung nach erfolgter Befruchtung, wobei die reifende Frucht von dem persistirenden und vielfach sich karpotropisch schliessenden Kelche völlig umschlossen oder dachartig geschützt wird.

Hierher *Fragaria vesca*, *elatior*, *collina*, *Rosa cinnamomea*, *pimpinellifolia*, *alpina*, *Waldsteinia geoides*, *Agrimonia Eupatorium*, *H. odorata*, *Stellaria holostea*, *Linaria Cymbalaria*, *Veronica hederifolia*, *Solanum tuberosum*, *Martynia proboscidea*, *Campanula latifolia*, *Anagallis arvensis*, *coerulea*, *Lysimachia nemorum*, *Asclepias Cornuti*, *syriaca*, *Aristolochia Clematitis*, *Sedum palustre*, *Tussilago Farfara*, *Adoxa moschatellina*, *Cornucopie cuculatum*, *Nicandra physaloides*, *Cyclaminus* (*Cyclamen*) *persicus* etc.

Auch die hydrokarpischen Bewegungen von Wasserpflanzen, deren Fruchtsiele sich mehr oder weniger stark zurückbiegen oder schraubenförmig zusammenrollen, so dass die vorher über das Wasser emporgehobenen Blüten wieder ins Wasser zurücktauchen, rechnet Hansgirg hierher, so die von *Vallisneria*, *Hydrilla*, *Elodea*,

Limnocharis, *Utricularia*, *Menyanthes*, *Hottonia*, *Nymphaea*, *Nuphar*, *Victoria*, *Villarsia*, *Limnanthemum*, *Batrachium fucoides* etc.

VII. *Aquilegiatypus*. Die während des Blühens nickenden, mit der Oeffnung nach unten gerichteten Blüten richten sich nach der Befruchtung auf und strecken sich meist steif gerade. Hierher gehören z. B. *Aquilegia vulgaris*, *spectabilis* etc., *Anemone Halleri* etc., *Aconitum lycoctonum*, *Stoerkeanum*, *Napellus*, *Delphinium Ajacis*, *Consolida*, *elatum*, *Clematis heterophylla*, *Geum rivale*, *Silene nutans*, *Solanum nigrum*, *Polemonium coeruleum*, *Soldanella alpina*, *Pinguicula vulgaris*, *P. alpina*, *Scrofularia nodosa*; von Monokotyledonen *Fritillaria meleagris*, *Lilium Martagon*. Bei *Viola tricolor*, *odorata*, *palustris* etc. krümmen sich die Stiele der (Luft-) Früchte erst vor der völligen Reife nach oben (vgl. die geokarpen und amphikarpen Pflanzen).

Ausser den näher erörterten Haupttypen finden sich zahlreiche Uebergänge und Sonderanpassungen, von denen einige noch näher (nach Hansgirg) besprochen werden sollen.

Bei *Cyclaminus* (*Cyclamen*), *Vallisneria*, *Ruppia* etc. finden spiralförmige oder schraubenförmige Krümmungen der Fruchtsiele statt. Bei *Phygelius capensis* krümmen sich die an ihrem verdickten Ende nachenförmig gekrümmten Blütenstiele nach erfolgter Befruchtung der Blumen bogenförmig herab, so dass der Fruchtknoten dem Stengel näher gebracht wird und sich nicht mehr wie während der Anthese vertical herabkrümmt, sondern schief oder fast horizontal gestellt ist. Die Bewegungen der Blüten- und Fruchtsiele der Dodecatheonarten weichen gleichfalls von den erwähnten Typen ab. Die zuerst nach oben gerichteten Knospen krümmen sich später so stark herab, dass sie fast vertical herabhängen, die befruchteten Blüten krümmen sich aber wieder aufwärts und strecken sich zuletzt steif gerade.

Im Allgemeinen sind die genannten Bewegungen als eine Folge secundärer Geschlechtsreize und der Vorgänge in der reifenden Frucht anzusehen, wie die Versuche mit castrirten Blüten und das Verhalten solcher Stiele, deren Blüten unbefruchtet bleiben, oder deren Früchte durch Parasiten etc. zu Grunde gerichtet worden sind, beweisen. In verschiedenen Fällen kommen aber auch dann unvollständige Bewegungen zu Stande. In vielen Fällen lässt sich nachweisen, dass Heliotropismus, Geotropismus die indirecte Ursache der gamo- und karpotropischen Bewegungen sind. So kommt z. B. das Nicken junger Blütenknospen bei *Papaver*arten, *Compositen*

(*Leontodon hastilis*, *Bellis perennis* etc.), *Allium*, *Geranium*, *Oxalis*, *Linum*, *Anemone* etc. durch positiven Geotropismus, das spätere Aufrichten durch negativen Geotropismus zu Stande, doch ist es sicher, dass die geotropischen, heliotropischen und spontanen Krümmungen, die die Herstellung der zweckentsprechenden Lage der Blüthen, Früchte etc. bewirken, durch spezifische Anpassung nach und nach erworben wurden.

Schutz gegen den Regen in regenreichen Gegenden.

§ 75. Auf seinen Wanderungen in den regenreichen Wäldern des Kamerungebirges hat zuerst J. R. Jungner eine Reihe von morphologischen und anatomischen Anpassungen gefunden, durch die die dortige Pflanzenwelt gegen den Regen und seine schädigenden Wirkungen geschützt ist. „Es gibt wohl,“ schreibt er (*Bot. Centralbl.* 1891. XLVII S. 354), „auf der ganzen Erde kaum eine Gegend, wo es während des Jahres so viel regnet und wo die trockene Zeit auf ein solches Minimum eingeschränkt ist, wie im Gebiete der Kamerungebirge. Nirgends kann also der Unterschied der verschiedenen Gegenden in Bezug auf die Einwirkung, die die Regenmenge auf das Aussehen und den inneren Bau der Pflanzen hat, so scharf hervortreten und so gut beobachtet werden, wie hier.“ Als eine der verbreitetsten Anpassungen in dieser Hinsicht hatte Jungner schon früher eine längere Stachelspitze an den Blättern beobachtet, z. B. bei *Dioscorea* aus Afrika, *Ficus religiosa* aus Ostindien, *Theobroma Cacao* aus dem nördlichen Südamerika. „Aber dass ein ganzes Florengebiet, wie es hier der Fall ist, hauptsächlich diese Blattzuspitzung als Schutz gegen zu starken und zu reichlichen Regen gewählt hat, das hätte man ja kaum ahnen können.“ Wir theilen hier die Untersuchungsergebnisse Jungner's (*l. c.* S. 359) wörtlich mit.

1. Die im Gebiete der Kamerungebirge gebauten Sträucher und Bäume, deren Heimathsländer weniger Regen haben, gedeihen hier nicht gut. Sie erhalten früher oder später eine parasitische (?) Vegetation (Algen, Flechten, Pilze), welche mehr und mehr überhand nimmt, so dass die betreffenden Pflanzen nach kurzer Zeit untergehen (*Citrus Limonum*, *Citrus Aurantium* etc.).

2. Die aus feuchtem Klima hierher verpflanzten Sträucher und Bäume treiben dagegen ganz gut und sind selten belästigt von dieser Parasitengeneration von Flechten, Moosen, Algen und Pilzen,

die in diesen Gegenden so gewöhnlich sind (*Theobroma Cacao*, *Ficus religiosa*, *Carica Papaya*, *Sesamum Indicum*).

3. Die unter Nr. 1 genannten Pflanzen sind also nicht dahin gekommen, sich dem vielen Regen anzupassen, der in diesen Gegenden fällt. Die unter Nr. 2 genannten haben dieses in keiner Weise nöthig gehabt, da die Verhältnisse in ihrer Heimath gleichartig waren mit den hier in Frage kommenden Verhältnissen in Bezug auf die Regenmengen. Sie waren schon von Anfang an mit gut entwickelten Stachelspitzen an den Blättern versehen, von denen bei reichlichem Regen ein ununterbrochener Strom herunterrinnt (bei weniger starkem Regen bemerkt man ein regelmässiges Tropfen von allen Blattspitzen).

4. Die in dem Gebiete der Kamerunberge einheimischen Arten haben im Allgemeinen Zeit gehabt, auf die eine oder andere Weise, meistens durch Zuspitzung der Blätter, sich gegen einen zu grossen Regenüberfluss und gegen die durch diesen verursachte Kryptogamenvegetation zu schützen. In dem grossen Kampf ums Dasein, welchem die ganze Vegetation unterworfen ist, konnten sich nicht alle Gewächstheile gegen den Angriff der Parasiten schützen. Dieses gilt meist von den im Schatten liegenden Theilen, welche aus Blüthensprossen und später zugekommenen Zweigen bestehen.

5. Die Pflanzen, welche einen scharfen Milchsaft besitzen oder irgend welchen giftigen Bestandtheil, waren nicht genöthigt, sich diese Blattzuspitzung als Schutz anzueignen.

6. Die Pflanzen, welche sehr viel dem Winde ausgesetzt sind — dieses gilt besonders von einigen Schlinggewächsen, welche häufig an Meeresufern oder an Flussmündungen vorkommen und dort die Schutzpflanzen mit ihrem Laube umgeben — sind auch nicht dieser schützenden Zuspitzung der Blätter bedürftig, da sie bald genug vom Winde getrocknet werden, und besitzen sie auch nicht.

7. Die mit Waaren eingeführten Kräuter haben noch nicht Zeit genug gehabt, sich dem vielen Regen anzupassen. Sie haben keine Stachelspitze (*Ageratum*, *Emilia*, *Scutellaria*, *Solanum*, *Portulaca*).

8. Dass einige Gewächse trotz mangelnden Schutzes gegen die Regenmassen und auch gegen dessen Folgen doch in diesen Gegenden ziemlich zahlreich vorkommen, beruht wohl auf dem Umstande, dass sie einen aussergewöhnlichen Grad von Reproductionskraft besitzen, so einige *Ficus*arten und eine *Begonia*art.

9. Das sich weit erstreckende, allgemein vorkommende Schutzmittel gegen den Regen bei den in diesen Gegenden vorkommen-

den Gewächsen ist die Entwicklung der Blattspitze und das Vorhandensein derselben kann ebensogut als ein durchgehendes Gesetz erkannt werden, als es für ein charakteristisches Erkennungszeichen der ganzen hier vorkommenden Phanerogamenflora gehalten werden kann.

Jungner macht auch auf die praktische Bedeutung aufmerksam, die dieses „Gesetz“ für die Plantagenleiter in tropischen Gegenden haben kann.

Als besondere Beispiele von Pflanzen mit Blattspitze führt Jungner auf: von Bäumen und Sträuchern: Coffeaceen, Cinchonaceen, Bignoniaceen, Verbenaceen, Ebenaceen, Caietiaceen, Anacardiaceen, Melastomaceen, Rhizophoraceen, Jonidium, Caesalpiniaceen, einige Papilionaceen, einige Ficusarten, die Bombaceen, Panianaceen, Palmen, Scitamineen, Pennisetum; von Epiphyten die Orchideen, Aroideen, Begoniaceen, Polypodiaceen; von Kräutern die Acanthaceen, in Kamerun einheimische Solanaceen, die Capparidaceen, Urticaceen, Amarantaceen, Cyperaceen, Gramineen, Arten von Mercurialis, Dorstenia etc.

Für die Früchte der Gewächse in Regengebieten hat Jungner ähnliche Schutzvorrichtungen gegen den Regen nachgewiesen.

E. Stahl sind in Westjava diese Beziehungen zwischen Regenfall und Blattgestalt (vergl. Annales du jardin botanique de Buitenzorg, Vol. XI; Bot. Ztg. 1893. LI S. 145 ff.) gleichfalls aufgefallen. Die oft zu einem langen Anhängsel ausgezogene Blattspitze, die Stahl als Träufelspitze bezeichnet, ist auch den Pflanzen des westlichen Java eigen und während der Regenzeit von grossem Vortheil. Während des Regens sieht man beinahe kontinuierliche Wasserfäden von den Blättern herabträufeln und schon kurze Zeit nach Aufhören des Regens sind die Blattspreiten wieder trocken, während bei europäischen und australischen Pflanzen, die im westlichen Java cultivirt werden, noch grosse Tropfen auf dem Laubwerk lasten. Mit dem Vorhandensein der Träufelspitze geht eine hochgradige Benetzbarkeit der Blattoberseite Hand in Hand, die auf Vorhandensein einer papillös hervorgewölbten Aussenwand der Oberhautzellen beruht. Der hierdurch bewirkte, oft prächtige Sammetglanz der Blätter ist die Ursache, dass viele dieser Pflanzen wie *Begonia rex*, *Cissus discolor*, *Cyanophyllum magnificum*, Arten von *Bertolonia*, *Eranthemum*, Acaceen und Orchideen mit Vorliebe in unseren Gewächshäusern cultivirt werden. Wassertropfen, die auf solche Sammet-

blätter fallen, breiten sich rasch zu einer sehr dünnen rasch verdunstenden Schicht aus, während der Ueberschuss an Wasser abträufelt. Sammetblätter mit Träufelspitzen stellen die beste Vorrichtung der Pflanzen der feuchten Tropenwälder zur Trockenlegung der Blattspreite dar, deren Hauptzweck Stahl in der (auch durch anatomische Einrichtungen unterstützten) Förderung der (durch Wasserbedeckung gehinderten) Transpiration erblickt. Ausserst selten ist in den feuchten Tropenwäldern die anderwärts sehr verbreitete durch Wachüberzug bedingte Unbenetzbarkeit der Blattoberseite mit der der Mangel einer Träufelspitze Hand in Hand geht. Die wasserableitende Function der Träufelspitze lässt sich experimentell erweisen. Schneidet man mit der Scheere die Blattspitzen z. B. von *Coffea arabica*, *Justicia picta*, *Piper nigrum* ab, so dass ein abgerundetes Ende entsteht, so wird die Oberfläche der benetzten Blätter erst nach viel längerer Zeit wieder trocken als am unversehrten Blatt.

Auch in der heimischen Flora zeigen viele Bewohner feuchter Standorte den Träufelapparat, wie *Sambucus racemosa*, *Spiraea Aruncus*, *Viburnum Opulus*, *Acer platanoides* etc., während die trockener Standorte, wie *Quercus*, *Viburnum Lantana*, *Berberis* etc., denselben entbehren. Die nordamerikanischen Bäume und Sträucher besitzen jedoch dem feuchteren halbtropischen Charakter des Sommerhalbjahres entsprechend längere Träufelspitzen als die verwandten europäischen Arten. In noch höherem Grade gilt dies für die laubabwerfenden Gehölze des gemässigten Japans und Chinas und auch noch der Amurländer (*Kerria japonica*, *Weigelia*, *Phellodendron amurense* etc.). Zuweilen ist es nicht die Blattspitze, welche den Träufelapparat darstellt, sondern das Wasser fliesst basipetal ab. So stellen nach Stahl's Versuchen die Haarreihen bei *Veronica Chamaedrys* Löschpapier ähnliche Sauger dar, welche die Blattspreite bald trocken legen. Schabt man die Stengelhaare ab, so bleibt das Wasser in grossen Tropfen auf Blättern und Blattstielen stehen.

Gegen den Regenschlag der in den Tropenländern in der Regenzeit niedergehenden wolkenbruchartigen Regen finden sich gleichfalls besondere Schutzmittel; so die Verticalstellung besonders junger Blätter (Araceen, z. B. *Philodendron pertusum*), Spreitentheilung (in der niederschlagreichsten Region Westjavas treten z. B. grobgefiederte oder ganzrandige Farnblätter den

feingeschlitzten gegenüber ganz bedeutend zurück, die manchmal riesigen Spreiten besitzen eine weit durchgeführte Theilung), Constructionseigenthümlichkeiten, welche die Biegsamkeit fördern, z. B. Auswölbungen, wie sie Kny als Mittel gegen Regen und Hagel-schlag hervorgehoben hat, Anordnung der mechanischen Elemente, Längsverlauf der stärkeren Blattrippen etc.

J. Wiesener hat durch Versuche (indem er Pflanzen dauern-dem Sprühregen aussetzte, zum Theil auch unter Wasser hielt) nachgewiesen, dass bei der einen Abtheilung von Pflanzen die Sprosse monatelang continuirlichen Regen ertragen können (ombrophile Sprosse), während die Sprosse der andern Abtheilung nur kurze Zeit den Regen vertragen können, danach das ältere Laub abwerfen und verwesen (ombrophobe Sprosse). Ombrophile Sprosse sind ebenso wie hydrophile Organe durch antiseptische Substanzen gegen Fäulniss geschützt. Mit solchen Pflanzentheilen versetztes Fleischwasser oder Pflanzeninfusionen faulten stets später als dieselben Stoffe ohne ombrophiles Laub oder mit ombrophobem Laub. Blätter mit benetzbarer Oberhaut sind meist ombrophil. Haben ombrophobe Blätter benetzbare Oberhaut (wie die Kartoffelpflanze), dann sind sie in hohem Grad ombrophob.

Die auf trockene Standorte angewiesenen Pflanzen (Xerophyten) haben in der Regel ombrophobe Sprosse. Unter den Hygrophyten giebt es neben den ombrophilen Pflanzen auch ombrophobe, wie *Impatiens nolitangere*, welche den ganzen Wasserbedarf nur durch die Wurzel aufnimmt, während die Blätter durch Wachsüberzug unbenetzbar sind. Nach Wiesener finden sich in den feuchtwarmen Tropen vorwiegend ombrophile Pflanzen, ombrophobe haben aber besondere Schutzeinrichtungen. Als solche Schutzeinrichtungen ombrophober Pflanzen betrachtet er neben dem Fettüberzug der Blättchen z. B. die Reizbarkeit der *Mimosa pudica*.

Kapitel X. Schutzmittel gegen Thierfrass.

Schutzmittel der Pflanzen gegen Weidethiere.

§ 76. Léo Errera (Un ordre de recherches trop negligé. L'efficacité des structures défensives des plantes) giebt für die hauptsächlichsten Schutzeinrichtungen der Pflanze folgende Uebersicht:

a) Allgemeine Schutzausrüstungen.

1. Schwerzugänglicher Standort: Wasser, Felsen, Mauern etc. (vgl. auch die amphikarpen Gewächse, hypogäen Früchte etc.).
2. Vermöge ihrer Stellung schwerzugängliche Organe: Kronen hoher Bäume, Rhizome, Zwiebeln, Knollen und unterirdische Früchte (s. Geokarpie und Amphikarpie); mehr oder weniger verborgener Zugang der Nektarien etc.
3. Geselliges Vorkommen von Pflanzen, die durch ihre dichte Vereinigung undurchdringliche Hecken oder Dickichte bilden („Plantas sociales“ Errera's, vgl. auch den Abschnitt über Socialismus im Pflanzenreich).
4. Vasallenpflanzen, die sich unter den Schutz gewisser Thiere stellen (vgl. Ameisenpflanzen, Milbenpflanzen) oder durch andere Pflanzen geschützt sind (Heckenpflanzen, Epiphyten etc.).
5. Schutzähnlichkeit (Mimikry, „Plantas metamores“), z. B. von *Lamium album*, das der Brennessel gleicht etc.

b) Anatomische Schutzmittel.

6. Verholzung, Entwicklung der Rinde und des Korkes etc.
7. Harte, lederartige, scharfe oder schneidende, verkalkte oder verkieselte, rauhe, stachelige, klebrige Organe.
8. Dornen, Stacheln, Brennhaare.

c) Chemische Schutzmittel.

9. Säuren, Gerbstoffe etc.
10. Aetherische Oele, Kampher etc.
11. Bittere Principe.
12. Glykoside.
13. Alkaloide.

In landwirthschaftlichen Schriften hat man mehrfach die Pflanzen besonders gekennzeichnet, welche vom Weidevieh gern gefressen oder gemieden werden (z. B. Lecoq, *Traité des plantes fouragères au Flore des prairies*. Paris 1884; Rodet, *Botanique agricole et médicale*. Paris 1872), Errera hat sodann die so constatirte Ab- oder Zuneigung in Beziehung gebracht zu der Zugehörigkeit der betr. Pflanzen zu den obigen biologischen Abtheilungen.

Er hat zunächst die Pflanzen der belgischen Flora der Ab-

theilungen 7, 8, 10, 11, 12, 13 zusammengestellt und für jede der letzteren angegeben, ob dieselben vom Vieh ganz verschmäht, nur gemieden oder begehrt werden (er unterscheidet 3 Abtheilungen: *dédaignées, évitées, recherchées*).

I. Pflanzen von lederartiger Consistenz, deren Theile borstig, rauh oder scharf sind:

1. Verschmäht: *Verbascum*, *Galeopsis Tetrahit* (erwachsen), *Vaccinium Myrtillus*, *V. Vitis Idaea*, *Parietaria*, *Iris Pseud-Acorus*.
2. Gemieden: *Armeria maritima*, *Lithospermum*, *Pulmonaria*, *Echium vulgare*, *Galium Aparine* (alt), *Typha*, *Sparganium*, *Juncus*, *Carex* (Mehrzahl der Arten), *Scirpus*, *Eriophorum*, *Nardus stricta*, *Polypodium*, *Pteridium*, *Asplenium*, *Polytrichum*, *Aspidium*, *Lycopodium*.
3. Begehrt: *Orobus tuberosus*, *Erica*, *Calluna*, *Lycopsis arvensis*, *Symphytum officinale*, *Myosotis*, *Asperugo procumbens* (Borragineen sind dagegen durch ihre Borsten gegen Schnecken geschützt), *Galium palustre*, *Crepis biennis*, *Ulmus campestris*, *Luzula*, *Carex* (einige Arten), *Cyperus*, *Equisetum*.
4. Untersuchungen fehlen für *Althaea hirsuta*, *Hedera*, *Statice*, *Borrago*, *Anchusa*, *Echinosperrum*, *Cynoglossum*, *Helminthia*, *Blechnum*, *Scolopendrium*.

II. Stachelige Pflanzen:

1. Verschmäht: *Eryngium*, *Ilex aquifolium* (alt), *Silybum Marianum* (alt), *Lactuca virosa*, *Urtica urens*.
2. Gemieden: *Berberis vulgaris* (alt), *Genista anglica*, *G. germanica*, *Ononis spinosa*, *O. repens*, *Carlina vulgaris*, *Cirsium* (Mehrzahl der Arten), *Juniperus communis*, *Cladium Mariscus*.
3. Begehrt: *Rhamnus cathartica*, *Ulex europaeus*, *Rubus Idaeus*, *R. fruticosus*, *R. caesius*, *Onopordon Acanthium* (Esel), *Cirsium arvense*, *Carduus*, *Sonchus asper*, *Salsola Kali*.
4. Untersuchungen fehlen für: *Prunus spinosa*, *Rosa*, *Mespilus*, *Crataegus*, *Pyrus*, *Malus*, *Ribes Uva crispata*, *Lycium*, *Dipsacus*, *Centaurea Calcitrapa* (Köpfchen), *Xanthium spinosum*, *Hippophaë*, *Ruscus*.

III. Pflanzen die ein ätherisches Oel, Kampher oder ein ähnliches Princip enthalten:

1. Verschmäh't: *Oenanthe fistulosa*, *Foeniculum capillaceum*, *Salvia officinalis*, *Thymus Serpyllum*, *Tanacetum vulgare*, *Inula Helenium*, *Cannabis sativa*.
 2. Gemieden: *Cardamine amara*, *Nasturtium officinale*, *Rhaphanus Rhaphanistrum*, *Thlaspi arvense*, *Lepidium*, *Apium graveolens*, *Primula*, *Mentha*, *Origanum vulgare*, *Teucrium Scorodonia*, *Ormenis nobilis*, *Artemisia vulgaris*, *Pinus*, *Abies*, *Juniperus communis*.
 3. Begehrt: *Sisymbrium Alliaria*, *Hesperis matronalis*, *Cochlearia offic.*, *Spiraea Ulmaria*, *S. Filipendula*, *Carum Carvi*, *Petroselinum segetum*, *Pimpinella Saxifraga*, *Heracleum Sphondylium*, *Daucus Curota (jung)*, *Valeriana officinalis*, *Achillea Millefolium*, *Artemisia Absinthium*.
 4. Die Untersuchungen fehlen bei: *Cheiranthus*, *Anethum*, *Matricaria Chamomilla*, *Pyrethrum Parthenium*, *Asarum*, *Myrica*.
- IV. Pflanzen, die ein bitteres Princip enthalten:
1. Verschmäh't: *Linum catharticum*, *Erythraea Centaurium*, *Scrofularia*, *Gratiola officinalis*, *Linaria vulgaris*, *Vaccinium Vitis-Idaea*, *Arnica montana*, *Lactuca virosa*.
 2. Gemieden: *Anemone nemorosa*, *A. Pulsatilla*, *Ranunculus Flammula*, *R. acris*, *R. bulbosus*, *R. sceleratus*, *Cicuta virosa*, *Lycopus europaeus*, *Centaurea*, *Cyanus*, *Eupatorium cannabinum*.
 3. Begehrt: *Melilotus officinalis*, *Geum urbanum*, *Ilex aquifolium (jung)*, *Ligustrum vulgare*, *Asperula odorata*, *Artemisia Absinthium*, *Taraxacum officinale*, *Lactuca sativa*, *Humulus Lupulus*.
 4. Die Untersuchungen fehlen bei: *Crataegus oxyacantha*, *Cornus mas*, *Syringa*, *Physalis*, *Marrubium*, *Lolium temulentum*.
- V. Pflanzen die ein Glykosid enthalten:
1. Verschmäh't: *Helleborus foetidus*, *H. viridis*, *Saponaria officinalis*, *Lychnis Flos Cuculi*, *Vincetoxicum*, *Solanum Dulcamara*, *S. nigrum*, *Digitalis purpurea*, *Globularia vulgaris*, *Paris quadrifolia*, *Acorus Calamus*.
 2. Gemieden: *Dianthus*, *Sedum acre*, *Saxifraga*, *Menyanthes trifoliata*, *Convolvulus sepium*, *Solanum tuberosum*, *Rhinanthus major*, *Cichorium Intybus*.

3. Begehrt: *Silene*, *Isatis tinctoria*, *Rhamnus*, *Erica*, *Calluna vulgaris*, *Fraxinus excelsior*, *Convolvulus arvensis*, *Lonicera xylosteum*, *Achillea Millefolium*, *Salix*, *Populus*, *Convallaria majalis*.
4. Ununtersucht: *Agrostemma Githago*, *Cerasus*, *Pirus*, *Malus*, *Bryonia*, *Daphne Mezereum*.

VI. Pflanzen die ein Alkaloid enthalten:

1. Verschmäht: *Caltha palustris*, *Aconitum Lycocotum*, *A. Napellus*, *Papaver Rhoeas*, *Chelidonium majus*, *Glaucium flavum*, *Conium maculatum*, *Atropa Belladonna*, *Nicotiana tabacum*, *Datura Stramonium*, *Colchicum autumnale*, *Narcissus Pseudonarcissus*.
2. Gemieden: *Aethusa Cynapium*, *Hyoscyamus niger*.
3. Begehrt: *Berberis vulgaris* (jung), *Corydalis solida*, *Fumaria officinalis*, *Brassica nigra*, *Sinapis alba*, *Sarothamnus scoparius*, *Cytisus Laburnum*, *Taxus baccata*.
4. Ueber *Buxus* fehlen die Erfahrungen.

Bei den gesperrt gedruckten Arten dieses Verzeichnisses ist die Giftigkeit für Säugethiere, wenigstens für die meist zu den Experimenten verwendeten Hunde, Ratten, Kaninchen und Meer-schweinchen erwiesen.

Das Resultat dieser Zusammenstellung ist also folgendes:

		verschmäht:	genieden:	begehrt:
Pflanzen der Abth.	I	5	18	14
	II	5	7	8
	III	7	15	12
	IV	8	6	9
	V	9	8	12
	VI	11	2	8

Oder in Procenten der 6 Gruppen:

	verschmäht:	genieden:	begehrt:
I	13 %	49 %	38 %
II	25 %	35 %	40 %
III	21 %	44 %	35 %
IV	35 %	26 %	39 %
V	31 %	28 %	41 %
VI	53 %	9 %	38 %

Diese Zusammenstellung ergibt, dass die genannten Schutzmittel von geringerer Wirkung sind, als gewöhnlich angenommen wird, dass viele Pflanzen der Gefrässigkeit des Viehs trotz ihrer Dornen, Bitterstoffe, Gifte zum Opfer fallen. Die Pflanzenwelt zahlt den Säugethieren ihren Tribut (vgl. Schutz gegen Schnecken), trotz der Schutzmittel, indem Contreadoptionen der Thiere an diese stattgefunden haben, aber die Schutzmittel wirken doch so, dass die Feinde vermindert werden und dass keine Pflanzenspecies durch die einheimischen Säugethiere würde ausgerottet werden können. Nur eingewanderten fremden Thieren gegenüber würde unsere Pflanzenwelt schutzlos sein, wie etwa die australische Pflanzenwelt zum Theil gegenüber unseren dort angesiedelten Kaninchen.

Es fällt in dieser Zusammenstellung ferner auf, dass die Alkaloide am werthvollsten als Schutzvorkehrungen der Pflanzen gegen Säugethiere sind, dass jedoch einige der giftigsten Pflanzen wie *Cytisus Laburium* und andere gefressen werden. Theils enthalten diese Pflanzen Alkaloide, die nur bei gewissen Säugethieren tödtlich wirken, gegen die aber andere immun sind, theils beruht es auf einer noch zu grossen Unerfahrenheit der Thiere solchen Pflanzen gegenüber, dass letztere gefressen werden, wenigstens hat der Genuss (*Taxus* etc.) häufig schlimme Zufälle im Gefolge.

Die praktischen Erfahrungen der Landwirthe, Forstwirthe, Jäger etc., besonders aber Experimente mit den verschiedensten pflanzenfressenden Säugethieren, werden hier in der von Errera angeregten Weise die Ausrüstungen gegen den Frass der Säugethiere noch des Weiteren zu ermitteln haben, wie sie bezüglich der Schnecken, Heuschrecken etc. von Stahl u. A. bereits in der Hauptsache ermittelt worden sind. Im Folgenden sollen einige der Hauptkategorien von derartigen Ausrüstungen noch näher erörtert werden.

Schutzähnlichkeit der Pflanzen („Mimikry, *Plantae metamorphosae*“).

§ 77. Es ist wohl kaum zweifelhaft, dass die Aehnlichkeit der Gestaltung nicht immer als schützende Ausrüstung aufzufassen ist, sondern vielfach auf andere biologische Faktoren zurückgeführt werden muss. Ich erinnere hier nur an die tiefgeschlitzten und -getheilten submersen Wasserblätter, an die pfeil- und spießförmigen Blätter der Winden, die Blätter mit Trüfelspitze bei Pflanzen aus

Regengebieten, an die Aehnlichkeit mancher Aërophyten, wie der *Tillandsia usneoides* mit der Bartflechte, *Usnea barbata* etc. Doch sollen einige der auffälligsten Uebereinstimmungen in der Form der Vegetationsorgane hier erörtert werden, die sich leicht vermehren lassen, besonders wenn man die einzelnen Familien auf abweichende Blattformen (z. B. *graminifolia* etc.) hin vergleicht. Wie *Lamium album*, *Campanula* *Trachelium* und andere nesselblättrige Pflanzen thatsächlich von Menschen und Thieren wegen ihrer Aehnlichkeit mit Brennesseln vermieden werden, so wird *Linaria vulgaris* vielleicht deshalb gemieden, weil sie der *Euphorbia Cyparissias* etc. gleicht. *Lathyrus Nissolia* soll deshalb verschont bleiben, weil sie durch ihre Aehnlichkeit mit den Gräsern der Umgebung versteckt bleibt. *Chrysanthemum inodorum* soll durch seine Aehnlichkeit mit *Ch. Chamomilla* vor den Verfolgungen des Weideviehs gesichert sein (vgl. weitere Beispiele auch bei Lubbock, *Flowers, fruits and leaves*, London 1886, S. 127; Kuntze, *Schutzmittel der Pflanzen*, Leipzig 1877, S. 36). Als sicher kann es gelten, dass viele grössere Pilze unserer Wälder durch das gleiche Aussehen, gleichen Geruch und gleiche Färbung mit giftigen Arten von Mensch und Vieh gemieden werden, obwohl sie keinerlei schädliche Stoffe enthalten. — Einige auffallende Beispiele täuschender Aehnlichkeit systematisch verschiedener Pflanzen im blüthenlosen Zustand theilte mir Fritz Müller aus Brasilien mit. „Schon Baker (*Handbook of the Bromeliaceae* 1889) hat auf die Aehnlichkeit von *Canistrum eburneum* und *C. roseum* mit *Nidularium fulgens*, sowie von *Canistrum purpureum* mit *Nidularium Scheremetiewii* hingewiesen, von denen die erstere Gattung nach Wittmack's Eintheilung der Bromeliaceen zu den Aechmeinen, letztere zu den Billbergüen gehört. Auffallender ist der folgende Fall. Zu den allergemeinsten Bromeliaceen gehört hier *Ortgiesia tillandsioides*. Sie bedeckt oft auf weite Strecken die obersten Aeste hoher Waldbäume und kommt ebenso häufig ausserhalb des Waldes an den Aesten alter Orangenbäume und dergleichen vor. An gleichen Orten und häufig in ihrer Gesellschaft wächst eine nicht minder gemeine Tillandsiee (*Ortgiesia* ist als Bromeliacee schon an den gezähnten Blättern von letzterer zu unterscheiden). Diese beiden Arten sind, wenn ohne Blüten, so ähnlich, dass Schimper (der die Lebensverhältnisse und Anpassungen der Bromeliaceen Brasiliens eingehend studirt und trefflich geschildert hat) trotzdem er sie oft genug vor sich gehabt haben muss, sie nicht sammelte, jedenfalls, weil er sie nicht von

Ortgiesia unterschied. Schenk sammelte eine Rosette; Wittmack bestimmte sie als *Tillandsia coreovadensis*, allerdings mit dem Zusatz: „ohne Blütenstand, daher fraglich“. Ich verglich die Pflanze mit Baker's Beschreibung der *T. coreovadensis* und diese passte Wort für Wort. Jetzt fängt diese Art an zu blühen und es stellt sich heraus, dass es eine höchst eigenthümliche *Vriesia* ist (*V. poenulata* Mirr.), von der Baker sagt, dass ihr Vaterland unbekannt sei. — Den merkwürdigsten Fall lernte ich gestern kennen. Eine der allergeinsten Bromeliaceen ist eine auch durch die Verzweigung ihrer Stengel, wie durch ihre Blattrosetten sehr ausgezeichnete, schon von weitem leicht erkennbare Art; wahrscheinlich ist es eine *Vriesia*; die Blüten kenne ich noch nicht; sie stehen in mehrere Fuss hohen Rispen. Gestern besuchte ich mit meinen Enkeln einen grossen umgestürzten Baum im Walde, dessen Stamm und Aeste reichlich mit Bromelien besetzt sind und auf dem auch diese jetzt junge Blütenstände treibende Art zu Hunderten sitzt. Einer der Jungen war uns vorausgeklettert und rief uns ganz ausser sich zu: „Jetzt habe ich aber etwas ganz Wunderbares gefunden!“ — Und etwas Ueberraschenderes ist mir auch kaum je vorgekommen. Es war die eben erwähnte Art, wie sie leibt und lebt. Aber statt der langen Rispe trug sie auf kurzem Stiele eine ganz kurze dichte zweizöllige Aehre; es ist eine himmelweit verschiedene Art, eine *Vriesea* aus der von Wittmack als *Psittacinae brachystachyae* bezeichneten Gruppe. Wir haben die Blätter der beiden Arten genauer verglichen, ohne einen durchgreifenden Unterschied finden zu können. Lehrreich sind die Fälle insofern, als die täuschende Aehnlichkeit so weit verschiedener Pflanzen, die unter gleichen Lebensbedingungen in Gesellschaft wachsen, den Beweis liefern, dass auch die anscheinend bedeutungslosesten Eigenthümlichkeiten ihren Werth für das Gedeihen der Pflanzen haben müssen, dass sie Anpassungen an ihre bestimmten Lebensverhältnisse sind.“ Aus der einheimischen Flora erinnern wir noch an die leicht zu verwechselnden Pflanzen *Malachium aquaticum*, *Stellaria nemorum* — *Lamium Galeobdolon*, *Veronica montana*, *Ajuga reptans*, *Glechoma* (in den Klettertrieben) u. s. w.

Bewaffnete Pflanzen.

§ 78. Von besonderen Ausrüstungen der Pflanzen gegen den Frass der Säugethiere fallen zuerst in die Augen die den Angreifer

verwundenden Dornen und Stacheln, von denen die ersteren von Gefässbündeln durchzogene, metamorphosirte Stengel oder Blätter (Berberis), Nebenblätter (Robinia) etc. darstellen, während die letzteren (z. B. bei der Rose, der Himbeere etc.) Oberhautgebilde sind. Wie auch die anderen Schutzvorrichtungen der Pflanze, können die Dornen und Stacheln an den verschiedensten schutzbedürftigen Organen gesondert oder zugleich zur Ausbildung kommen, bald treten sie nur an der jungen Pflanze, bald gerade an alten Organen auf — allenthalben aber da, wo die Pflanze am meisten des Schutzes bedarf. So sind die Baumarten, Prunusarten und Pirusarten nur in der Jugend bewehrt, so lange sie von Ziegen, Schafen etc. erreicht werden können, während die Dornen von *Prunus spinosa*, *Crataegus oxyacantha* und anderen die Gesträuchform behaltenden Pflanzen auch später zur Entwicklung kommen. Bei *Ilex Aquifolium* sind die Blätter der strauchartigen Exemplare am Rande mit dornigen Zähnen bewehrt, während sie an den Zweigen der hochstämmigen Bäume fast ganzrandig sind. Bei der *Victoria regia*, deren mächtige Blätter denen unserer Teichrosen gleich auf dem Wasser schwimmen, ist nur der Blattrand und die untere Seite bewehrt. Bei den Rosen und Rubusarten findet sich besonders starke Bewehrung an den jugendlichen Trieben, die des Schutzes am meisten bedürfen, bei den Fächerpalmen sind besonders häufig die Blattstiele bewehrt u. s. w. Nach v. Kerner unterscheiden wir zuerst eine Selbstbewehrung der grünen Pflanzengebilde. Bei *Ulex europaeus* und anderen Arten von *Ulex* (die aber im Nothfall doch gefressen werden, *Ulex europaeus* von Eseln besonders gerne, die Pflanze wird angebaut und in zerquetschtem Zustand verfüttert), *Asparagus horridus*, *A. retrofractus*, *A. Broussonetii* etc. laufen die grünen Aeste und Zweige in spitze Dornen aus. So sind es die laubähnlichen flachen Aeste (Phyllocladien) bei *Ruscus aculeatus*, dem südeuropäischen Mäusedorn und bei der südamerikanischen *Colletia cruciata*, welche in Dornen auslaufen. In anderen Fällen sind es die Blätter, die starr nach allen Seiten entweder durch die Nervenenden bewehrt sind, oder selbst stielrund, lineal etc. in einen spitzen Dorn ausmünden. Viele Nadelhölzer, Gramineen, Cyperaceen gehören hierher. Sehr wirksame Nadelblätter hat z. B. unser Borstengras, *Nardus stricta*, ferner in den südlichen Alpen die *Festuca alpestris*. Kerner sagt hierüber: „Dieses Gras ist nun das bestgehasste Gewächs der ganzen Gegend, und die Hirten suchen dasselbe überall, wo es in grösserer Menge auftritt, durch Abbrennen zu vertilgen,

da die weidenden Thiere beim Aufsuchen anderer zwischen den Rasen der *Festuca alpestris* wachsenden Pflanzen sich die Nüstern so sehr zerstechen, dass sie häufig ganz blutrünstig vom Weidegange zurückkommen. Merkwürdig ist, dass dann, wenn solche Gräser leicht zu entwurzeln sind, die weidenden Thiere selbst deren Vertilgung vornehmen. Das Borstengras wird, wenn es auf den Weiden vorkommt, von den Rindern an der Basis des Rasens mit den Zähnen erfasst, aus dem Boden gerissen und dann wieder fallen gelassen, so dass es alsbald verdorren und zu Grunde gehen muss. Auf dem Almboden von Oberiss im Tiroler Stubai thale sah ich Tausende durch die Rinder entwurzelte, vertrocknete und von der Sonne gebleichte Rasen auf den Weidegründen liegen.“ (Also wieder eine Gegenanpassung!) Pflanzen mit Nadelblättern finden sich sehr verbreitet in den Steppen, so z. B. die seeigelartigen *Acantholimon*arten: *Acanthophyllum*, *Gypsophila acerosa*, *Silene tragacantha* der persischen Hochsteppen.

An die Nadelform der Blätter reiht Kerner noch zwei weitere Bewehrungsformen, die Disteln und die dem Fortsatze des Schwertfisches vergleichbare Ausrüstung. Die letztere Art der Bewehrung findet sich besonders bei den Agaven, Bromeliaceen, Dasy-*lirion*- und Bonapartearten des mexikanischen Hochlandes. Ferner gehören hierher einige Aloëarten etc. vom Cap, *Eryngium bromeliaefolium*, *E. pandanifolium* etc. von Mexiko und Brasilien, sowie einige Wasserpflanzen, *Stratiotes aloides*, *Hydrilla*, *Najas*. Als Distelblätter bezeichnet Kerner alle diejenigen, „welche mehr oder weniger gelappt, getheilt und zerschnitten sind und die am Rande und an den Enden der Lappen, Zipfel und Abschnitte mit starren, stechenden und abstehenden Dornen besetzt erscheinen.“ Es gehören hiernach nicht nur viele Compositen, wie *Cirsium*, *Carduus*, *Carlina*, *Echinops*, *Onopordon*, *Silybum*, *Cousinia*, *Carthamus* zu den Disteln im biologischen Sinn, sondern auch Umbelliferen, wie *Eryngium maritimum*, *E. amethystinum*, *Echinophora spinosa*, *Cachrys spinosa*, Solaneen (*Solanum argenteum*, *S. pyracanthos*, *S. rigescens*), bei Cycadeen (*Zamia*, *Encephalartos*), *Acanthus*arten, z. B. *A. spinosissimus*. Besonders ist die mittelländische Flora reich an dieser Distelform. Häufig vertreten Blatt- und Stechborsten die Dornen der Blätter und Stengel. Dieser ersten Gruppe von Pflanzen, deren grüne Theile selbst bewehrt sind, stellt Kerner eine zweite gegenüber, deren Waffen nicht an dem zu schützenden, sondern an einem benachbarten anderen Pflanzentheile

angebracht sind. Einige der wichtigsten biologischen Typen dieser zweiten Gruppe sind die folgenden.

Pflanzen mit unbewehrten Laubblättern etc., aber mit durch Dornen bewehrten Seitentrieben der Zweige, die am Ende fast völlig unbeblättert sind (Alhagigebüsche der Steppen, z. B. *Alhagi Kirgisorum*, *Genista horrida*, *Cytisus spinosus* etc., *Prunus spinosa*, *Hippophaë rhamnoides*, *Rhamnus cathartica*, *Crataegus*, *Lycium*, *Convolvulus* arten, *Lactuca orientalis* und die Stachelrasen von *Stachys acerosa*, *St. Aucheri* und *Polygonum* arten); Phryganagestrüppe, Halbsträucher mit anfangs saftigen Dornen, die dann beim Abtrocknen abstarrende Aeste bilden (*Villa spinosa*, *Koniga spinosa*, *Poterium spinosum*, *Genista hispanica*, *G. germanica*, *G. anglica*, *Onobrychis cornuta*, *Sonchus cervicornis*, *Euphorbia spinosa*, *Noëa spinosissima*, *Teucrium subspinosum*, *Stachys spinosa*; Inflorescenzachsen erhärten zu Stacheln bei *Moriera*, *Carrichtera*, *Lepidium erinaceum*, *Eversmannia*, *Alhagi-* und *Cicer* arten; Bracteen bei *Lagochilus*, *Otostegia* etc.). — Nopalgewächse mit saftiggrünen, blattartig flachen Aesten, die durch verschieden gestaltete, zu Dornen umgestaltete Blätter geschützt sind. Hierher gehören die Cacteen der neuen Welt (Opuntien, z. B. *Opuntia longispina* mit ca. 8 cm langen Dornen, *Cereus*, *Echinocactus*, *Melocactus* etc.) und die säulentragenden Euphorbiaceen Asiens und Afrikas. Manche Opuntien und Cereen dienen zu Hecken und Einzäunungen. So dienen die Cereen von 2—3 m Höhe den Indianern Mexikos zur Einfriedigung ihrer Felder. Es liefern jedoch auch hier diese vorzüglich geschützten Pflanzen den Thieren ihren Tribut; so schlagen auf den Hochebenen Mexikos in der trockenen Jahreszeit die zahlreichen Heerden halbwilder Pferde und Maulthiere mit ihren Hufen Stücke von grossen Cereenstämmen ab, um an dem Saft derselben ihren Durst zu stillen („Quellpflanzen der Wüste“). Von Euphorbiaceen gehören hierher z. B. *Euphorbia officinarum*, *Euph. coerulescens*, *Euph. spinosa* etc.

Die Traganthsträucher Südeuropas und des Orientes, z. B. *Astragalus Tragacantha*, wo die Spindeln der Blätter nach Abwerfung der Seitenfiederchen einen starren Dornenkranz um die jungen Zweige und Blätter bilden. (Hierher gehören etwa 200 Arten von *Astragalus*, z. B. *A. chrysostachys*, *A. floccosus*, *A. glaucanthus*, *Calophaca Wolgarica*, *Caragana spinosa*, *C. tragacanthoides*, *C. jubata*, *Halimodendron*, *Ebenus stellata*, *Ammodendron Persicum*, *Cicer* arten.) Die meisten der letztgenannten Pflanzen bilden, z. B. in den iranischen Steppen, Stachelrasen (stachelstarrende Polster); in den Gebirgen

ist die Form des Stachelschirmes auf schiefer, niederem Stamme entwickelt; ein dritter Typus bildet lockere, von Grund ausgehende Zweige. (Von den Disteln tritt bald die eine, bald die andere Gattung herrschend auf, so dass man Eryngium-, Gundeliasteppen etc. unterscheiden kann.)

O. Stapf (Die Stachelpflanzen der iranischen Steppen. Sitz.-Ber. d. k. k. zool. bot. Ges. Wien, Bd. XXXVII, 1887) schätzt die „Stachelpflanzen“ der Flora Orientalis auf 1000, wovon etwa die Hälfte auf die iranischen Länder kommt.

Bei einigen brasilianischen Mimosen ragen die Dornen zwar nicht über die ausgebreiteten Blätter; bei Berührung werden die letzteren aber zurückgeschlagen, so dass sie den Zweigen anliegen und in deren Schutzbezirk kommen.

Die Stacheln (im morphologischen Sinn) finden sich wie die Dornen in den mannigfaltigsten Formen und in verschiedenster Grösse als Schutzmittel verbreitet (so haben die Stacheln von *Zanthoxylon* die Gestalt der Rosenstacheln, eine Höhe von ca. 5 cm und messen an der Basis ca. 4 und 5 cm im Durchmesser).

Bei den Früchten (Stechapfel, Kastanie, Juglans etc.) sind die geraden, spitzen Schutzstacheln nicht zu verwechseln mit den der Fruchtverbreitung dienenden Krummstacheln etc.

Die bewaffneten Pflanzen bergen meist auch ganz regelmässig eine Reihe sonst ungeschützter Pflanzen (Vasallenpflanzen Errera's, so z. B. Arten von *Aegopodium*, *Chaerophyllum*, *Anthriscus*, *Galium*, *Vicia*, *Lathyrus* etc.).

Chemische Schutzmittel gegen Thierfrass.

§ 79. Am wirksamsten erweisen sich gegen die höheren Thiere die chemischen Schutzmittel, und zwar gegen die Säugethiere vor allen die Alkaloide, gegen die Vögel ätherische Oele (Sperlinge werden z. B. schon durch den Genuss weniger Kümmel- oder Fenchelkörner getödtet), während viele Vögel die für Menschen und Säugethiere giftigen Beeren, z. B. der Tollkirsche (*Atropa Belladonna*), der *Solanum*arten, von *Daphne Mezereum* etc. schadlos fressen und verbreiten. Pflanzen, deren Samen und Früchte nicht der Verbreitung durch Vögel angepasst sind (mit Kapsel- früchten etc.), enthalten dagegen allgemein giftige Alkaloide, so die Arten von *Nicotiana* (auch Kapseln). Selbst auf die einzelnen Säugethiergattungen können die Gifte verschieden wirken. So sind

Kaninchen, Meerschweinchen, wie viele Vögel (Amseln etc.) gegen das Atropin immun, und Pferde, Ziegen, Kühe etc. zeigen oft eine sehr verschiedene Geschmacksrichtung. Manche Knollen und Hypogäen zeichnen sich durch sehr scharfen und intensiven Geruch und besondere chemische Stoffe aus, wie Zwiebel, Knoblauch, die offenbar ein Schutzmittel gegen Mäuse, Regenwürmer u. dergl. darstellen. Als ein solches Schutzmittel gegen Mäuse und andere unterirdisch wirkende Thiere betrachte ich auch den charakteristischen Geruchstoff der Hirschtrüffeln, den diese mit den Zwiebeln von *Fritillaria Meleagris*, der Kaiserkrone, gemein haben, obwohl dieser Stoff bei Rindern und wohl auch beim Wild als Aphrodisiacum wirkt und letzteres den *Elaphomyces*knollen nachgeht und wohl zu ihrer Verbreitung beiträgt.

Wichtig für die Pflanze ist es, dass Gifte auch ausser durch den Geschmack bereits äusserlich wahrnehmbar werden, also bevor die Pflanze angefressen worden, und zwar häufig durch den Geruch, öfter auch durch das Aussehen. So riechen auch dem Menschen widerlich das Kraut des Stechapfels (*Datura Stramonium*), Bilsenkrautes (*Hyoscyamus niger*), Schierlings (*Conium maculatum*), Hundspetersilie (*Aethusa Cynapium*), Hundszunge (*Cynoglossum officinale*) und die ähnlich riechende (ob auch giftige?) *Scrofularia aquatica* (Geruch nach Mäuseharn), der Knollenblätterpilz (*Amanita phalloides* — widerlicher Kartoffelgeruch), in anderen Fällen vermag die menschliche Nase an den unverletzten Pflanzentheilen nichts wahrzunehmen, wie bei den Arten von *Aconitum*, *Veratrum*, *Colchicum* etc., die ebenso wie viele Pilze niemals von Hirschen, Rehen, Hasen, Rindern, Pferden, Schafen berührt werden. Besonders häufig sind Giftpflanzen roth gefleckt oder sonst durch die Färbung ausgezeichnet. Solche „Warnfarben“ besitzt z. B. *Conium maculatum*, *Chaerophyllum temulum* etc. Vielfach sind aber auch nicht giftige Arten durch gleiches Aussehen oder gleiche Färbung, gleichen Geruch geschützt, wie die Petersilie durch ihre Aehnlichkeit mit *Aethusa Cynapium*, Arten von *Chaerophyllum*, *Anthriscus* etc. durch die gleiche Warn- oder Schreckfärbung wie *Conium* etc. Die Javaner schützen oft ihre Kaffeepflantagen und Gärten einfach durch einen niederen Zaun rothblättriger Pflanzen gegen Wildschweine. Die rothe Sprenkelung ist jedoch auch vielfach im Pflanzenreich verbreitet als Schutzmittel gegen Schneckenfrass. — Der Fliegenschwamm (*Amonita muscaria*) und der nicht giftige Kaiserschwamm (*A. caesarea*) besitzen solche Schreckfärbung. Die Milchpilze (*Lactarius*) sind zum grossen Theil

durch scharfe giftige Milchsäfte geschützt und von widerlich süslichem oder anderem Geruch, und es gibt kaum eine Gattung, deren Arten in den verschiedensten Gattungen der Blätterpilze in Form und Färbung so täuschend nachgebildet wären, wie sie (z. B. *Lactarius necator*, *Paxillus involutus* etc.). — Der nicht giftige *Lactarius deliciosus* selbst gleicht täuschend dem giftigen *L. torminosus* etc. Ebenso sind giftige und essbare Täublinge gleich (lebhaft roth etc.) gefärbt und gestaltet, und nur durch ein sehr geübtes Auge (oder den Geschmack) zu unterscheiden. Ueberhaupt ist die Aehnlichkeit vieler essbaren Schwämme mit gewissen giftigen Arten eine so grosse, dass trotz aller Erfahrungen immer wieder Vergiftungsfälle vorkommen. Es wäre eine lohnende Aufgabe, für die verbreiteteren Gift- und Speiseschwämme unserer Wälder einmal genauer festzustellen, welche Arten nie, welche regelmässig von den einzelnen Säugethieren (Mäusen, Hasen, Rehen, Hirschen, Schafen, Rindern — Kaninchen scheinen überhaupt keine Schwämme zu fressen), Schnecken (fressen z. B. den für Säugethiere ausserordentlich giftigen Knollenblätterpilz etc.) und Insecten (wie *Belladonna* durch *Haltica Atropae* zerfressen wird, so werden auch viele Giftpilze regelmässig von Insectenmaden durchritten) gefressen werden.

§ 80. Durch Alkaloide sind ganze grosse Familien und Gattungen geschützt, so von niederen Pflanzen die Amaniten unter den Agaricineen (*Amanitin*, *Muscarin* etc.), unter höheren Pflanzen die Solanaceen, Ranunculaceen (*Aconit*, *Anemonin* etc.), Cinchonaceen, viele Scrofulariaceen (*Digitalis*), Umbelliferen (*Conium*, *Cicutin* etc.). Viele Arten enthalten mehrere Alkaloide. So der Buchsbaum (*Buxus*) das Buxin, Parabuxin, Buxinidin, Parabuxinidin; das Schöllkraut (*Chelidonium majus*) das Chelidonin, Chelerythrin, α - und β -Homochelidonin; *Trigonella foenum graecum* das Trigonellin, Cholin; die gelbe Lupine (*Lupinus communis*) Lupinin, Lupinidin, die blaue Lupine (*Lupinus angustifolius*) das Lupanin (in den Samen); *Veratrum album* das Veratrin und fünf weitere Alkaloide, die Melampyrumarten (in den Samen, die, in Menge genossen, Schafe etc. tödten) das Rhinantin und Melampyrin etc.; die Berberitze (*Berberis aquifolium* und *B. vulgaris*) Berberin, Berbamin Oxyakanthin; *Corydalis* (*Corydalin* etc.). Auch die Solanaceen enthalten fast alle mehrere Alkaloide (*Hyoscyamin*, *Atropin*, *Solanin*), so z. B. *Scopolia japonica* *Hyoscyamin*, *Atropin*, *Hyoscin*; *Scopolia atropoides* *Hyoscyamin* und drei weitere Alkaloide; Ani-

sodus luridus enthält in den Blüthen Hyoscyamin, zur Fruchtzeit dagegen nur Atropin. Manche Pflanzen enthalten nur in der Jugend stärkere Mengen von Alkaloiden, wie andere nur in der Jugend bewehrt sind oder eine Ameisengarde an sich fesseln (*Pteridium aquilinum*); andere sind wieder in gewissen Gegenden giffrei (wie auch die übrigen Schutzmittel in gewissen Gegenden, weil nicht nöthig, fehlen können, z. B. Ameisennektarien, Acarodomatien etc.). So bildet der giftige Schierling nach A. Vogel (Sitzungsber. der math.-phys. Klasse der Münchener Akademie 1885, p. 1) in Schottland kein Coniin, und Cinchonapflanzen, deren Rinden in der Heimath das bekannte Chinin liefern, enthalten in verschiedenen einheimischen Gewächshäusern keine Spur davon. Der Fliegenschwamm, der von den Lappländern und Kamtschadalen roh gegessen wird (der Koräke giebt für 1–2 Fliegenschwämme einen Fuchs) und bei ihnen nur vorübergehend berauschende Wirkungen hat, ist bei uns sehr giftig und enthält auch ein fliegendödtendes, dem Menschen aber unschädliches Gift. Nach Inoko ist derselbe aber in Japan weit weniger giftig als in Europa, und wirkt nicht fliegendödtend, während in Japan der Pantherschwamm (*Amanita pantherina*) sowohl den fliegendödtenden Bestandtheil als auch Cholin und Muscarin enthält (vgl. auch Ludwig, Notizen über allerlei verdächtiges Gesindel unter dem Schwammvolke, Zeitschrift für Pilzfreunde II, p. 179–181). Die giftigen Eigenschaften der Pilze schwanken überhaupt ganz bedeutend, so dass gewisse Pilze z. B. in dem einen Departement von Frankreich regelmässig gegessen werden, im anderen für giftig gelten (Perlschwamm etc., selbst gewisse Champignonvarietäten). Feuilleaubeis sagt mit Recht: „Les champignons ont des qualités différentes selon les climats et selon les terrains“ (Revue mycol. 1884, p. 97.).

Ueber die Localisation der Alkaloide in den einzelnen Pflanzentheilen vgl. auch die Abhandlung von L. Errera, Maistriaux und Clautriaux (Premières recherches sur la localisation et la signification des alcaloïdes dans les plantes. Mémoire couronné au concours de 1885–86 de la Soc. roy. des sc. méd. et nat. de Bruxelles. Extrait du Journal publié par la Soc. Bruxelles 1887).

§ 81. Nächst den Alkaloiden seien hier zunächst die ätherischen Oele als Schutzmittel der Pflanzen gegen Thierfrass genannt. O. Kuntze (Schutzmittel der Pflanze gegen Thiere und Wetterungunst, Leipzig 1877) weist darauf hin, dass besonders in den

Tropen und an starkbesonnten Standorten Pflanzen mit ätherischen Oelen häufig sind. Wir haben bei der Besprechung der bewaffneten Pflanze darauf hingewiesen, dass gerade die Steppen- und Wüstenpflanzen viele Schutzmittel zur Beschränkung der Saftarmuth haben und brauchen. Auch die ätherischen Oele beschränken die Saftentziehung durch Thiere. Es ist indessen auch die Erklärung Grisebach's zu berücksichtigen, nach welchem durch Verdunstung der ätherischen Oele die Verdunstung des Zellsaftes verlangsamt wird, indem dabei theils Abkühlung stattfindet, theils eine mit Oel geschwängerte Atmosphäre das Blatt umschwebt, auch wohl (nach O. Kuntze) bei der Oxydation Harze entstehen, die die Verdunstung des Zellsaftes hindern. Auch unsere Crassulaceen werden von Wiederkäuern nicht angetastet. Das Laub bildet vielfach ätherische Oele, so bei Labiaten (*Mentha*, *Calamintha*, *Nepeta*, *Teucrium* etc.), Umbelliferen (*Anthriscus Cerefolium* etc.) — Familien, in denen auch andere Schutzmittel gegen Thierfrass häufig sind (unter den Labiaten ist *Marrubium* bitter, *Satureja* pfefferig, *Galeopsis Tetrahit* borstig; unter den Umbelliferen enthalten die Gattungen *Conium*, *Chaerophyllum*, *Anthriscus*, *Cicuta*, *Aethusa*, *Hydrocotyle*, *Astrantia*, *Sium*, *Oenanthe*, *Selinum*, *Heracleum* giftige; *Eryngium*, *Falcaria* etc. stachelige Arten). *Lantana Camara*, ein durch die Tropen sich verbreitender culturbegleitender Strauch, hat nach Kuntze Blätter von leichenartigem Geruch. „Als diese Pflanze noch neu auf Java war, zierte man einst zu Ehren eines Gouverneurgenerals die Zimmer mit Guirlanden von *Lantana*, welche wunderschöne, farbenreiche und in jedem Blütenstand farbenwechselnde Blüten zeigt, musste indess schon nach wenigen Stunden wegen des Leichengeruches den Laubschmuck entfernen.“ Auch der gurkenartig riechende und schmeckende Stoff der Gurken, des Boretschs, der *Moehringia trinervia* und die Blätter von *Philadelphus coronarius* dürften ein Schutzmittel des Laubes sein. Wurzeln und Früchte besitzen gleichfalls vielfach ätherische Oele als Schutzmittel, erinnert sei an das Baldrianöl, Kalmusöl, Citronell-, Lemongras-, Gingergrasöl, sowie die Oele in den Umbelliferensamen Kümmel, Anis, Fenchel etc., von denen letztere die Samen besonders gegen Vögel schützen. Das Baldrianöl lockt dagegen Katzen, das Anisöl Tauben an. Auch das Cumarin des Waldmeisters, der Melilotusarten, des frischen Ruchgrases etc. schützt gegen Thierfrass. Kuntze lernte in Costarica ein citronenartig schmeckendes Gras kennen, mit dem die Creolen den Kaffee

würzten und nach Jagor riecht ein Gras in den Nilgherry-Mountains nach Palmöl.

Die Insecten werden durch ätherische Oele jedoch nicht zurückgeschreckt, wie z. B. die Gegenwart von zahlreichen Insecten (nach Lennis 5 Käfer, 13 Raupen, 2 Blattläusen, 1 Wanze) auf *Mentha silvestris* und *M. aquatica* beweist.

Der Milchsaft ist meist gleichfalls ein wirksames Schutzmittel gegen Thierfrass (Ziegen meiden z. B. den Salat etc.).

Schutz durch Gift- und Brennhaare und durch brennende Säfte.

§ 82. Unter den Insecten werden die stechenden, Ameisensäure und Gifte absondernden, oder durch giftige Säfte geschützten, durch Vögel und andere Thiere gemieden, und selbst die ihnen gleichgestalteten und gleichgefärbten Arten geniessen durch diese „Schutzähnlichkeit“ (Mimikry) einen besonderen Schutz, wie die Fliegen, Sesien etc., die gewissen stechenden Hymenopteren ähnlich sind, die heliconidenähnlichen Schmetterlinge der verschiedensten Abtheilungen in den Tropen. Unter den Schlangen werden die mit Giftzähnen versehenen oder die diesen ähnlich gezeichneten Arten, selbst von geringer Grösse, auch von grösseren Thieren gefürchtet und gemieden.

Ihnen gleichen die durch Gift- und Brennborsten geschützten Pflanzen aus den Familien der Brennesseln (Urticaceen), der Brennwinden (Loasaceen), der Hydrophyllaceen und Euphorbiaceen, die vom Weidevieh sorgfältig gemieden werden und ihre Schutzwirkung sogar auf ähnlich gestaltete Pflanzen erstrecken wie die Brennesseln auf die Taubnesseln (*Lanium*), auf die nesselblättrige Glockenblume (*Campanula Trachelium*) etc. Die Eigenschaft unserer Brennesseln, durch ihre Brennhaare ein schmerzhaftes Jucken der Haut und Nesselausschlag zu erzeugen, theilen zahlreiche Pflanzen mit ihnen. So kennt man aus dem tropischen Amerika etwa 100 Arten von Brennwinden (Loasaceen), welche gleich der in unseren Gärten angebauten (bis 10 m hoch kletternden) *Loasa lateritis*, *Loasa tricolor* etc. bei Berührung ein sehr heftiges Brennen der Haut verursachen. Von der in den Küstenlanden Venezuelas häufigen Euphorbiacee, *Jatropha urens*, wird berichtet, dass ihr Brennen so heftig sei, dass Personen, die mit ihr in Berührung gekommen, bewusstlos zu Boden gefallen seien. Auch *Jatropha napaeaefolia*, *Cajophora*arten, die Hydrophyllacee Wi-

gandia urens etc. haben ähnliche Wirkung. Die Brennesseln selbst, von denen in Deutschland die drei Arten *Urtica urens*, *U. dioica* und *U. pilulifera* vorkommen, sind in mehr als 100 Arten über die Erde verbreitet.

Sehr stark nesseln manche exotische Arten, unter denen es viele baumartige giebt. Diese Brennesselbäume sind die gefährlichsten Arten, da ihre kleinen Blätter eine ganz unscheinbare Behaarung und keinerlei Warnzeichen haben. Die javanische stechende Nessel (*Urtica stimulans*) und die ostindische gekerbte (*U. crenulata*) verursachen einen mindestens 24 Stunden anhaltenden Schmerz, zuweilen sogar ein neuntägiges Brennfieber. Am stärksten brennt die *Urtica urentissima* auf Timor, welche jahrelang, ja oft lebenslänglich Schmerzen verursacht, die bei feuchtem Wetter geradezu unerträglich werden. Bei allen den erwähnten Pflanzen sind es besondere Haare, welche von mannigfaltiger Gestalt (bei manchen Loasaarten mit Widerhaken versehen) mit ihrer meist mehrzelligen Basis unter der Epidermis stecken und an ihrer freien äussersten Spitze leicht zerbrechlich sind. Bei *Wigandia urens* ist das äusserste Ende spitz, bei unseren Nesseln, den Loasaceen, *Jatropha* etc. aber mit einem seitwärts gebogenen Köpfchen versehen. Die sehr dünne Biegungsstelle ist durch Verkieselung, Verkalkung etc. ungemein brüchig. Bei Berührung bricht das Köpfchen ab und es entsteht an der sehr feinen Spitze eine seitliche schräge Oeffnung, durch welche sich der Giftinhalt des in die Haut eindringenden Haares ergiesst, ganz ähnlich wie aus dem Giftzahn der Schlangen. Die untere kolbige Anschwellung der Brennhaare ist biegsam und fördert bei einem Druck von aussen das Ausfliessen des Saftes in die Wunde. Der Zellsaft selbst besteht wie der entsprechend wirkende Saft in der Giftdrüse der Bienen, Ameisen etc., in den Nesselorganen der Quallen, Hydroidpolypen etc. aus Ameisensäure, enthält aber daneben ein ungeformtes Enzym, welches die heftigen Entzündungen in der Nähe der Wunde verursacht.

Bei vielen Pflanzen finden sich an Stelle der Brennborsten brennende Säfte, welche erst dann zur Geltung kommen, wenn die Thiere ihr Zerstörungswerk beginnen. Sie sind aber oft durch Warnfarben signalisirt. So bei den rothen Beeren des Cayennepfeffers, den Papricaschoten, den pflaumenähnlichen Früchten der Brennpalme, *Caryota urens*, den Samen des äthiopischen Pfefferbaumes, *Habzelia aethiopica* etc. Durch den Brennsaft erregen nach Huth lästiges Jucken der Haut die Früchte der Zuckerpalme,

Arenga saccharifera, der Brennpalme, die Samen von *Ptychosperma Rumphii*, *Carica digitata*. Bei *Antiaris toxicaria* rufen schon die Ausdünstungen des Milchsaftes rothlaufähnliche Geschwülste hervor. *Knowltonia rigida*, *K. vesicatoria*, *Clematis mauritiana* werden in Blasenpflastern verwendet. Auch *Daphne Mezereum*, *Ranunculus sceleratus*, *Ammania vesicatoria*, *Plumbago zeylanica*, *P. scandens*, *P. coccinea*, *Cnidium venosum*, *Scilla maritima* gehören hierher. Der fleischige birnförmige Fruchtsiel von *Anacardium occidentale* trägt eine nierenförmige, wohlschmeckende Nuss (Verbreitungsmittel). Diese ist aber von einer Schale mit einem ätzenden Oel umgeben (dasselbe wird z. B. zum Wegbeizen der Hühneraugen verwendet). Auch *Semicarpus Anacardium*, *Sinapis alba*, *Brassica nigra*, *Schinus molle*, *Cleoma gigantea*, *Moringa pterygosperma*, die verschiedenen Pfefferarten, *Excoecaria Agallocha*, *Hippomane Manilla*, *Lobelia urens*, *Rhus varielobata* etc. gehören nach Huttenb. hierher.

Schutzmittel der Blüten gegen unberufene Gäste.

§ 83. Kerner v. Marilaun, dessen Abhandlung, „die Schutzmittel der Blüten gegen unberufene Gäste, Wien 1876“, wir in der Hauptsache diesem Abschnitt zu Grunde legen, hat bereits darauf hingewiesen, dass die Blüten eines ganz besonderen Schutzes gegen unberufene Gäste bedürfen. Erleidet ein Laubblatt in Gestalt oder Grösse Einbusse durch Insectenfrass oder durch gallenerzeugende Thiere, so wird dadurch die Function desselben zwar beschränkt, aber nicht aufgehoben. Anders bei den Blüten, die die sehr complicirte Mechanismen darstellen, bei denen es von grösster Wichtigkeit ist, „dass Alles gut klappt, dass nicht ein einzelnes Glied des Apparates zu lang oder zu kurz wird, verkrüppelt oder ausfällt, oder durch nachtheilige Einflüsse der Witterung und der Eingriffe der Thiere in seinen Functionen beeinträchtigt wird. Hier kann die unscheinbarste Veränderung in Grösse und Zuschnitt eines Gliedes die Function des ganzen Apparates unmöglich machen. Die Erörterung der Bestäubungseinrichtungen der Blumen im letzten Abschnitt dieses Werkes wird dies im Einzelnen zeigen, hier mögen nur die Beispiele, welche Kerner anführt, kurz erörtert werden. Bei *Colchicum* und *Sternbergia* bleibt bei dem abendlichen Schliessen der Blüthe ein Theil des Blütenstaubes an den Perigonblättern haften; bei ausbleibendem Insectenbesuch erfolgt unfehlbar Seltsames.

bestäubung, indem am letzten Tage der Anthese bei dem letztmaligen Schliessen der Blüthe die Perigonblätter durch intercalares Wachsthum sich so verlängert haben, dass der Blütenstaub gerade auf die Narbe gebracht wird. Die geringste Verletzung des Perigons, welche diesem Wachsthum hinderlich wäre, würde diesen letzten Nothbehelf der Selbstbestäubung unmöglich machen. — Bei manchen Pedicularisarten, deren obere Kronblätter ein schnabelförmiges Röhrchen darstellen, gelangt am Ende der Anthese der Pollen in dieses Röhrchen und kollert dann in Folge einer zu dieser Zeit stattfindenden Winkelbewegung der Krone durch das Röhrchen nach abwärts bis zur Narbe, welche dicht vor der Mündung des Röhrchens steht. Es erfolgt dadurch gleichfalls Autogamie, aber der ganze Mechanismus wirkt nur dann erfolgreich, wenn die erwähnte Winkelbewegung der Krone eine bestimmte Grösse erreicht, was wieder nur dann unmöglich ist, wenn die Krone während ihrer Entwicklung und während der Anthese nicht verletzt und gestört wird. — Bei manchen Sileneen verlängern sich die Staubfäden ganz plötzlich am hereinbrechenden Abend, so dass die dehiscirenden Staubbeutel aus der Röhre hervorgehoben den durch den Nektar angelockten Abendschmetterlingen den Blütenstaub zum Transport nach benachbarten Blüten darbieten. Hier muss durch besondere Vorrichtungen der Nektar des Tags vor unberufenen Gästen geschützt und für den Abend aufbewahrt werden etc.

Gegen die grossen Weidethiere, wie gegen Schnecken finden sich wirksame Schutzvorkehrungen meist schon am Laub und den übrigen vegetativen Theilen der Pflanze, wie auch gegen die mit weichem Körper versehenen Raupen etc. hinreichende Schutzmittel bereits vor der Blüthe zur Ausbildung kommen; dagegen bedarf die Blüthe besonderer Schutzvorkehrungen gegen diejenigen aufkriechenden Thiere, welche, mit hartem Chitinpanzer bewaffnet, leicht über die dornigen und stacheligen Blätter hinwegkommen, wie für die kleineren und zur Bestäubung ungeeigneten geflügelten Gäste, welche die Blüthe zerfressen, den Pollen rauben oder den zur Anlockung bestäubungstüchtiger Insecten und Vögel bestimmten Nektar wegholen würden.

Diese Schutzmittel müssen auch noch aus einem anderen Grunde von ganz besonderer Art und mit Rücksicht auf die einzelnen Verhältnisse wie mit besonderem Scharfsinne ausgewählt sein, weil nämlich in der Blüthe ganz besondere Anlockungsmittel für die bestäubungsvermittelnden Thiergäste ausgebildet sind und

diese zum Theil auch eine Schaar unberufener Gäste aus den gleichen Thierabtheilungen herbeiziehen. Die Schutzmittel müssen daher so beschaffen sein, dass mit Bezug auf jede einzelne Blume die willkommenen Thiergäste, deren Besuch der Pflanze von Nöthen ist, von den unberufenen Arten geschieden werden. Der unendlichen Mannigfaltigkeit der betreffenden Thiergäste entspricht in der That auch die ausserordentlich grosse Mannigfaltigkeit der hier in Frage kommenden Schutzmittel. Trotz dieser Mannigfaltigkeit kehren jedoch gewisse Typen von Schutzwehren, Mechanismen und Vorrichtungen immer wieder und finden sich bei Pflanzen der verschiedensten systematischen Zugehörigkeit in gleicher Ausbildung.

1. Erzeugung von Stoffen in der Blüthe, die gegen die Angriffe gewisser Thiere schützen.

Die Blüten enthalten theils Alkaloide, theils Harze oder ätherische Oele, welche den willkommenen Gästen angenehm aber vielen Thieren zuwider sind. So sind die meisten Schmetterlingsraupen eben so wenig Blumenfreunde, wie die pflanzenfressenden Säugethiere. Kerner hat wiederholt beobachtet, wie die in den Waldgründen weidenden Rinder die wohlriechenden Blüten von *Pirola uniflora*, *Platanthera bifolia*, *Gymnadenia odoratissima*, *Convallaria majalis*, *Viola odorata* zwar beschnupperten aber nie abweideten, eben so wenig werden von ihnen auf der Weide die Blüten von *Colchicum*, *Parnassia*, *Euphrasia* im Herbst berührt. Frische Blumenblätter von *Lonicera*, *Centifolien*, *Malven*, *Lilien*, *Georginen*, *Nelken* wurden von den Rindern, denen sie mit der Nahrung angeboten wurden, unberührt liegen gelassen. So fand Kerner, dass Ziegen zwar die Blätter von *Cytisus alpinus*, nicht aber die Blüten frassen, und dass Gemsen wohl die Blätter von *Nigritella angustifolia*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Gaya simplex*, *Hedysarum obscurum*, *Trifolium alpinum*, *Ranunculus glacialis*, *Senecio Doronicum* theilweise abbissen, die Blüten aber alle stehen liessen. Gleiches gilt bezüglich der Rinder, Ziegen, Schafe und der Stauden von *Senecio cordatus*, *Schafgarben*, grossblüthigen *Campanulaceen*, *Scabiosen*, *Verbascum* etc., wo die ersteren nur die Laubblätter theilweise abfressen.

Solche Pflanzen bilden mit den bewehrten und giftigen Pflanzen die charakteristische Flora um die Sennhütten (*Aconitum*, *Rumex alpinus*, *Chenopodium bonus Henricus*, *Alchemilla vulgaris*,

Cirsium spinosissimum) wie um die Pusztenhöfe in Ungarn (*Xanthium spinosum*, *Eryngium campestre*, Disteln, *Datura*, *Hyoscyamus*, *Marrubium peregrinum*).

2. Behinderung des Zuganges der Blüten durch Isolirung derselben mittelst Wasser.

Bei einer Reihe von Pflanzen bilden die Blätter grundständige Becken, in denen sich das Regenwasser ansammelt und so den mittelständigen Blüthenschaft vor aufkriechenden Thieren schützt, so bei den Bromeliaceen (*Billbergia*, *Tillandsia*, *Aechmea* etc.), bei *Dipsacus*, *Silphium*. Auch *Gentiana lutea*, *G. punctata*, *G. pannonica* gehören hierher. Wie die aus einem Wasserring sich erhebenden Blüthenschäfte, so sind auch viele Blüten dadurch geschützt, dass sie nur am Morgen geöffnet sind, während der Thau die flügellosen Insecten (Ameisen etc.) abhält. Die Blüten der eigentlichen Wasserpflanzen, die über dem Wasserspiegel zur Entwicklung kommen, sind durch den Standort vor aufkriechenden Thieren geschützt, so die von *Alisma*, *Butomus*, *Sagittaria*, *Hottonia*, *Utricularia*, *Villarsia*, *Nuphar*, *Nymphaea*, *Hydrocharis*, *Stratiotes*. Ihnen fehlen daher auch anderweitige Schutzmittel gegen ankriechende Thiere, oder es kommen solche nur dann zur Entwicklung, wenn die schützende Wasserschicht eintrocknet oder sonstwie verschwindet. Letzteres ist z. B. bei dem Wasserknöterich *Polygonum amphibium* der Fall, dessen Blüthennektar offen dargeboten wird und jeglichen Schutzes entbehrt. Während hier die Wasserpflanzen lederige Schwimmblätter besitzen, aber — weil durch das Wasser geschützt — ganz kahle Blüthenschäfte, verliert die Pflanze im Landleben die Schwimmblätter, die Epidermis der Blätter und Stengel entwickelt dann aber klebrige Drüsenhaare, welche den Blütenstiel in eine Leimspindel umwandeln.

3. Behinderung des Zuganges der Blüten durch Klebstoffe.

Wie *Polygonum amphibium*, wenn es auf dem Lande wächst, klebrige Trichompotte erzeugt, so finden sich letztere regelmässig zum Schutz nektarführender Blüten bei vielen Landpflanzen. Am häufigsten sind es die unter den Blüten befindlichen Stengel- und Achsentheile, welche mit Klebdrüsen besetzt sind. Bei *Robinia viscosa* sind die die Blüthentrauben tragenden Zweige bis zur ersten Blüte mit dunkelbraunen Colleteren besetzt, die sie mit einer

starkklebenden Schicht überziehen. Nach der Blüthe trocknet dieser klebrige Ueberzug ein (in anderen Fällen functioniren die Colleteren gerade erst zur Fruchtzeit, indem das Klebmittel zur Fruchtverbreitung verwendet wird, so z. B. bei *Pisonia*, vgl. d. Abschn. Verbreitungsmittel). Bei *Epimedium alpinum* sind nur die Blütenstiele klebrig. Klebrige Blütenstiele, Leimspindeln unter dem Blütenstand etc. finden sich bei zahlreichen Pflanzen, z. B. bei vielen Caryophyllen, wie *Lychnis Viscaria*, der Pechnelke, *Silene muscipula*, *S. viscosa*, *S. viscosissima*, *Dianthus viscidus*, *Alsine viscosa*, *Holostium glutinosum*, ferner bei *Pulicaria viscosa*, *Euphrasia viscosa*, *Linum viscosum*, *Geranium silvaticum*, *Dictamnus*, *Aquilegia*, *Sedum*, *Cistus*, *Listera ovata*, *Aconitum paniculatum* etc. In dieser klebrigen Schutzwehr der Pflanzen findet man immer zahlreiche Thiere gefangen. In den einzelnen Leimspindeln der Pechnelke findet man oft 50 und mehr kleine Insecten. Kerner sammelte im Gschnitzthal in Tirol an *Silene nutans* allein über 60 Arten von Insecten (10 Arten von Ameisen, 15 kleine Hymenopteren, 6 Käfer, 1 Wanze, mehrere Aphiden, 1 Cicade, über 22 Dipteren).

Klebrige Blätter am Grunde, welche ebenso wie Wasserbecken das Aufkriechen ungebetener Insecten hindern, finden sich z. B. bei *Pinnula glutinosa*, *P. villosa*, *P. hirsuta*, *P. viscosa*, *P. tirolensis* (vgl. auch *Pinguicula* bei den fleischverdauenden Pflanzen). Klebrige Laubblätter, z. B. bei *Senecio viscosus*, besonders aber klebrige Hüllblätter, Vorblätter und Kelchblätter bilden gleichfalls oft die Schutzwehr für die Blütenstände. Drüsige, klebrige Kelche finden sich z. B. bei *Collomia grandiflora*, bei *Sedum dasyphyllum*, *Stellaria cerastoides*, *Cerastium*arten, *Erodium*-, *Geranium*-, *Hypericum*arten, Labiaten, Saxifrageen, z. B. *Saxifraga controversa*, *Linnaea borealis*, *Ribes Grossularia*, *Circaea* etc.

Bei *Cuphea micropetala* (Kerner l. c. Fig. 26—28) führen nur 2 seitliche Leitungskanäle zu dem durch den Fruchtknoten wie durch einen Pfropfen abgesperrten Nektar in einer Aussackung des röhrigen, gefärbten Kelches. Eine Versperrung dieser Kanäle durch Ameisen und andere kleinere Thiere würde der Pflanze zum Schaden gereichen, da hierdurch die einsichtigen Bestäubungsvermittler abgehalten würden. Es wird aber der Zugang zum Innenraum der Blüthe durch büschelförmig angeordnete Drüsengitter oder Leimspindeln, welche den Saum der Kelchröhre krönen, wie durch Reussen verschlossen, so dass kein flügelloses, von der Basis des Kelches herankriechendes Thier diesen Saum betreten kann, ohne

unrettbar verloren zu sein. Nur anfliegende Thiere, die sich während des Saugens schwebend erhalten, haben Zutritt. Es scheint aber gerade der Nektar der *Cuphea* für die Ameisen eine grosse Anziehungskraft zu besitzen, da Kerner an keiner anderen Pflanze so viele Opfer dieser sonst sehr vorsichtigen Thierchen fand.

Bei *Monotropa* wird der Zugang zu den nektarabsondernden Aussackungen der Corolle aufkriechenden und auch anfliegenden kleinen Insecten dadurch versperrt, dass die Aussenseite des die Röhre fest verschliessenden Griffelendes einen klebrigen Ring bildet, während die Innenseite des trichterigen Endes allein conceptionsfähig ist. Kräftigere Insecten von wenigstens 12 mm Länge werden durch diesen Klebstoff nicht beirrt, während Kerner kleinere Insecten wie Ameisen und auch ein Käferchen, *Epurea silacea*, angeheftet fand.

Schon Kerner hat bei seinen Versuchen mit Ameisen, Asseln, Schnecken etc. die Wahrnehmung gemacht, dass der Milchsaft in gewissen Fällen als ein Schutz der Blüthen gegen unberufene Gäste dient. Die Laubblätter und Internodien des Stengels der *Lactuca*- und *Asclepias*arten sind desto reicher an Milchsaft je näher sie den Blüthen stehen. Kerner hat beobachtet, dass Ameisen, so bald sie die obersten Laubblätter, Köpfchenstiele und Anthodialblättchen von *Lactuca angustana* und *Lactuca sativa* beschritten, von dem Milchsaft angeklebt wurden. Er meint, dass sie bei jeder Bewegung der Füsse mit den endständigen Krallen die Epidermis durchschnitten, und dass alsbald aus den gebildeten feinen Rissen der Epidermis Milch hervorquoll. Es hat jedoch später F. Delpino (Note ed osservazioni botaniche. Decuria prima Genova. 1889, S. 21—23) bei *Lactuca* (*L. virosa*, *L. sativa*, *L. saligna*) die interessante Beobachtung gemacht, dass ohne äussere Verletzung in Folge einer sehr hohen Reizbarkeit aus den betreffenden Pflanzentheilen bei leisester Berührung, z. B. mittelst eines Haares, sofort explosionsartige Milchtröpfchen herausgepresst werden. Auch das Mikroskop zeigt nachher nicht die geringste Verletzung der Epidermis. Auch Delpino hat das Verhalten der Ameisen am *Lactucablüthenstand* ähnlich wie Kerner festgestellt. Besondere Milchsaftthaare sind von Trécul, Piccioli, Kny bei *Lactuca scariola* und anderen Cichoraceen (*Sonchus*, *Mulgedium*, *Prenanthes*, *Picris*, *Lampsana*) nachgewiesen und untersucht worden (vgl. Sitzungsber. d. Ges. naturf. Freunde in Berlin, 18. Juli 1893; Bot. Centralbl. LVI. 52 S. 392).

Dass auch Wachsüberzug als Schutzmittel gegen aufkriechende Thiere dient, ist an anderer Stelle (Ameisenschutz, vgl. *Ricinus*, *Impatiens*) hervorgehoben worden; es vermögen z. B. Ameisen nicht zu den honigreichen Kätzchen von *Salix daphnoides* zu gelangen. Kerner beobachtete, dass sie auf den mit Wachs überzogenen, Kätzchen tragenden Zweigen wie auf spiegelglattem Eise „ausglitschen“.

4. Behinderung des Zuganges zu den Blüten durch Stacheln.

Während die abstehenden Dornen in erster Linie ein Schutzmittel gegen grössere Thiere sind, finden sich abwärts gerichtete Stacheln und Borsten auch als Schutzmittel gegen ankriechende Thiere in zunehmender Häufigkeit nach der Blütenregion hin, so z. B. bei *Galeopsis*-arten, *Centaurea* (Blüthenhüllblätter), *Carlina* etc.

5. Behinderung des Blütenzuganges durch haarförmige Bildungen.

Im Inneren der Blüte finden sich häufig haarförmige Gebilde, die zu gitterförmigen, reussenförmigen und ähnlichen Gruppen vereinigt, die doppelte Function haben, langrüsseligen Bestäubungsvermittlern den richtigen Weg zu zeigen (Saftmale etc.), andererseits aber ungebetenen Gästen den Eingang zu verwehren, während solchen Haargebilden an den vegetativen Theilen andere biologische Bedeutung zukommt.

Die haarförmigen Schutzgebilde der Blüte sind theils Trichome im engeren Sinn, theils Theile der zerfaserten Kronblätter (*Gentiana ciliata*, *Tellima grandiflora*), Epiblasteme der Blütenblätter. Gitter und Reussen finden sich z. B. in den Corollen von *Phlomis*, *Lamium*, *Leonurus*, *Stachys*, *Ballota* etc., vielen *Scrofulariaceen* (*Veronica* etc.), *Verbenaceen*, *Borragineen* etc. in wechselnder Lage und Anordnung. Bei den *Passifloren* ist die ganze Blumenkrone als ein- bis dreifache Reusse ausgebildet. Bei *Lilium chalcedonicum*, mehreren *Gentianeen* (*Sweertia perennis*) etc., bei denen der Nektar in grubenförmigen Aushöhlungen besonderer Epiblasteme der Corolle abgetrennt wird, werden diese Grübchen einem Käfig vergleichbar von Reussen überdeckt. Von den Staubgefässen aus gehen derartige den Nektar schützende Reussen und Gitter, z. B. bei *Haplophyllum patavinum*, *Physalis atriplicifolia*, *Vaccinium Oxycoccus*,

Cirsium spinosissimum etc., vom Gynäceum aus, z. B. bei *Monotropa Hypopitys*.

Trichomdickichte, unregelmässige Anhäufungen von weichen Trichomen, die Fliessen und Haarpfropfen ähnlich die röhrenförmigen oder trichterigen Zugänge zum Blüthengrund verstopfen, finden sich z. B. an der Innenwand der Corolle bei *Menyanthes trifoliata*, *Lycopus*, *Thymus*, *Calamintha*, *Paederota*, *Primula minima*, *Lonicera sempervirens*, *Arctostaphylos* etc., an der Basis der Filamente bei *Lycium barbarum*, *Atropa Belladonna*, *Polemonium coeruleum*, *Cobaea scandens*. Bei *Marrubium peregrinum* und *Daphne Blagayama* trägt der Fruchtknoten ein Dickicht von Trichomen. Sehr auffällig ist der Blüthenverschluss in der Blüthe des Oleanders, *Nerium Oleander*, *N. odorum*, *N. cupreum*, *N. grangeanum*, *N. Ricciardeanum* etc. (vgl. Ludwig, Zur Biologie der Apocyneen, Bot. Centralbl. VIII, 1881, Nr. 45). Hier tragen die Antheren auf der Rückseite ein Haardickicht, wie auch das Ovarium jedes einzelne Staubgefäss besitzt, jedoch am Ende einen langen fuchsschwanzähnlichen Fortsatz, und die Fortsätze der 5 Staubgefässe sind zu einem voluminösen ellipsoidischen Wollpfropfen zusammengedreht, der von Staubgefässen selbst durch einen dünnen Stiel getrennt — mit der geschlitzten Nebenkronen einen dichten Verschluss der Blüthe bildet, zwischen dem nur der lange Rüssel von *Sphinx Nerii* und anderen willkommenen Schmetterlingen zum Nectarium vordringen kann. Bei *Vinca minor*, sind die Scheitel der Staubgefässe ebenso wie der Griffelkopf mit Trichombüscheln besetzt, die gleichfalls zu einem wollartigen Pfropfen vereinigt sind, bei beiden Gattungen ist auch die Pollenkammer von der Narbenkammer zur Verhinderung der Selbstbestäubung durch Haarbüschel getrennt.

Anderen Apocyneen wie *Tabernaemontana coronaria*, *Apocynum androsaemifolium* etc. fehlen Wollpfropfen und Nebenkronen. Bei letzterer übernehmen die behaarten unteren Theile der Staubfäden den Nektarschutz. Die Staubgefässe liegen hier dem Narbenkopf durch Haarbüschel an, dass die allem empfängnisfähige Unterseite des Narbenkopfes von der darüber befindlichen Pollenkammer hermetisch abgesperrt erscheint. Unberufene Gäste finden hier ein anderes Hemmniss in der durch die holzigen Rückenplatten der Staubgefässe gebildeten Klemmfälle. Bei *Apocynum androsaemifolium*, der „Fliegenfalle“, kommen Insecten, die nicht die Kraft haben bis zur Pollenkammer vorzudringen, in dieser Staubgefässklemme um, so besonders häufig die Diptera: *Spilogaster carbonella*, *Scato-*

phaga merdaria, *Anthomyia pluvialis*, *Syrirta pipiens*, kleinere Hymenopteren und vereinzelt Schmetterlinge; während *Eristalis tenax*, *E. arbustorum*, *E. nigratarsis*, *Microdon apiformis*, *Platychirus peltatus* etc., sich durch die beschwerlichen Bestäubungsgeschäfte am Blumenbesuch nicht abschrecken lassen.

6. Behinderung des Zuganges zu den Blüthen durch Krümmung, Verbreiterung und Anhäufung einzelner Theile der Pflanze, insbesondere einzelner Blüthentheile.

Bei vielen Blüthen, denen die bisher erörterten Schutzmittel fehlen, werden ringsum abgeschlossene Höhlungen um den Nektar gebildet, die nur durch heftigen Anstoss und eine gewisse Kraft der bestäubungstüchtigen Insecten geöffnet werden können, so bei *Corydallis*, *Fumaria*, *Dicentra*, den maskirten Corollen von *Antirrhinum*, *Linaria* etc., ferner bei *Cynoglossum pictum*, *Aechmea coerulea*, *Soldanella alpina*, wo sich in der Blüthe höcker-, schuppen- und klappenartige Verschlussvorrichtungen finden. Durch Deckel verschliessbare Nektarräume finden sich in den Blumenblättern von *Nigella* etc. Oft bilden Theile des Androeceums den Verschluss, so bei *Cyclaminus*, vielen Solaneen, Borragineen, Ericaceen, *Phyteuma*, *Campanula*, *Epilobium* etc. Häufung der Staubbeutel bewirken den Verschluss bei vielen Cacteen, Mesembryanthemen, einigen Rosaceen und Amygdaleen (*Dryas*, *Potentilla*, *Geum*, *Persica*), *Ranunculus glacialis* etc. Am häufigsten schliesst das Ovarium den Nektar führenden Raum ab, so bei *Phyglius capensis*, *Sedum maximum* etc. oder die Narbe (*Cyclostigmaarten*).

In anderen Fällen wird zwar der Zugang zum Nektar nicht völlig abgeschlossen, aber in irgend einer Weise verengert. Hierher gehören z. B. die zahlreichen Fälle von Spornbildungen (*Viola*, *Platanthera*, *Tropaeolum* etc.), Höckerbildungen (*Galeopsis*, *Scutellaria*), Aussackungen (*Calceolaria*), Kanalbildungen (*Convolvulus*), Schlagbaumbildungen (*Chelone*, *Pentastomum*) etc. Hängende Blumen, nickende Stiele etc. können schliesslich die Ausbildung besonderer Schutzausrüstungen ersetzen. (Weitere Ausrüstungen sind gelegentlich bei den Ameisenpflanzen etc. erwähnt.)

Es verbietet uns hier der Raum, auf die zahlreichen Beziehungen der Pflanzengestalt zu den auf Pflanzennahrung angewiesenen Thieren noch näher einzugehen.

Schutzmittel der Pflanzen gegen Schnecken und andere omnivore niedere Thiere.

§ 84. Wie sich Pflanzen- und Thierwelt eines bestimmten pflanzengeographischen Bezirkes einander angepasst haben, dafür kann es kaum ein treffenderes Beispiel geben, als die Schutzmittel der Pflanzenwelt gegen die Schnecken und andere omnivore Thiere, deren Klarlegung wir den Experimentaluntersuchungen von Ernst Stahl verdanken. Stahl hat gezeigt, dass von allen Pflanzen auch die scheinbar wehrlosesten Schutzmittel gegen die Angriffe gewisser Thiere haben, vermöge deren unsere einheimischen Pflanzen den Ansprüchen der einheimischen Thierwelt derartig gewachsen sind, dass sie die von ihr erlittenen Verluste zu ersetzen vermögen. Es hat sich innerhalb einer Flora in Folge dessen ein gewisser Gleichgewichtszustand herausgebildet, und bildet sich derselbe weiter fort, indem alle neuen Eindringlinge aus der Pflanzenwelt, die nicht aus ihrer Heimath Schutzmittel mitbringen, zu Grunde gehen und zu Grunde gegangen sind. Unsere wild wachsenden Pflanzen würden beispielsweise in den afrikanischen Steppen der Thierwelt erliegen, wie umgekehrt dies Eindringen oder die Einschleppung einer gemeingefährlichen Thierspecies in eine Gegend, in der sie bis dahin fehlte, einen vernichtenden Einfluss auf die Pflanzenwelt ausübt, wie es z. B. die Ziegen auf St. Helena, die Kaninchen auf anderen Inseln gethan haben. So hätten sich die *Euphorbia balsamifera* mit ihrem Milchsafte, die saftigen Rosetten von *Echium* etc. von den kanarischen Inseln auf dem benachbarten, an Thieren reichen afrikanischen Continent nicht entfalten können, auch wenn sie dort die geeigneten klimatischen Bedingungen gefunden hätten.

Die meisten der Schutzmittel gegen die Thierwelt gewähren jedoch keinen absoluten, sondern nur einen relativen Schutz (Erhaltung der Art), und es dürfte kaum eine Pflanze geben, welche der Thierwelt nicht ihren Tribut zu zahlen hätte. Ja gerade die am meisten geschützten Pflanzen (Giftpflanzen etc.) haben oft Feinde, die sich zum Theil gerade den gegen andere Thiere erworbenen Schutzmitteln angepasst und in ihnen ihre Lebensbedingung gefunden haben. Errera nennt der-

artige Anpassung Contreadaption, Stahl bezeichnet die betreffenden Thiere als Specialisten. Specialisten, welche also gegen die Schutzmittel, gegen omnivore Thiere immun sind, sind stets auf eine geringe Anzahl von Pflanzen angewiesen, und führen selten die Vernichtung der Pflanze herbei (z. B. Contreadaption des Wolfsmilchschwärmers an die giftige Milch von Euphorbia, der Weinvogelraupe an Rhabdidenpflanzen, der halophilen Käfer *Cleonus punctiventris*, *Dichirotrichus pubescens*, *Amara convexiuscula* an *Salicornia* etc.). Eine Vernichtung der Nährpflanze würde gleichzeitig die der Thierspecies zur Folge haben (Selbstregulierung). Das Auftreten der Specialisten ist ein sporadisches, die Zeit ihres Verheerungswerkes eine kurze und meist so frühe im Jahr, dass ein theilweise neuer Ersatz möglich ist.

Von den omnivoren niederen Thieren haben nach Stahl die Schnecken bei der Ausgestaltung der heutigen Pflanzenwelt einen wichtigen Factor gebildet. Vor allen haben sich unter ihrer Wirkung mechanische und chemische Schutzmittel ausgebildet (die den meisten Insecten keinen Einhalt thun, nur den wenigen in grosser Zahl auftretenden omnivoren Arten, wie den Heuschrecken, die eine ähnliche Geschmacksrichtung etc. wie die Schnecken haben).

Wir gehen auf die Untersuchungen von E. Stahl im Folgenden etwas näher ein.

Dieselben wurden besonders mit folgenden Schneckenarten vorgenommen: *Arion empiricorum*, *A. hortensis*, *A. subfuscus*, *Limax agrestis*, *Helix pomatia*, *H. hortensis*, *H. nemoralis*, *H. arbustorum*, *H. fructicum* — sie sind sämmtlich omnivor; ferner mit den (besonders von Pilzen, auch den giftigsten, *Amanita muscaria* und *A. phalloides*, lebenden) Specialisten: *Limax maximus*, *L. cereus*, *L. subfuscus*. Stahl fand die Schnecken, die er im Freien sammeln liess, bei Beginn seiner Versuche stets hungrig, und erklärt dies eben daraus, dass die Schnecken im Freien wegen der Schutzmittel der Pflanzen gegen sie wenig zusagende Nahrung vorfinden. In der Gefangenschaft frassen alle Schnecken mit Vorliebe frische, aber zuvor von den Schutzmitteln befreite Pflanzentheile, im Freien dagegen nähren sich *Helix hortensis*, *H. fructicum*, *H. arbustorum* hauptsächlich von abgestorbenen Pflanzentheilen, nur hie und da von einem frischen Blättchen. *Helix pomatia* verzehrt fast ausschliesslich lebende Pflanzentheile, wie z. B. *Achillea millefolium*, *Galium Aparine*, *Urtica dioica*,

Chaerophyllum temulum, und noch gefährlichere Pflanzenfeinde sind *Limax agrestis* und *Arion empiricorum*, die in der Gefangenschaft bei zusagender Nahrung eine ausserordentliche Gefrässigkeit zeigen, im Freien aber nur dürftig zusagende Nahrung finden.

Stahl stellte zuerst fest, dass viele Pflanzentheile, die selbst von den ausgehungerten Schnecken verschmäht oder nur ungern gefressen wurden, gierig verzehrt wurden, nachdem sie durch Alkohol ausgelaugt, eingetrocknet und darauf in Wasser wieder aufgequellt worden waren. Sie enthielten Säfte, welche den Schnecken zuwider waren. Wurden solche Pflanzen ausgequetscht, so konnte durch den Saft auch sonst beliebtes Futter ungeniessbar gemacht werden, und die blosser Berührung des (gegen Beträufelung mit Wasser unempfindlichen) Schneckenkörpers mit dem Saft, trieb die Schnecken in die Flucht. Im Gegensatz zu diesen chemisch geschützten Pflanzen werden die Theile anderer, wie der Borragineen, Gräser, Campanulaceen etc. im ausgelaugten Zustand ebensowenig wie im frischen gefressen, sie erwiesen sich mechanisch geschützt. Da der Lieblingsgeschmack der Schnecken der des Zuckers ist, sind alle zuckerreichen Pflanzen mit besonders energischen chemischen oder mechanischen Schutzmitteln ausgerüstet.

Nachdem durch die Methode der Auslaugung festgestellt worden, ob eine Pflanze chemisch geschützt war, fand Stahl die verschiedenen Stoffe, welche (zum Theil zunächst von der Pflanze zu anderem Zwecke gebildet) zu Schutzmitteln gegen Schneckenfrass von der Pflanze herangebildet worden sind. Es gehört zu ihnen in erster Reihe die Gerbsäure. Während Nagethiere und Wiederkäuer gegen geringe Mengen von Gerbsäure unempfindlich sind — Pflanzen mit hohem Gerbsäuregehalt werden auch von ihnen gemieden — schützen bereits sehr geringe Mengen wie sie sich in unseren Futterkräutern, den Papilionaceen etc. finden, gegen Schneckenfrass. Bei Bestreichen mit 1 % Tanninlösung wurde von ausgehungertem *Limax agrestis* selbst die Lieblingspeise der Mohrrüben nicht angerührt, Berührung damit verjagte die Thiere und $\frac{1}{4}$ % beunruhigte sie. Daher wurden *Trifolium*, *Medicago*, *Coronilla*, *Poterium*, *Fragaria* und andere Rosifloreen, *Saxifrageen*, *Crassulaceen* (*Sedum*, *Sempervivum*), die meisten Bäume und Sträucher, die Farne etc., frisch wenig oder gar nicht von den ausgehungerten Schnecken angegriffen. Auslaugen machte die Blätter dieser Pflanzen zum Theil geniessbar; gerne wurden sie aber erst gefressen, wenn sie durch Kalibromat von der Gerbsäure befreit

waren. Auch gerbstoffreiche Wasserpflanzen, wie *Potamogeton*, *Hippuris*, *Hydrocharis*, *Trapa* sind gegen Wasserschnecken geschützt. Zuweilen ist die Gerbsäure zum Schutz gegen Schnecken in den äusseren Zellen oder in besonderen Schutzhaaren aufgespeichert. Sauere Säfte und Kaliumbioxalat wirken gleichfalls als Schutzmittel gegen Schnecken. Arten von Ampfer, Sauerklee, *Begonia* werden nicht gefressen; 1 %ige Lösung von Kaliumbioxalat treibt die Schnecken eilig zur Flucht, und Mohrrübenscheiben die mit verschiedenen Lösungen bestrichen werden, von den ausgehungerten Schnecken schliesslich in der umgekehrten Reihenfolge des Salzgehaltes verzehrt. — Bei den Onagraceen (*Oenothera*, *Gaura*, *Epilobium hirsutum*, *Circaea* etc.) und bei Papilionaceen (*Cicer arietinum*) geht die Säureausscheidung von einzelligen, cylindrischen Haaren aus, die am Ende grosse Tropfen der Säure tragen, und immer von Neuem ausscheiden, wenn sie durch Wasser abgespült werden. Ihr Vorhandensein lässt sich durch Abdrücken auf blaues Lackmuspapier, wie auch durch Belecken der Stengel erkennen. Die Versuchsschnecken Stahl's zogen von diesen Tröpfchen die Fühler rasch zurück und frassen nur Zweige, deren Tröpfchen durch Wasser abgespült waren. Es gehören weiter zu den chemischen Schutzmitteln gegen Schnecken ätherische Oele, wie die von *Ruta graveolens*, *Acorus Calamus*, die der Drüsenhaare von *Geranium Robertianum*, *Dictamnus Fraxinella*, *Mentha piperita* etc. Einen Strich mit dem drüsigen Stengel auf einer Glasplatte überkriechen die Schnecken nicht.

Pflanzen mit Bitterstoffen, wie *Gentiana lutea*, *Menyanthes trifoliata*, *Polygala amara* etc. wurden von ausgehungerten Schnecken erst gerne gefressen, wenn sie durch Alkohol ausgelaugt worden waren. Der Schneckenkörper ist gegen die Bitterstoffe (z. B. das Cnicin von *Carduus benedictus*) ausserordentlich empfindlich. Die meisten Lebermoose sind gegen Schnecken durch die sog. Oelkörper geschützt. Nur ausgelaugte Lebermoose wurden gefressen. *Blasia pusilla* und *Anthoceros laevis*, welche der Schutzkörper entbehren, beherbergen *Nostoc*colonieen, und da diese von den Schnecken gemieden werden, bilden sie vielleicht einen Ersatz für die Oelkörper.

Von mechanischen Schutzmitteln gegen Schneckenfrass hat Stahl durch seine Versuche solche nachgewiesen, die 1. das Ankriechen der Thiere erschweren, 2. den Angriff durch die Mundtheile erschweren oder verhindern, 3. den Schnecken nach dem

ersten Anfressen auf rein mechanischem Wege Schmerz in den weichen Fresswerkzeugen verursachen. Zu den ersten gehören die abwärts gerichteten Borstenhaare, die selbst bei den im Experiment am Boden liegenden Pflanzentheilen einen guten Schutz gewähren, im Freien aber ein Ankriechen völlig verhindern, so bei *Symphytum officinale*, *Salvinia natans* etc.

Bei den Brennesseln finden sich ausser den Brennhaaren (Schutz gegen Säugethiere) in grosser Zahl kurze, abwärts gerichtete Borstenhaare. Während hier zerriebene und zerquetschte Exemplare von Schnecken in wenigen Stunden verzehrt wurden, wurden intacte noch nicht einmal in 2—3 Tagen völlig aufgefressen, nur die grosse *Helix pomatia* wurde damit fertig. (Die Brennesseln etc. haben andere Spezialisten, z. B. Raupen des Tagpfauenauges etc.) So wurden *Pulmonaria officinalis*, *Symphytum* etc. im zerquetschten Zustand sehr bald verzehrt, im frischen schwer, von *Helix hortensis* gar nicht angegriffen. Immerhin hatten die glatten, chemisch geschützten Pflanzen weniger zu leiden als die mechanisch geschützten. So frassen ausgehungerte Exemplare von *Arion empiricorum* frische *Cirsium*, *Hieracium Pilosella*, *H. silvaticum*, weniger *Myosotis*, *Jasione*, *Chaerophyllum*, die drüsigen *Senecio*-arten etc. Ganz verschont blieben die scheinbar wehrlosen Arten von *Veronica*, *Crepis*, *Rumex*, *Valeriana*, *Trientalis*. *Helix arbutorum* var. *alpestris* verschonte die glatten *Silene acaulis*, *gypsophila*, *repens*, *Gentiana campestris*, *Gnaphalium*, während sie die borstigen schliesslich frass. *Limax agrestis* verschonte mit Ausnahme von *Anthyllis Vulneraria*, *Senecio doronicoides*, *Cardamine alpina* die glatten Pflanzen des gleichen Standortes: *Taraxacum officinale*, *Senecio carniolica*, *Chrysanthemum alpinum*, *Gnaphalium*, *Gentiana bavarica*, *G. campestris*, *Silene acaulis*, *Ranunculus glacialis*, *Chamaeorchis alpina*. Pflanzentheile, die den Schnecken wegen der glatten Oberfläche und weichen Beschaffenheit zugänglich sind, widerstehen diesen Thieren durch die Beschaffenheit ihrer Säfte; umgekehrt sind die Pflanzen, deren Geschmack den Schnecken zusagt, ihnen durch mechanische Schutzmittel unzugänglich gemacht.

Die Wirksamkeit der Borstenhaare kann eine verschiedene sein; bald sind starre, leicht in die Haut eindringende Spitzen vorhanden, wie bei den Borragineen, bald ist die Oberfläche feilenartig höckerig. Solche „Feilenhaare“ finden sich innerlich bei *Nymphaea* und *Nuphar*, äusserlich bei Borragineen, Compositen,

Dipsaceen, Campanulaceen, Umbelliferen, Cruciferen, *Deutzia scabra* etc., mit oder ohne Verkieselung. Bei *Campanula persicifolia* etc. finden sich anstatt der Feilenhaare verkieselte Membranstücke inmitten der Epidermiszellen. *Campanula medium* mit Feilborsten wird von den Schnecken noch lieber als *C. persicifolia* gefressen.

Bei anderen Pflanzen bildet Verkalkung oder Verkieselung der Zellhäute einen wirksamen Schutz gegen Schneckenfrass. Kalk-einlagerungen bei Feilenborsten (die auch beim Ausglühen die Gestalt behalten) finden sich bei manchen Cruciferen, wie bei *Erysimum cheiranthoides*), ferner bei *Pastinaca sativa*, *Torilis Anthriscus*, *Chara* etc. Solche Pflanzen werden erst nach Behandlung durch Essigsäure, dagegen nicht nach Auslaugung durch Alkohol für Schnecken geniessbar. Bei den Gräsern findet sich eine stärkere Verkieselung der Zellhäute, z. B. bei *Phragmites* und *Nardus*, meist ist sie aber eine geringere und erstreckt sich hauptsächlich auf die von Güntz nachgewiesenen Zwergzellen, welche zwischen den verhältnissmässig schwach verkieselten langen Epidermiszellen liegen. Ohne sie wären viele scheinbar schutzlose Gräserarten den Schnecken längst zum Opfer gefallen, wie die Versuche Stahl's mit in Wassercultur kieselfrei erzeugten Exemplaren der Versuchspflanzen bewiesen.

Schleime erwiesen sich als Schutzmittel bei *Tilia ulmifolia*, *Althaea officinalis*, *Valerianella olitoria*, *Symphytumwurzeln* etc. Bei Cacteen vertreten sich Schleime (bei *Cereus giganteus*, *C. flagelliformis*, *Opuntia vulgaris*) und widerwärtig schmeckende Stoffe (bei *Echinocereus Williamsii*, *Mammillaria prolifera* etc.) als Schutzmittel. Gallertbildungen stellen bei *Batrachospermum*, *Rivularia*, *Nostoc*, *Collema* ein Schutzmittel gegen Schnecken dar. Die Zähne der *Radula* gleiten von der schlüpfrigen Oberfläche solcher Pflanzen ab, so dass die Schnecken nicht im Stande sind, daran zu fressen. Da, wo bei den Versuchen Stahl's schleimfreie oder schleimarmer Pflanzen und sonst mechanisch nicht geschützte Pflanzentheile auch nach Auslaugung mit Alkohol von den ausgehungerten Schnecken nicht angegriffen wurden, erwiesen sich dieselben geschützt durch Rhaphiden von Kalkoxalat. Die feinen Nadeln erzeugen schon auf der menschlichen Zunge einen localen brennenden Schmerz, z. B. bei *Arum maculatum*, *Calla palustris*. Von letzterer sagt *Tabernaemontanus*: „Am Anfang, wo man sie kaut, scheint sie ungeschmackt zu sein, aber bald darauf zwackt sie die Zungen, gleich als steche man sie mit den allerkleinsten Dörnern“. Kochen

beseitigt den brennenden Geschmack nicht. Das Filtrat des Saftes der Blätter von *Arum* hat einen süßlichen Geschmack, während der aus Rhaphiden bestehende Filterrest Brennen verursacht. Stahl kochte Arumblätter zum Theil mit Alkohol, zum Theil mit Essigsäure und zum Theil mit verdünnter Salzsäure (die die Kalkoxalatkrystalle auflöst) und trocknete die Blätter, nachdem die Säuren durch kochenden Alkohol entfernt waren, um sie dann in Wasser aufgequellte Schnecken vorzulegen. *Arion hortensis* und *Limax agrestis* verzehren rasch die von Rhaphiden befreiten Stücke, nur allmählich die bloß mit Essigsäure behandelten. Die im Alkohol allein ausgelaugten wurden kaum berührt, selbst wenn sie mit Zucker überzogen waren. Ein Anbeissen raphidenhaltiger Gewebe erzeugt den Schnecken Würgebewegung. Wie *Arum maculatum* verhalten sich: *Scilla maritima*, *Asparagus*, *Narcissus*, *Galanthus*, *Leucoium*, Orchideen, Onagraceen (z. B. *Fuchsia*, *Epilobium*, *Circaea*), Ampelideen etc.; nur *Galium*, *Typha*, *Tradescantia* wurden durch Schnecken beschädigt. Heuschrecken zeigen den Rhaphidenpflanzen gegenüber ein ähnliches Verhalten.

Während aber die Rhaphidenbündel ein ausgezeichnetes Schutzmittel gegen omnivore Thiere, wie Schnecken und Heuschrecken, bilden, ist der Rhaphidenapparat für gewisse Spezialisten eine nothwendige Ingredienz der Nahrung, so für die Raupen von *Sphinx elpenor* (Futterpflanzen: *Galium*, *Epilobium*, *Vitis*, *Impatiens*), *Sphinx Galii*, *Sphinx porcellus* und *Sphinx lineata* (auf *Galium*, *Vitis*, *Impatiens*), *Sphinx vespertilio* (*Epilobium*), *Sphinx celerio* (*Vitis*, *Impatiens*).

Die Rhaphiden wie auch andere Schutzmittel gegen Schnecken sind oft auf bestimmte Pflanzentheile beschränkt, während andere ungeschützt geblieben sind oder gar eine besondere Anziehung auf Schnecken ausüben. So fand ich bei *Fritillaria imperialis* die Blätter und oberen Stengeltheile nie von Schnecken zerfressen (wohl aber von Lilienhähnchen), dagegen frassen dieselben oft den Stengel dicht über der Wurzel völlig durch. Bei *Arum maculatum* finden sich öfter in grosser Zahl die Schnecken in der Blüthenscheide, um den Kolben abzufressen, während sie andere Theile der Pflanze nicht anrühren. Bei *Leucanthemum vulgare* bilden die Blüthenköpfe bei Regenwetter oft den Tummelplatz zahlreicher Exemplare von *Limax Mülleri*, die die weissen Randstrahlen abfressen, dafür aber die Bestäubung vollziehen helfen, die bei anhaltendem Regenwetter sonst unterbleiben dürfte.

Schutzlos den Schnecken preisgegeben fand Stahl nur Kulturpflanzen, die daher zum Theil nur unter dem Schutz des Menschen existenzfähig sind, wie z. B. der Salat, *Lactuca sativa* (die wilde *Lactuca Scariola* wurde nur ausgelaugt gefressen).

Schnecken und Pilze.

Die Schutzmittel gegen Schneckenfrass werden bei vielen Pflanzen illusorisch, wenn die letzteren von Pilzkrankheiten befallen werden, und oft werden erst durch die Schnecken die Pilzkrankheiten für die Pflanzen verhängnissvoll. So traf ich ganze Hopfenhecken von Schnecken, *Helix fruticum*, derart zerstört, dass nur die Blattstiele und Blattnerven übrig geblieben waren, aber es stellte sich heraus, dass nur solche Hopfenpflanzen zerstört wurden, die am Mehlthau (durch *Sphaerotheca Castagnei*) erkrankt waren. An den Ufern unserer Gewässer sucht die Bernsteinschnecke, *Succinea putris*, alle Pflanzen heim, die von Rostpilzen, Peronosporéen, Erysipheen und anderen Pilzen befallen sind, und zerfrisst dieselben; so traf ich in Thüringen die mächtigen Petasitesblätter der Gebirgsbäche, die von *Coleosporium Tussilaginis* (Urheber eines Kiefernadelblasenrostes, *Peridermium Plowrightii*) befallen waren, durch die *Succinea putris* völlig skelettisirt. Alle von dieser Schnecke zerfressenen Pflanzen, die sonst durch Schnecken- schutzmittel gekennzeichnet sind, traf ich verpilzt, so *Symphytum officinale* durch *Erysiphe horridula*, *Cirsium oleraceum* durch *Puccinia Hieracii* und *Bremia Lactucae*, *Chaerophyllum aureum* und *Angelica silvestris* durch *Puccinia Pimpinellae*. Andere Schnecken fressen oft nur die Pilzpolster sauber aus den Blättern heraus, wie bei *Tussilago Farfara* (die der Aecidiengeneration der *Puccinia Poarum*) und *Senecio Fuchsii* (*Puccinia Senecionis*). Die grösseren Pilze werden von den Schnecken gleichfalls häufig zerfressen, doch dürften hier die Schnecken bei der Sporenverbreitung einen wesentlichen Antheil haben.

Ameisenschutz, Myrmekophilie (funzione mirmecofila Delpino).

§ 85. Eine Reihe pflanzlicher Einrichtungen werden nur verständlich, wenn sie entstanden gedacht werden als Anpassungen an Ameisenbesiedelung; es sind dies in erster Linie die an den Vegetationsorganen befindlichen, oder doch ausserhalb des Schauapparates

der Blüte gelegenen extranuptialen (Delpino) oder asexuellen (Kny) Nektarien, dann besondere Futterkörperchen, die von Schimper nach Fritz Müller und Belt benannten Müller'schen und Belt'schen Körperchen (*fruttini formicarie*, food bodies), und bei dem höchsten Grad der Myrmekophilie besondere Wohnstätten, Domatien, die von der Pflanze für die Ameisen angelegt werden. In erster Linie dienen diese Ameisenbesiedelungen dazu, die Pflanze gegen die Schädigungen anderer Thiere, besonders gegen den Frass anderer Insecten und deren Larven zu schützen. Der Ameisenschutz gegen Raupenfrass und andere Insectenschädigung ist lange bekannt und praktisch nutzbar gemacht. So werden nach André von den Chinesen in der Provinz Canton die Orangenbäume, welche daselbst in ausgedehnter Masse kultivirt werden, mit den Nestern baumbewohnender Ameisen versehen, die die Bäume von Ungeziefer rein halten sollen, und die Bäume werden durch Bambusstäbe mit einander verbunden, damit den Schutzameisen ein möglichst grosses Areal zugänglich wird. Aehnlich schützt man in Italien im Gebiete von Mantua, nach Prof. Savoja, die Obstbäume. Wenn in dieser Gegend Eichen gefällt werden, so lässt man diejenigen Stümpfe stehen, an deren Fusse sich Ameisennester finden. Haben sich dann im folgenden Jahre die Ameisen in denselben eingemistet, so rodet man die Stöcke aus und bindet sie am Fusse junger Obstbäume fest, wodurch diese auf Jahre gegen Raupenfrass geschützt sind. Forel schildert in seinem Werke über die Ameisen der Schweiz, in welcher Weise die Ameisen bei uns alles Ungeziefer beseitigen, und den wichtigsten Schutz der Pflanzenwelt gegen dasselbe bilden. Er schätzt die Zahl der Insecten, welche in einem Tage von den Bewohnern eines einzigen Ameisennestes vertilgt werden, auf 100 000. „Nichts ist so amüsant, als einen Sack Ameisen (*Formica pratensis*) auf eine gemähte Wiese auszuschütten, und zu beobachten, wie dieselben die ganze Umgegend in Besitz nehmen. Alle Grillen müssen flüchten und ihre Löcher verlassen, die Heupferde, die Stirnzirpen und Erdflöhe fliehen hüpfend nach allen Seiten hin, die Spinnen, Staphylinen und Laufkäfer lassen ihre Beute im Stich, um nicht selbst überwältigt zu werden.“ Forel hat beobachtet, wie die verschiedensten Ameisenarten Engerlinge, Raupen, Regenwürmer, Zirpen tödteten. Auch unseren Forstleuten ist diese Thätigkeit der Ameisen schon lange bekannt. So hat Ratzeburg den Nutzen der Waldameisen hervorgehoben, die eine wirkliche „Waldpolizei“

bilden. „Ein Baum, an dessen Fuss ein Ameisenhaufen steht, wird gewiss von den auf- und abziehenden Ameisen aufs vollständigste gesäubert. Auch wenn sie fern von ihrem Neste eine Raupe oder sonst ein Insect finden, machen sie einen Angriff. Sind ihrer mehrere, so gelingt es ihnen, auch die stärkste Raupe zu überwältigen: einige greifen sie beim Kopfe, andere beim Körper an und zwacken sie mit ihren starken Kiefern so lange, bis sie matt wird und endlich erliegt.“ Beim Kahlfrass der Bäume tritt die schützende Macht der Ameisen auffällig hervor. Inmitten der kahlen Waldstellen trifft man dann oft Districte, in denen die Bäume unversehrt geblieben sind, weil in der Nähe sich Ameisenhaufen befanden. Nirgends tritt aber die Schutzwirkung der Ameisen so überwältigend zu Tage, wie in den Tropen. Die Beziehungen der Ameisen zu den Pflanzen der Tropen sind vereinzelt schon John Ray (Rajus 1686), N. J. Jacquin (1763), G. E. Rumph (1741) bekannt geworden, aber ihre Bedeutung als Schutzeinrichtung wurde nicht erkannt. Noch weniger war dies bei einheimischen Pflanzen der Fall.

Zwar fand schon der Altmeister der Pflanzenbiologie Konrad Christian Sprengel, dass die Ameisen, welche sich regelmässig an der Basis der Blätter der gemeinen Zaunwicke, *Vicia sepium*, finden, durch die daselbst befindlichen Nektarien angelockt werden, aber erst Delpino und von ihm unabhängig Belt stellten 1874 die Hypothese auf, dass diese Nektarien (wie auch andere Einrichtungen) den „Ameisenpflanzen“ dazu dienen, eine Schutzgarde von Ameisen zu halten. Dann war es das grosse Werk Delpino's, „Funzione mirmecofila nel regno vegetale“, Bologna 1886—1889, in welchem durch eine überwältigende Menge von Thatsachen die Anpassungen der Pflanzen an die Schutzwirkungen der Ameisen als eine weit verbreitete Einrichtung der Pflanzenwelt erwiesen wurden. Wem noch irgend ein Zweifel blieb, dass die Pflanzen sich wirklich in gleicher Weise wie die Blattläuse und Hunderte anderer Thiere unter den Schutz der Ameisen stellen, dem musste er schwinden, wenn er an der Hand Delpino's die Tausende von solchen Ameisenpflanzen in ihrer Verbreitung über den ganzen Erdball und in der Mannigfaltigkeit ihrer Anpassungen musterte.

Nach der grundlegenden Arbeit Delpino's vertheilen sich die myrmecophilen Pflanzen in folgender Weise unter die einzelnen Familien (mit ungefährender Angabe der Arten):

A. Arten mit extranuptialen Nektarien:

Ranunculaceen . . .	6	Species	in	2	Gatt.
Sarraceniaceen . . .	6	"	"	2	"
Capparideen . . .	15	"	"	1	"
Bixaceen	16	"	"	5	"
Malvaceen	32	"	"	3	"
Sterculiaceen . . .	6	"	"	3	"
Tiliaceen	15	"	"	2	"
Malpighiaceen . . .	72	"	"	14	"
Balsamineen . . .	9	"	"	2	"
Xanthoxyleen . . .	4	"	"	1	"
Simarubeen	3	"	"	2	"
Passifloraceen . . .	217	"	"	16	"
Cucurbitaceen . . .	64	"	"	13	"
Turneraceen	53	"	"	5	"
Smilaceen	30	"	"	7	"
Moringeen	3	"	"	1	"
Marcgraviaceen . . .	24	"	"	4	"
Cactaceen	3	"	"	2	"
Leguminosen:					
a) Papilionaceen . .	168	"	"	23	"
b) Cäsalpinieen . .	122	"	"	1	"
c) Mimoseen	663	"	"	19	"
Rosaceen:					
a) Roseen	2	"	"	1	"
b) Amygdaleen . . .	40	"	"	3	"
c) Chrysobalaneen .	38	"	"	4	"
Combretaceen	49	"	"	6	"
Vochysiaceen	25	"	"	11	"
Caprifoliaceen . . .	20	"	"	2	"
Rubiaceen	1	"	"	1	"
Compositen	2	"	"	2	"
Ebenaceen	60	"	"	2	"
Oleaceen	50	"	"	6	"
Bignoniaceen	342	"	"	25	"
Pedalineen	13	"	"	6	"
Convolvulaceen . . .	9	"	"	4	"
Verbenaceen	44	"	"	4	"
Scrofulariaceen . . .	5	"	"	1	"

Polygonaceen	6 Species	in 2 Gatt.
Euphorbiaceen	482	" " 2 "
Salicineen	21	" " 2 "
Orchideen	10	" " 5 "
Liliaceen	12	" " 1 "
Asparagineen	1	" " 1 "
Smilaceen	95	" " 5 "
Dioscoraceen	3	" " 1 "
Emodoraceen	1	" " 1 "
Irideen	4	" " 1 "
Musaceen	31	" " 3 "
Palmen	4	" " 1 "
Farne	1	" " 1 "
Rostpilze	2(?)	" " 1 "

B. Arten, welche den Ameisen Wohnung oder ständigen Aufenthaltsort gewähren:

1. *Plantae Beccarianae* (Arten der alten Welt, specie di sviluppo orientale).

Myristicaceen	1 Species	in 1 Gatt.
Euphorbiaceen	4	" " 2 "
Verbenaceen	1	" " 1 "
Palmen	4	" " 1 "
Rubiaceen	49	" " 4 "
Monimiaceen	2	" " 1 "

2. *Plantae Aubletianae* (Arten der neuen Welt, specie di sviluppo occidentale).

Melastomaceen	31 Species	in 5 Gatt.
Polygonaceen	12	" " 1 "
Artocarpeen	20	" " 1 "
Mimoseen	1	" " 1 "
Palmen	1	" " 1 "
Insgesamt 3030 Species in 292 Gattungen.		

Das Auftreten der Myrmekophilie verlegt Delpino nach dem geologischen Auftreten der Ameisen und der heutigen Ameisenpflanzen in die Kreidezeit und die folgenden Perioden. Wirkliche Ameisenorgane hat zuerst Massalongo aus dem Miocän vom Senegal abgebildet. Die Liste Delpino's (die nachträglich von ihm selbst, wie auch von anderen Forschern noch vermehrt worden ist)

ergibt folgende Vertheilung der Ameisenpflanzen auf die phytographischen Regionen. Es kommen auf die centro-amerikanische Region 563 myrmekophile Arten, die afro-indische Region von mehr als der doppelten Ausdehnung 310 Arten, die mascarenische Region (dieselbe ist relativ sehr reich daran) 53 Arten, Australien nur 61 Arten, auf die Missouri-region 42, die mongolische Region 31, die sibirico-europäische Region 35, die Mittelmeerregion 14, die kalifornische Region 10, die macaronesische Region 3, die oligonesische Region 0, die polynesische Region 16, auf Patagonien-Laplata 17, Chile 2 Arten.

Wie die Verbreitung der Ameisen es erwarten lässt, sind die Pflanzen mit extranuptialen Nektarien am häufigsten zwischen den Tropen und in ihrer Nähe. Während die mittel- und nordeuropäische Flora ebenso wie die der nördlichen Vereinigten Staaten daran sehr arm ist, begegneten Schimper z. B. in der brasilianischen Provinz Sta. Catharina wie bei Rio de Janeiro, Bahia und Pernambuco wild wachsende Pflanzen mit extranuptialen Nektarien bei jedem Schritt. Er schreibt: „So beobachtete ich in der Nähe von Blumenau während meines sehr kurzen Aufenthaltes daselbst gegen dreissig häufige Arten mit solchen Organen, die den verschiedensten Familien angehörten; es waren Mimosaceen (*Inga*, *Mimosa*), Caesalpiniaceen (*Cassia*), Papilionaceen (*Erythrina*), Passifloraceen (*Passiflora*), Verbenaceen (*Citharexylum*, *Aegiphila*, *Clerodendron fragrans*, letzteres naturalisirt), Euphorbiaceen (*Croton*, *Sapium*, *Alchornea* etc.), Convolvulaceen (*Convolvulus*, *Ipomoea*), Malpighiaceen (*Stigmaphyllon*, *Tetrapteris*, *Bunchosia*), Cucurbitaceen, Rutaceen (*Zanthoxylum*), Bignoniaceen, Tiliaceen (*Triumfetta*), Malvaceen (*Urena*, *Gossypium* cult.), Maregraviaceen, Orchideen. Die Zahl der bei Blumenau wachsenden Pflanzenarten mit extranuptialen Nektarien ist jedenfalls weit grösser.“ Nach dem Strande zu fanden sich z. B. noch *Laguncularia racemosa*, *Ipomoea pes caprae*, *Paritium tiliaceum* (Malvacee), Malpighiaceen.

Noch mehr Ameisenpflanzen traf Schimper innerhalb der Wendekreise, so bei Rio de Janeiro (*Cassia*arten, crotonartige Euphorbiaceen, Arten von *Passiflora*, *Aegiphila*, Mimoseen, Bignoniaceen etc.). Wie die brasilianische Flora, so ist auch die des nördlichen Südamerika, Westindiens, Mexikos etc., durch eine solche Häufigkeit der extranuptialen Nektarien charakterisirt.

Die Arten mit extranuptialen Nektarien gehören denn auch zum grössten Theil tropischen und subtropischen Pflanzenfamilien

an, und verschiedene Familien, die auch in kälteren Zonen zahlreich vertreten sind, besitzen in den tropischen und subtropischen Ländern nur oder fast nur Arten mit extranuptialen Nektarien, wie die Euphorbiaceen, Verbenaceen, Cucurbitaceen, Convolvulaceen, Malvaceen, Tiliaceen, Orchideen, Farne (vgl. aber *Pteridium aquilinum*). Familien, die innerhalb der Wendekreise fehlen, enthalten keine oder nur wenige einzelne Arten von Ameisenpflanzen, so die Cruciferen, Labiaten, Primulaceen, Umbelliferen; von Ranunculaceen ist nur *Paeonia*, von Scrofulariaceen *Melampyrum* (s. da) myrmecophil, wozu in Südeuropa noch die Euphorbiacee *Crozophora tinctoria* kommt.

In der mittel- und nordeuropäischen Flora sind nur Arten der Papilionaceen, Amygdaleen, Caprifoliaceen, Compositen, Scrofulariaceen, Polygonaceen, Salicineen und Farne mit extranuptialen Nektarien versehen. Sie stammen aber zum Theil aus wärmeren Ländern, und bei der grossen Ausdehnung des Verbreitungsareals der anderen, scheint es auch bei ihnen nicht unwahrscheinlich, dass ihre Ameisennektarien in wärmeren Zonen zuerst zur Ausbildung gelangt sind.

§ 86. Im Folgenden mögen zunächst einige Fälle von Ameisenpflanzen erörtert werden, die nur durch extranuptiale Nektarien die Schutzameisen an sich fesseln, sodann die Fälle zur Besprechung kommen, in denen seitens der Pflanze nicht nur Ameisennahrung, sondern auch Ameisenwohnstätten zur Ausbildung gelangt sind.

Ameisenschutz bei Farnkräutern.

Unter den Farnkräutern besitzt nach Bonnier und Göbel eine grosse Anzahl extranuptiale Nektarien, wie *Cyathea arborea*, *Hemithelia obtusa*, *H. horrida*, die Arten von *Angiopteris*, nach Göbel *Polypodium quercifolium*. Näher ist ihr Bau und ihre Bedeutung bei unserem Adlerfarn, *Pteridium aquilinum*, untersucht worden. Sie finden sich hier am Grund der Blatthauptnerven und secerniren, so lange die Wedel noch jung sind, reichlich Nektar (Saccharose und Glukose). Fritz Müller hat gefunden, dass durch sie in Brasilien kleine schwarze Schutzameisen der Gattung *Cremogaster* an das Farnkraut gefesselt werden, die dasselbe vor den Zerstörungen der Blattschneiderameisen (*Oecodoma*) bewahren. Jugendliche Wedel, die zufällig des Ameisenschutzes entbehren, werden völlig von *Oecodoma* zerstört.

An alte Wedel gehen die *Oecodoma*-arten nicht. Auch bei uns werden junge Wedel, wie ich selbst beobachtet, durch Schutzameisen besucht, und sind oft deutlich mit einem durch röthliche bis rothbraune aufwärts gerichtete Gliederhaare gebildeten Saftmal versehen, ähnlich wie *Impatiens Balsamina*. (Bei australischen Exemplaren von *Pteridium aquilinum* treten die Gliederhaare in abnormer Grösse und Häufigkeit auch an anderen Theilen des Farnkrautes auf.) Jugendliche Wedel traf ich bei uns nie von Raupen etc. angefressen, alte entbehren auch bei uns des Ameisenschutzes. Dies hat sich eine kleine Gruppe von Blattwespen im Laufe der Zeit zu Nutze gemacht. Ich traf bei Greiz an einer Stelle reichlichen Vorkommens von *Pteridium* die alten Wedel fast sämmtlich zerfressen, die Mehrzahl aber völlig skelettisirt, bei einzelnen sogar die Blattrippen bis auf die unteren weggefressen, und zwar waren gerade die zarteren Theile (Spitzen der Fiederchen) stehen gelassen — ein Beweis, dass es sich um eine Anpassung an die nicht durch Myrmekophilie geschützten Theile handelte. Der Urheber dieser ausgedehnten Zerstörungen war die Raupe der Blattwespe *Strongylogaster cingulatus*, die nachdem vor ihrer Verwandlung sich in die Kiefernborke einfrisst, um daselbst bis zum Frühjahr zu verweilen. Die Kiefernrinde sieht an den Frassstellen wie mit feinem Schrot durchlöchert aus. Nach Brischke gehen auch die Raupen anderer Wespen, wie *Selandria stramineipes*, *Strongylogaster Filicis* (die sich in der Gefangenschaft auch in Korkpfropfen einbohrt), *Tenthredo baldjata*, ferner Schmetterlingsraupen von *Eriopus Pteridis*, *Euplexia lucipara*, von Zweiflüglern (*Aricia albitarsis*, *Anthonigia hystrix* etc.) an die härteren Theile des Adlerfarns.

Bei *Polypodium sinuosum* und *P. patelliferum* halten sich die Ameisen in den durch Absterben eines sehr entwickelten Wassergewebes entstandenen Höhlungen auf.

Ameisenschutz bei Monokotyledonen.

Von Orchideen sind nach Delpino *Epidendron elongatum*, *Limodorum Tankervillae*, *Oncidium*- und *Notilia*-arten myrmekophil. Die Nektarsecretion geschieht hier an den Blättern oder Bracteen oder am Kelch und Grund des Blütenstieles. Verschiedene epiphytische Orchideen der Tropen beherbergen in gekammerten Knollen und in Scheinknollen regelmässig Ameisen; da diese Knollen aber

zunächst als Wasserspeicher dienen, können sie nicht als spezifische Anpassungen an Ameisen betrachtet werden. Es waren hier (z. B. bei *Schomburgkia tubicinis*, *Grammatophyllum speciosum*, die Huth aufführt) keine besonderen Anpassungen seitens der Pflanze nöthig, um die Symbiose aufrecht zu erhalten.

Von Liliaceen führt Delpino besonders *Lilium croceum*, *L. tigrinum*, von Asparagineen *Asparagus acutifolius*, von Smilacaceen etwa 95 Arten, von Dioscoraceen 3 Arten, von Emodoraceen *Wachendorfia thyrsiflora*, von Irideen *Iris xyphium*, *I. halophila*, *I. graminea*, von Musaceen ca. 25 Arten von *Heliconia*, 4 Arten von *Strelitzia*, 2 von *Ravenala*, von Palmen *Korthalsia debilis*, *K. luciniosa*, *K. ferox* als myrmecophil auf. Auch *K. wallichiaefolia* scheint extraflorale Nektarien zu besitzen.

Extranuptiale Nektarien der Salicineen zum Schutz des Laubes.

Unter den Salicineen besitzen die Pappeln zum Theil extranuptiale Nektarien an der Basis der Blätter. Die Zitterpappel z. B. wird durch die Wirkung der Nektarien fast stets von Ameisen besucht und geschützt gegen die vielen Raupen und vollkommenen Insecten (*Chrysomeliden* etc.), welche ungeschützte Bäume kahlfressen. Die Schutzwirkung hat hier sowohl Trelease wie auch Lundström constatirt. Als bei Christineburg in Schweden der Boden in einem Theil einer Espenallee umgegraben wurde, wodurch die daselbst wohnenden Ameisen gestört und vertrieben wurden, konnte Lundström (1884) wahrnehmen, wie die Blätter an allen Bäumen in diesem Theile der Allee schon frühzeitig von Insecten gänzlich zerstört wurden, während die Bäume in dem übrigen Theile der Allee beinahe unbeschädigt und von Ameisen bevölkert waren. Lundström hat bei *Populus tremula* zuerst auf eine Zwiegestalt der Blätter hingewiesen. Die nektarabsondernden Drüsen finden sich nämlich nur auf den 2—3 ersten Frühlingsblättern des Zweiges, an gewissen Sprossen, besonders an den Langtrieben, dann oft auch auf den 1—2 letzten Blättern. Die Stiele der nektarführenden Blätter sind kurz und beinahe rund, die der übrigen Blätter, denen am Grund die Nektarien mangeln, sind etwa doppelt so lang und zusammengedrückt. Sie allein werden durch den leisesten Luftzug in steter Bewegung gehalten. Es besteht hier also in Bezug auf die Laub-

blätter ein ähnlicher Gegensatz von Anemophilie und Entomophilie (vgl. den letzten Abschn.), wie dieser in der Blumenwelt so häufig auftritt. Eine Heterophyllie findet sich, worauf mich O. Dammer aufmerksam machte, auch bei anderen Pappeln, wo aber die Blätter mit nicht zusammengedrückten Stielen durch Wollfilz geschützt sind (vgl. den Abschnitt über fixe Lichtlage).

Die Myrmekophilie der Leguminosen.

Unter den Papilionaceen sind nach Delpino 27 Arten von *Vicia* (*Viciosae* Ahlefeld) myrmecophil, 64 Arten (*Ervosae* Ahlefeld) nicht, von 580 Phaseoleen sind 141 mit Ameisennektarien versehen, und in den Tropen finden sich nach Schimper vielfach nektarientragende Papilionaceen.

Unsere *Vicia sepium* und *V. sativa* tragen an der unteren Seite der Nebenblätter honigabsondernde Trichome. Nach Lundström zeigen diese etwas gehöhlten Stipulae in ihren verschiedenen Zellen eine gut durchgeführte Arbeitstheilung. Die keulenförmigen Haare sind honigabsondernd, die langen honigfesthaltend, die mit dunkelviolettem Zellsaft exponirend. Man findet die besonders nahe der Stammspitze reichlich functionirenden Nektarien mit grosser Regelmässigkeit von Ameisen besucht, die den Nektar gierig saugen. Gelegentlich finden sich bei uns freilich auch andere — für die Pflanze unschädliche — Gäste ein, wie Bienen, Wespen, Fliegen, Hummeln; Delpino beobachtete aber in Italien nur Ameisen (vgl. auch *Centaurea montana*, wo die Myrmekophilie in Italien gleichfalls stärker ausgeprägt ist). Bei uns sind auch *V. angustifolia*, *V. Faba* etc. durch Ameisen geschützt. Nach Lundström sollen bei den *Ervosae* (*Cracca* etc.) die Blattläuse, die der Pflanze hier keinen merklichen Schaden zufügen, die Nektarien ersetzen und gewissermassen „wandernde Nektarien“ darstellen.

Bei *Vicia Faba* etc. sind die Nektarien am spitzen Ende der Blattachse, in anderen Fällen durch Umgestaltung der Nebenblätter, der Axillarknospen, durch Bildung von Emergenzen längs der Blattstiele und Spindeln entstanden.

Bei den Cäsalpinieen haben 122 (von 170) Cassiaarten Nektarien, und zwar kommen vor: 1 Drüse an der Basis des Blattstiels bei 27 Arten, 1—2 am Blattstiel bei 8 Arten, Drüsen an den untersten Blattfiedern bei 46 Arten, an allen Blattfiedern bei 12 Arten. Der Gestalt nach unterscheidet Delpino 29 Arten von

Ameisennektarien, und es sind von den baumartigen Species 63 %, von den strauchartigen 76 %, den Halbsträuchern 86 %, den Stauden 60 % und den einjährigen Arten 84 % myrmekophil. Von den zwei Hauptverbreitungscentren der Gattung kommen auf das central-amerikanische 106 Species, wovon 72 %, auf das asiatisch-afrikanische 93 Species, wovon 66 % myrmekophil sind. Bei der Unterfamilie der Mimoseen kommen auf 1139 bekannte Arten etwa 663 myrmekophile.

Rosaceen mit extranuptialen Nektarien.

Die Banksiarose, *Rosa Banksiae*, welche anderer Schutzmittel (Stacheln, Drüsenhaare) baar ist, wie auch *Rosa bracteata*, besitzt an den Kerbzähnen der Blätter Nektarien, die reichen Honigsaft secerniren und durch eifrigen Ameisenbesuch (*Camponotus pubescens*) vor den Larven von *Xylotoma rosae* Schutz gewähren. Beccari legte ein Blatt von *Rosa hybrida*, das von der *Xylotoma* besetzt war, auf einen Banksiarosenstrauch und beobachtete, wie bald die Schutzameisen über die Eindringlinge herfielen und eine wie die andere mit dem Maule hinweg zertraten, und Delpino machte ähnliche Beobachtungen.

Die tropische Unterfamilie der Chrysobalaneen ist reich an extranuptialen Nektarien.

Von Amygdaleen (*Prunus*, *Amygdalus*) haben von 93 Arten 40 Ameisennektarien, so *Prunus avium*, *P. Mahaleb*, *P. Padus*, *P. Laurocerasus*, *P. domestica*, *Persica*, *Armeniaca*, *Amygdalus*.

Auch bei *Crataegus oxyacantha* finden sich Nektarien.

Caprifoliaceen mit Ameisenschutz.

Bei den Caprifoliaceen fehlen extranuptiale Nektarien den Lonicereen, sind dagegen den Sambuceen eigen. Sie sind hier verbreitet bei *Sambucus* (z. B. *S. nigra*, *S. racemosa*, *S. Ebulus*), während sie in der Gattung *Viburnum* allein bei dem Subgenus *Opulus* (nicht bei *Lentago* und *Soletinus*) vorkommen. Sie treten bei uns aber in sehr verschiedener Ausbildung auf, z. B. bei *Viburnum Opulus*, wo sie bald lebhaft roth gefärbt und durch besonderes Saftmal gekennzeichnet sind, bald unscheinbar und von geringer Secretion. Während ich die ersteren stets von Ameisen besiedelt (und die Blätter dann intact) fand, traf ich an manchen Standorten weder Nektarsecretion noch Ameisen, und es waren dann häufig

die Blätter durch Insectenlarven (*Galeruca Viburni*) völlig durchlöchert und bis auf die Blattnerven zerfressen. Eine Beobachtung von U. Dammer bei *Sambucus nigra* macht es wahrscheinlich, dass bei Ameisenbesuch eine verstärkte Nektarsecretion eintritt. Bei *Sambucus nigra* treten nach Dammer dreierlei morphologisch verschiedene Nektarien auf: metamorphosirte Stipulae, metamorphosirte Fiedern zweiter Ordnung, umgewandelte Blattzähne und vielleicht noch Stammexrescenzen. Auch unsere *Sambucus*-arten haben eine stete Ameisengarde.

Myrmekophile Ranunculaceen.

Unter den Ranunculaceen ist die Gattung *Paeonia* durch Nektarien geschützt (*Paeonia officinalis* etc., dagegen nicht *P. Moutan*), die am äusseren Rande der Sepala vor dem Oeffnen der Blüthe reichlich Honig secerniren und schliesslich ganz mit Zuckerkristallen bedeckt erscheinen. Delpino sah dieselben von früh bis abends durch Schutzameisen besucht. Näherte sich eine Wespe, so nahmen sie drohende Haltung an und bissen wüthend um sich. Die Wespen (*Polistes gallica*) verriethen grosse Furcht. Auch Schimper beobachtete, als er die Farbenliebhaberei der Ameisen durch Auslage farbiger mit Zucker bestrichener Papierstückchen constatirte, die Kämpfe der Ameisen gegen die Wespen. „Die Angst, welche die Wespen vor den kleinen sich aufrichtenden Thierchen zeigten, gewährte einen überaus komischen Anblick. Grosse Fliegen, welche ebenfalls zuweilen an der Zuckerspende theilnehmen wollten, zeigten vor den Ameisen noch grössere Angst als die Wespen, während eine Hornisse, die Versuchsstämme einige Mal besuchte, zwar meist ebenfalls angegriffen wurde, häufig aber Herrin der Situation blieb. Heftige Kämpfe, in welchen die Ameisen Sieger blieben, fanden auch zwischen diesen und Ohrwürmern statt, die ich (Schimper) in ein kleines Loch der Rinde mit Zuckerpaste gelegt hatte.“

Ameisennektarien der Malvaceen.

Die Gattung *Gossypium* ist mit Ausnahme weniger Arten durch Vermittlung der Nektarien auf Blättern und Brakteen gut durch Ameisen geschützt, so *Gossypium herbaceum*, *G. micranthum*, *G. arboreum*, *G. vitifolium*, *G. hirsutum*, *G. religiosum*, *G. latifolium*, *G. barbadense*, *G. peruvianum*. Trelease beobachtete bei

G. microcarpum reichlichen Ameisenbesuch (und ausnahmsweise auch Bienen und Wespen). Sehr reichliche Nektarsecretion haben auch Arten von *Hibiscus* und alle (nach Delpino 21, nach M. Gürke auf 6 zu reducirenden) Arten von *Urena*. *Urena lobata*, in Brasilien nie ohne *Crematogaster*, wurde auch in meinem Garten reichlich von Ameisen besucht. Während die Stammpflanzen meines Exemplares, dessen Samen ich von Fritz Müller erhielt, bei Blumenau sämtlich siebennergig waren und nur 1 Nektarium trugen, waren an dem von mir in Deutschland gezogenen Exemplar sämtliche Blätter neunnergig, mit nur einer Drüse versehen, das zur Erhaltung der Art in der Heimath erworbene Schutzmittel war also in gesteigertem Masse zur Ausbildung gelangt (nach M. Gürke, dem neueren Bearbeiter der Gattung *Urena*, ist jedoch die Zahl der Nerven und Drüsen überhaupt variabel). Gürke unterscheidet nur *Urena lobata*, *U. sinuata*, *U. rigida*, *U. repanda*, *U. Hookeri*, *U. Armitiana* mit vielen Varietäten.

Verbenaceen.

Die Familie zeigt alle Grade der Myrmekophilie, selbst innerhalb derselben Gattung; so sind *Clerodendron fragrans*, *Cl. Bungei* und andere ausgeprägte Ameisenpflanzen, während *Cl. siphonanthus* kaum noch Ameisen anlockt. *Verbena* und *Vitex* etc. haben keine extranuptialen Nektarien. Von *Clerodendron* sind nach Delpino 33 %, von *Citharoxylum* 66 % der Arten, von *Duranta* und *Calli-carpa* je 3 Arten myrmekophil. — Von

Polygoneen

haben *Polygonum cuspidatum*, *Mühlenbergia adpressa*, *M. sagittifolia*, *M. platyclada*, vielleicht auch *Polygonum convolvulus* und *P. dumetorum* extranuptiale Nektarien. Von *Triplaris* bieten gegen 20 Arten den Ameisen Wohnstätten.

Die myrmekophilen Convolvulaceen

bilden gegen 30 % der gesammten Arten der Familie. So hat zuerst Poulsen auf die Nektarsecretion durch extraflorale Nektarien bei *Batatas edulis*, *B. glaberrima*, *Ipomoea muricata* hingewiesen, und Delpino beschreibt die Nektarien von *Pharbitis*, *Calonyction*, *Quamoclit vulgaris* und *Ipomoea*.

Von Rubiaceen

führt Beccari 50 Arten (4 Gattungen) auf, von denen nur 3 nicht myrmekophil sind, die anderen durch Ameisen auf das Nachhaltigste geschützt werden, so *Hydnophytum amboinense* durch die Ameisenarten *Iridomyrmex cordata* und *Crematogaster deformatus*, ferner *Myrmecodia*, *Myrmedonia*, *Myrmephyton* (Duroiaarten, theils mit Wohnstätten in Stengelorganen, theils in Blattblasen mit besonderem Eingang, ebenso *Sarcocephalus macrocephalus*, *Nauclea lanceolata*, *Remija physophora* [letztere mit Blattblasen], *Cuviera physinodes*, *C. Angilensis*, *C. longiflora*, *Canthium glabrifolium*).

Oleaceennektarien.

Bei den Oleaceen finden sich extraflorale Nektarien bei *Olea fragrans*, *O. excelsa* sowie bei *Syringa*, *Ligustrum*, *Forestiera ligustrina*, während sie den Gattungen *Forsythia*, *Fraxinus*, *Fontanesia*, *Chionanthus* fehlen. Bei *Syringa chinensis* fand Delpino die Blattunterseite mit zahlreichen Trichomen bedeckt, die einzeln in kleinen Grübchen stecken. Sie scheinen nicht zu secerniren. Dagegen bilden ähnliche Trichome an der Blattbasis und längs der Blattdecurrenz am Stiel Anhäufungen in verschieden gestalteten Grübchen, welche ihrer Nektarsecretion wegen als extranuptiale Nektarien zu gelten haben. Bei *Ligustrum coriaceum* (?) zeigt die eine Form nach Delpino noch eine Secretion in ähnlichen Grübchen mit Trichomen, bei einer anderen werden die Grübchen aber von Milben bewohnt; es hat nach Delpino (ähnlich wie bei *Tecoma australis*) eine Umwandlung in Milbenhäuschen stattgefunden. Die Arten *Ligustrum vulgare*, *L. sinense* und andere Arten von *Ligustrum* haben Blätter, die entweder mit einhaarigen Grübchen oder mit ähnlichen Aggregationen wie die vorige Art besetzt sind. Nektarsecretion ist aber in Italien nicht beobachtet worden.

Bei den

Bignoniaceen

hat Caspary die blassgrünen Nektarien der Blattunterseite von *Catalpa bignonioides* beschrieben. Delpino fand sie, wie die Nektarien an Laubblättern und Kelch von *Catalpa Kaempferi* reichlich von Ameisen besucht. Bei der letzteren Art zeigte bei einem Laubblatt die Oberseite 32, die Unterseite 36 Nektarien mit zu-

sammen 2000 honigabsondernden Drüsen. Delpino schildert ebenso den extranuptialen Nektarienapparat und seinen Besuch durch Ameisen, Ichneumoniden etc. bei *Tecoma radicans*, *T. grandiflora*, *Amphilophium paniculatum*, *A. molle*, *Bignonia grandiflora*, *B. capreolata*, *B. Tweediana*, *B. Unguis*, *B. acutissima*, *B. tetraquetra*, *Tecoma stans* (*T. sorbifolia* hat keine Nektarien), *T. capensis*, *T. jasminoides*, *T. diversifolia*, *Pithecoctenium buccinatorium*, *Adenocolymna* (19 Arten), *Spathodea* (8 Spec.), *Pachyptera foveolata*, *P. umbelliformis*, Arten von *Couralia*, *Delostoma*, *Diplanthera*. Im Ganzen sind gegen 66 % der *Bignoniaceen* myrmekophil.

Ameisenschutz in der Blütenregion der Compositen.

§ 87. Bei Compositen finden sich extranuptiale Nektarien bei *Centaurea montana*, *Helianthus tuberosus*, und von Wettstein hat solche an den Anthodialschuppen von *Jurinea mollis*, *Serratula lycopifolia*, *S. centauroides*, *Centaurea alpina* etc. beobachtet. Bei *Jurinea mollis* z. B. beginnt die Nektarabsonderung, sobald das Blütenköpfchen etwa ein Viertel seiner definitiven Grösse erreicht hat. Sobald die erste Blüte sich entfaltet, hört die Nektarsecretion und der Ameisenbesuch auf. Im Laufe des Tages beginnt die Absonderung unmittelbar nach Sonnenaufgang, nimmt dann bis gegen 8 Uhr Morgens zu, um dann allmählich bis zum Abend abzunehmen. Schon vor Sonnenaufgang trifft man die Ameisen regungslos auf den Knospen sitzen; sobald die Nektarabsonderung beginnt, sieht man sie eifrig auf den Hüllschuppen nach einer Austrittsstelle des Nektars suchen und sobald sie solche gefunden, den Nektar saugen. Unter 250 nicht aufgeblühten Köpfchen waren nur 4 % ohne Ameisen, die übrigen von 3—16, im Mittel von 4 Ameisen besetzt. Als häufigste Ameisenart traf von Wettstein auf *Jurinea Camponotus silvaticus* var. *Aethiops* bei Ofen und Wien, daneben bei Ofen vereinzelt *Aphoenogaster structor*. Dass den Ameisen die Aufgabe, die Blütenköpfe zu schützen, zufiel, bewies ein Experiment. Von 100 jungen Blütenköpfen eines Standortes wurden 50 von Ameisen gesäubert und ihr Stengel wurde zum Schutz gegen Ameisen mit Wolle umgeben, die in Kampherlösung und Oel getränkt war, die übrigen 50 blieben unverändert. Nach 4 Tagen wurden von den letzteren 47 wieder gefunden: 45 unversehrt und aufgeblüht, 2 waren (von Käfern) an den Anthodialschuppen angefressen worden, einer

war vom Winde geknickt, auf einem Kopf fand sich ein *Lygaeus equestris*, auf einem anderen ein *Odontotarsus grammicus*. Es hatten sich also 90 % der Blüthenköpfe normal entwickelt, 9 % waren von Insecten verletzt worden. Von den den Ameisen unzugänglichen Blüthenköpfen wurden 46 wiedergefunden. Auf zwei waren auf einem Umweg Ameisen gekommen, 27 Blüthenköpfe waren normal aufgeblüht, 17 waren mehr oder weniger durch Ameisen beschädigt worden. Es waren also nur 54 % Blüthenköpfe normal entwickelt, 34 % von schädigenden Insecten verletzt. Die Blüthenköpfe der ungeschützten Pflanzen wurden besonders von *Oxyrea funesta*, sodann *Anobium paniceum*, *Podanta nigrita*, *Carpocaris nigricornis*, *C. baccarum*, *Lygaeus equestris*, *Odontotarsus grammicus* zerfressen. *Jurinea mollis* gehört zu den wenigen Compositen, deren Anthodialschuppen weder stachelige noch trockenhäutige Anhängsel besitzen, noch klebrige Stoffe absondern. Erst während der Blüthe krümmen sich die Anthodialschuppen bei *Jurinea* zurück und bilden durch ihre spitzen Enden einen Blüthenschutz. Nektarsecretion und Ameisenbesuch hören dann auf. Bei *Serratula lycopifolia* Vill. findet gleichfalls ein regelmässiger Ameisenbesuch statt, der aber auch nach dem Aufblühen fort dauert und nöthig ist, da die Schuppen hier flach anliegend bleiben. Von Wettstein fand hier 4 Arten von Schutzameisen: *Formica exsecta*, *F. rufilabris*, *Lasius niger*, *Myrmica lobicornis*. Von den Köpfchen, zu denen den Ameisen der Zutritt verwehrt wurde, blieben hier nur 58 % intact, während bei ungehindertem Ameisenbesuch 84 % intact blieben. Die Hauptschädlinge waren besonders *Oxythyrea funesta*, welche ohne den Ameisenschutz die *Serratula* völlig vernichten würde. Wenn von Wettstein an Fäden befestigte Käfer den Blüthenköpfen näherte, richteten sich stets die Ameisen kampfbereit auf und streckten auch den lebenden Käfern die Kiefer drohend entgegen und vertheidigten so erfolgreich ihre Futterplätze. Den *Serratula*arten mit abstehenden Dornen, trockenen Anthodialschuppen und anderen Schutzvorrichtungen, wie *Serratula tinctoria*, *S. nudicaulis*, fehlt Nektarapparat und Ameisenschutz.

Je nach den äusseren Verhältnissen, den klimatischen Verhältnissen, die die Nektarabsonderung hemmen oder fördern, und nach dem Vorhandensein oder Fehlen von Ameisen haben sich bei manchen Gattungen in dem einen Gebiete Arten oder Formen mit extranuptialen Nektarien, in dem anderen nahe verwandte

(vicariirende) Arten mit trockenhäutigen, borstigen oder dornigen Anthodialanhängseln ausgebildet. So ist es bei *Centaurea montana* L., die in Italien myrmekophil ist (3—4 Tage vor dem Aufblühen bis 1 oder 2 Tage nach dem Abblühen Nektar abscheidet und von Delpino in Vallombroso selten ohne eine ständige Wache von Ameisen gefunden wurde). In Oesterreich und Ungarn entbehrt diese Art, ebenso wie die gleichfalls in anderer Weise geschützten Arten *Centaurea rupestris* und *C. Scabiosa*, der Nektarsecretion und des Ameisenbesuches.

Bei *Helianthus giganteus* werden bereits vor der Blütezeit im Juni, Juli an den oberen 5—6 Blättern des Stengels, später besonders an den obersten Blättern in der Blütenregion Ameisennektarien an der Unterseite nahe der Basis gebildet, die reichlich von Ameisen (*Camponotus pubescens*) besucht werden. Die eifrigsten Besucher sind ausserdem *Formica cinerea* etc. *Helianthus tuberosus* ist nur schwach, *Helianthus annuus* gar nicht myrmekophil.

Andere Fälle von Ameisenschutz in der Blütenregion.

§ 88. In ameisenarmen Gegenden werden die als Schutzmittel erworbenen extranuptialen Nektarien öfter functionslos und sie verkümmern in manchen Fällen (vgl. bei *Centaurea montana* in Oesterreich, vgl. auch *Pteridium* etc.). In anderen Fällen erfahren sie wohl auch Umwandlungen zu anderen Zwecken. So meint Kerner von Marilaun nach Beobachtungen an *Impatiens tricornis*, dass dieselben da, wo sie in der Blütenregion sich finden, ein AbSpeisungsmittel für die Ameisen, die sonst die Blütennektarien ausbeuten und der Bestäubung hinderlich sein würden, abgeben. Huth hat auf Grund dieser und ähnlicher Meinungen neben den myrmekophilen myrmekophobe Pflanzen unterscheiden zu sollen geglaubt, welche letztere extranuptiale Nektarien zum Schutz der Blüten gegen Ameisen entwickeln — wohl aber mit Unrecht. Es klingt von vornherein schon wenig wahrscheinlich, dass die Pflanze, um ihren Blütennektar vor den Honig „witternden“ Ameisen zu schützen, extraflorale Nektarien in so reicher Menge bilden sollte; durch sie würden die Ameisen doch wohl auf solche Pflanzen gelockt, deren Blütennektar gerade seiner spärlichen und eines Schutzes bedürftigen Menge halber wenig oder gar nicht aufgesucht worden wäre. Gerade bei *Impatiens tricornis*, *Imp. cristata* entwickeln sich die Nektarien aber gar nicht überall erst während der Blüte (wie

es Kerner beobachtet hat). In meinem Garten producirten dieselben vielmehr die reichste Nektarmenge und hatten den meisten Ameisenbesuch, so lange die Blüthen noch geschlossen waren, zu einer Zeit, wo Raupen die Blüthenstände der anderwärts geschützten in meinem Garten aber — wohl wegen der Concurrenz mit den genannten Impatiensarten — von Ameisen kaum besuchten *Impatiens glandulifera* oft zerfrassen.

Bei *Impatiens tricornis* findet sich aber zudem noch ein besonderes extranuptiales Saftmal, das den Ameisen den Weg zum Honig weist — und ein solches widerspricht völlig dem Gedanken, dass die Ameisen durch die Nektarien von den Blüthen ferngehalten werden sollten. Schimper hatte bereits durch Versuche festgestellt, dass die Ameisen kaum durch den Geruchssinn, vielmehr durch einen ausgeprägten Farbensinn zu den — häufig bunten — extranuptialen Nektarien geleitet werden. Ich habe sodann gezeigt, dass bei Ameisenpflanzen mehrfach die gleichen farbigen Saftmale zu den extranuptialen Nektarien führen, die in den Blumen die Bestäubungsvermittler zum Blüthennektar leiten. Wie in der Blume bald Strichelungen und Flecken der Epidermis, bald bunte Trichome das Saftmal bilden, so ist es auch mit den extrafloralen Ameisensaftmalen. Bei dem Schneeball, *Viburnum Opulus*, ist die Rothfärbung, welche bei jungen Trieben von *Cornus sanguinea*, *Acer campestre* etc. so häufig ist (Schutzmittel gegen Schneckenfrass?), häufig derart auf die Stengelkanten und nektarien-tragenden Blattstiele concentrirt, dass dieselben eine geeignete Verbindung der Nektarienpolster (die am intensivsten gefärbt sind) darstellen, der oft die Ameisen von Nektarium zu Nektarium folgen. Bei *Impatiens glandulifera* sind die oberen Stengel — bei manchen Exemplaren wiederum nur an den Kanten — blutroth gefärbt. Bei der Gartenbalsamine, *Impatiens Balsamina*, kennzeichnen gegliederte Trichome, deren Zellen — oft mit farblosen Zellen abwechselnd — den rothen Farbstoff enthalten, den Ameisen den Weg zu den zu Nektarien umgestalteten Blattzähnen. Sie liegen dem Stengel dicht an und ihre Spitze ist nach oben gerichtet, während bei den als Schutzmittel gegen stengelaufwärts kriechende Insecten fungirenden Haaren die Spitze meist nach unten gerichtet ist. Ihre Anordnung charakterisirt sie als Saffthaare, das Haarkleid als extranuptiales Saftmal. Bei *Impatiens cristata* und *tricornis* ist der Weg zu den dunkelrothen Nektarien durch eine schnurgerade (abgesehen

von der obersten Blütenregion) einseitige Reihe rother Punkte gekennzeichnet, welche, ähnlich den Nektarien selbst, als Blattserraturen (Ueberreste des herablaufenden Blattrandes) zu betrachten sind, zuweilen auch selbst noch Nektar secerniren. Bereits die junge Keimpflanze ist durch Ameisennektarien geschützt; diese ersten Nektarien sind nierenförmig, an der Basis der oberen Laubblätter finden sich dagegen zweierlei Drüsen, auf der einen Seite eine 3—4 mm breite nierenförmige Honigdrüse, auf der anderen Seite drei kleine rothe Höcker, welche spärlich Nektar secerniren und wie jene die Divergenz 2:5 haben. Die rothe Punktreihe verläuft nun immer von den Höckern zum nierenförmigen Nektarium. Die Blütenregion besitzt zweizeilige Saftmale und reichlichere Nektardrüsen, deren Augenfälligkeit noch wesentlich durch dunkelrothe Fleckung der Knospenkelche unterstützt wird. Bei *I. cristata* und *tricornis* ist zudem an den meisten Exemplaren der unterste Theil des Stengels, dem jene Punktreihen noch fehlen, intensiv roth gesprenkelt. Bei *Impatiens noli tangere* fehlen Ameisennektarien und Saftmale gänzlich. Hier ist der Ameisenschutz durch die Bereifung der Stengel ersetzt. Auch bei *Silene inflata* ersetzt der Wachüberzug die klebrigen Stengel, welche bei *Silene nutans* das Aufkriechen ungebetener Gäste hindern.

Bei *Impatiens tricornis* und Verwandten handelt es sich nach dem Vorstehenden entschieden besonders um Schutz der jungen Blüten und Blütenanlagen vor dem Aufblühen (und um Schutz der jüngeren vegetativen Organe durch Ameisen), nicht um Abwehr der Ameisen von den Blüten, wenigstens kann letzteres nur eine secundäre Function der extranuptialen Nektarien sein.

W. Burck hat im Botanischen Garten zu Buitenzorg gefunden, dass bei vielen Pflanzen die Besiedelung der Blütenregion durch Ameisen in Folge der Nektarien den Zweck hat, den Bienen und Hummeln das Anbohren der Kronröhre xenogamer Blumen im Niveau des Nektars zu verwehren. Hermann Müller u. A., für Amerika Ch. Robertson und Pammel, haben nachgewiesen, dass bei vielen Blumen die Hummeln (*Bombus mastrucatus* etc.) sich um das Bestäubungsgeschäft herumdrücken, indem sie den Blütennektar durch Einbruchsdiebstahl entnehmen und Burck hat gezeigt, dass hierdurch gewisse Blumenarten völlig in ihrer Existenz bedroht werden, die nicht Schutzameisen halten. Er traf z. B. bei *Tecoma stans* 90 %, bei *Bignonia Chamberlayna* 92 %, bei *Cerbera Odolullana* 70 % der gefallenen Kronen angebohrt. — Von zwei

von ihm beobachteten *Fragrosa*arten, *Fragrosa oxyphylla* und *F. litoralis*, besitzt die letztere Ameisennektarien, die erstere nicht; *F. oxyphylla* wird regelmässig von *Xylocopa* angebohrt, die auch bei den Blumen von *F. litoralis* den Versuch macht einzubrechen, aber sobald sie die Schutzameisen gewahr wird, in die Blüthen auf dem legalen Wege hineinkriecht. Bei *Gmelina Asiatica*, die den Ameisen nur Nektar am Kelch bietet, fand Burck 20—40 % der Blüthen perforirt, während bei *Gmelina bracteata*, die ausserdem unter den stark entwickelten Bracteen den Ameisen Wohnung darbietet, weniger als 3 % perforirt waren. Bei der *Melastomaceae Memecylon ramiflorum* trägt das Connectiv einen Sporn, dessen Oberseite ein reich secernirendes Nektarium besitzt. Die schwarzen Ameisen, welche sich stets in der Blüthe finden, berühren nie diesen Blüthennektar, sondern nähren sich von dem Nektar der extranuptialen Nektarien der Kelchröhre. Sie schützen die Krone gegen eine grössere Ameisenart, die die Krone abbeisst und die Blätter beträchtlich schädigt (die letzteren sind aber nicht gegen sie geschützt).

Gegen die Ansicht, dass extranuptialen Nektarien in der Blüthenregion die Aufgabe zufiele, die Ameisen von der Pflanze resp. von den floralen Nektarien derselben abzuhalten, spricht auch ihr Vorkommen in der Blüthenregion windblüthiger Pflanzen. So ist der Blüthenstand von *Ricinus communis* sehr reich an Nektarien. Delpino hat aber nachgewiesen, dass diese *Euphorbiaceae* windblüthig ist. Beobachtet man nämlich zur Zeit der Pollenreife die Antheren, so bemerkt man, dass dieselben nach und nach alle explodiren und kleine Staubwolken von Pollen ausschleudern, ähnlich wie dies bei *Urticaceae* (*Parietaria*, *Urtica*, *Morus*, *Pilea*) der Fall ist. Delpino konnte vier Stadien des Explosionsvorganges constatiren: 1. Oeffnen der Antherenklappen; 2. Bewegung, durch welche dieselben aus der convexen in die concave Form übergehen; 3. Bewegung, durch welche dieselben wieder die concave Form annehmen; 4. Rückbewegung in die alte Lage. Die Bewegungen 1 und 2 einerseits und 3 und 4 andererseits erfolgen gleichzeitig.

Sind also die extranuptialen Nektarien in den erörterten Fällen nicht als Einrichtung der „Myrmekophobie“ zu betrachten, so kommen doch andere Fälle vor, in denen der Ameisenschutz zurückgewiesen und die Ausbeute des Nektars wirksameren Schutzgenossen reservirt wird. Dies ist bei einer Form von *Ricinus communis* der Fall. Nach Delpino kommt nämlich bei dieser Pflanze neben der myrmekophilen Form noch eine durch Wachstüberzug

(Glaucedo) vor dem Besuch der Ameisen geschützte Varietät vor, bei welcher Wespen, Ichneumoniden und andere geflügelte Schutzinsecten durch die Nektarien angelockt werden und die Rolle der Ameisen spielen, die selbst vergeblich den Versuch machen, die Honigregion zu erklimmen. Auch in anderen Fällen, wo keine extrafloralen Nektarien vorhanden sind, wird der Raub des Blüthennektars durch Ameisen, durch Bereifung (z. B. bei *Fritillaria imperialis*, bei *Peucedanum venetum* etc.) oder durch eine besondere Saftdecke verhindert (z. B. bei *Symphytum bulbosum*, dessen Blüthen, sonst durch die Saftdecke vor Ameisen geschützt, nach Einbruchdiebstahl durch *Bombus terrestris* und *Xylocopa violacea*, von jenen ihres Honigs beraubt wurden).

Als Beispiel dafür, dass die Ameisennektarien andere Schutzmittel völlig ersetzen können, führt Delpino die zu den Cactaceen gehörige *Rhipsalis Cassyta* an, ein neues wunderbares Beispiel der Mannigfaltigkeit der Mittel, welche die Natur verwendet, um ihre Zwecke zu erreichen. In der That beraubt sich diese Art, welche als eine Entartung des *Cereus* zu betrachten ist, der Schutz Waffen, welche der prototypen Gattung eigen sind, aber nicht ohne gleichzeitig ein anderes starkes Vertheidigungsmittel auszubilden, indem sie sich mit Nektarien waffnet, durch welche kriegerische Schaaren von Schutzameisen angelockt werden. Es muss sich also in der neuen Existenzbedingung, der sich der Typus *Rhipsalis* angepasst hat, die Vertheidigung durch Ameisen als wirksamer erwiesen haben, als diejenige durch Stacheln.

Myrmekophile Gallen.

§ 89. Die Gallen (Cecidien) der Pflanzen besitzen eine Reihe von Schutzmitteln gegen Thierfrass, die sowohl das Gallenthier, als auch die durch die Cecidien auffälliger erscheinenden und mehr gefährdeten Wirthspflanzen schützen. Auch hier kann der Schutz durch Myrmekophilie bewirkt werden. 1882 hat Mc Cook auf eine merkwürdige Ameisenart Mexikos, *Myrmecocistus melliger*, aufmerksam gemacht, deren Arbeiter in lebendige Honigbehälter umgewandelt erscheinen, indem sie den in der Nacht eingetragenen Honig in dem zur Grösse einer Weinbeere anschwellenden Hinterleib aufbewahren und ihren Genossen zeitweise abgeben. Den Honig liefern die Gallen der *Cynips Quercus mellariae* (oder einer verwandten Art) auf *Quercus undulata*, die an zahlreichen Punkten

der Oberfläche Nektar absondern. Ausser *Myrmecocistus* giebt es in Mexiko und Australien noch zwei andere Arten von Ameisen mit Honig aufbewahrenden Weibchen (*Melophorus Bagoti* und *Camponotus inflatus*). Zucker abscheidende Gallen hat auch Riley auf *Carya porcina* gefunden (durch eine *Phylloxera* erzeugt) und H. F. Bassett fand viele Gallen, die von Ameisen besucht werden. Rathay hat beobachtet, dass auch die Galle von *Cynips calycis* auf unserer Stieleiche, *Quercus pedunculata*, durch ein klebriges Secret zahlreiche kleine Ameisen an sich fesselt, und eine ähnliche Beziehung hat H. Adler zwischen den Gallen von *Aphilotrix Sieboldi* unserer Eichen und den Ameisen nachgewiesen. Adler sagt: „Diese und andere Gallen sind in hohem Grade den Nachstellungen verschiedener Schmarotzer (*Torymus*- und *Synergus*-arten) ausgesetzt. Interessant ist es nun, zu beobachten, wie indirect der Galle eine Eigenschaft zum Nutzen gereicht. Die rothe, saftige Aussenschale sondert ein klebriges Secret ab, welches von Ameisen begierig aufgesogen wird. Um diesen Saft ungestört geniessen zu können, bauen sie aus Sand und Erde einen vollständigen Mantel um die Gallen und gewähren den Insassen auf diese Weise die beste Deckung gegen ihre Feinde. . . Wie Wächter beschützen sie die Gallen, jagen andere Insecten fort“ etc. Die gleichen Beobachtungen wurden auch von Prof. Dr. G. Mayer und Oberförster Fr. Wachtl gemacht.

Ausser der Myrmekophilie finden sich auch andere Schutzvorrichtungen bei den Gallen. So haben die Gallen von *Cynips lucida* keulenförmige Auswüchse, die an der Spitze reichlichen Klebstoff absondern, bei denen von *Cynips Medusae* ist die Annäherung feindlicher Insecten durch einen Wald verästelter Dornhaare verhindert, und demselben Zweck dient die zottige, haarige, stachelige und klebrige Oberfläche der Gallen. Pszlavsky fand an den Gallen der *Cynips glutinosa* häufiger Arten von *Hemiteles*, *Torymiden* und andere kleine Parasiten angeklebt. In den nackten und glatten gemeinen Gallen der Eiche finden sich weit mehr Schmarotzer als in den klebrigen der *Cynips glutinosa*, *C. calycis* etc. Es bedarf bei ihnen eines Schutzes nicht, da bei ihrer grossen Vermehrung der Fortbestand im Kampf mit den Schlupfwespen gesichert ist. — Der Tanningehalt und die dadurch bewirkte, lebhaft rothe Färbung (Schreckfarbe) bei vielen Gallen, z. B. den Gallen der *Cecidomyia Fagi* auf Buchenblättern, ist gleichfalls als Schutzmittel aufzufassen. Wie bei den *Rhapidenpflanzen* etc. (vgl. Schutzmittel gegen Schnecken, Einbruchsdieb-

stahl der Hummeln), so haben sich jedoch auch hier Specialisten eingefunden, welche trotz des Schutzes die Gallen aufsuchen und ihres feisten Inhaltes berauben. So traf ich am Jägerhaus bei Greiz am Waldboden eine grosse Menge aufgebissener Gallen der *Cecidomyia Fagi*, aus welchen Spechte die Maden herausgeholt hatten. Aehnliche Beobachtungen bezüglich der Waldvögel und Eichengallen machte Beyerinck.

Nektarsecretion bei Pilzen.

§ 90. Durch die Nektarsecretion der Spermogonien der Rostpilze werden, wie Rathay gezeigt hat, gleichfalls viele Insecten angelockt. Nach Delpino wären es auch hier besonders die Ameisen, die das Blatt der Wirthspflanze für die Aecidienbildung erhalten und schützen. Es ist jedoch fraglich, ob hier nicht eine Anpassung an die Sporenverbreitung ursprünglich vorgelegen hat, da einige der Aecidien selbst essbar sind, andere durch Wohlgeruch sich auszeichnen. Auch bei dem Mutterkornpilz findet an den von ihnen befallenen Grasähren eine Zuckerausscheidung statt, durch die jedoch die die Conidien verbreitenden Insecten, besonders der Käfer *Cantharis melanura* etc., angelockt werden. Der reiche Insectenbesuch in Folge der Nektarausscheidung (Honigthau) dient hier dem Pilz zur Verbreitung von Blüthe zu Blüthe.

Wohnstätten bildende Ameisenpflanzen.

§ 91. Ameisenpflanzen höherer Anpassung, die die Ameisen nicht bloss durch Darbietung von Nektar und Futterkörperchen an sich fesseln, sondern denselben eine vorübergehende oder ständige Wohnung einrichten, sind nach der älteren Eintheilung Delpino's die *Plantae Beccarianae* und *Plantae Aubletianae*. Den ersteren, deren Verbreitungsbezirk die Alte Welt ist, werden zugerechnet von

Myristicaceen: *Myristica myrmecophila* (nach Schumann *M. heterophylla*);

Euphorbiaceen: *Endospermum Moluccanum*, *E. formicarum* (von *Componotus angulatus* bewohnt), *Macoranga caladiifolia*, *M. Teijsmanni*;

Verbenaceen: *Clerodendron fistulosum* (Ameise: *Colobopsis Clerodendri*);

Palmae: *Korthalsia horrida*, *K. echinometra*, *K. Chev.*, *K. scaphi-*

gera (Ameisen: den Gattungen *Camponotus* und *Iridomyrmex* zugehörig);

Rubiaceen: *Myrmephyton* 1 Species, *Myrmedoma* 1 Sp., *Myrmecodia* 18 Sp., *Hydnophytum* 29 Sp.

Den *Plantae Aubletianae* (Ameisenpflanzen der Neuen Welt) rechnet *Delpino* zu:

Melastomaceen: *Tococa Guyanensis*, *Maieta Guyanensis*, *Calophysa* 6 Sp., *Microphysa* 2 Sp., *Myrmidona* 1 Sp.

Polygoneen: *Triplaris Americana*, *T. Bonplandiana*, *T. Filipensis*, *T. Guyaquilensis*, *T. Poeppigiana*, *T. Gardneriana*, *T. tomentosa*, *T. Nolitangere*, *T. Lindeniana*;

Artocarpeen: *Cecropia peltata*;

Leguminosen: *Acacia cornigera* (Ameisen: *Pseudomyrmex bicolor* und *Crematogaster*);

Palmae.

Von den neueren Untersuchungen über diese Domatien bildenden Pflanzen seien etwas ausführlicher die von *Schimper* und *Schumann* erörtert.

A. F. W. Schimper's Untersuchungen über die Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Ameisen im tropischen Amerika.

§ 92. Die Ameisen gehören im tropischen und subtropischen Amerika zum Theil zu den grössten Feinden, zum Theil zu den nützlichsten Freunden der Pflanzenwelt, und beide haben vermöge ihres massenhaften Vorkommens der dortigen Vegetation ihren Stempel aufgedrückt. Die Rolle, welche die tropischen Ameisen als Insectenvertilger spielen, ist eine unweit bedeutendere als bei den europäischen Ameisen. So berichtet *Bates* von den Raubzügen der *Eciton*arten (Wanderameisen). Am Amazonenstrom begegnet man auf jeder Excursion durch den Wald einem oder mehreren Zügen von *Eciton hamata* oder *Eciton drepanophora*. Es gehen ihnen als Vorboten Schwärme kleiner unruhiger Vögel voraus, bei deren Anblick der Indianer die Flucht ergreift, der unkundige Europäer wird bald danach von zahllosen Ameisen überfallen, die sich in seine Haut einbeissen. Die ganze Thierwelt wird bei ihrer Ankunft von Schrecken und Bestürzung befallen. Ameisen anderer Art, Raupen, Spinnen, selbst die Larven der Wespenester und andere Thiere von langsamer Bewegung fallen ihnen zum sicheren

Opfer; was übrig bleibt, wird von Vögeln aufgeschnappt. Andere Arten sind zwar nicht so kriegslustig wie die Ecitonarten, werden jedoch, wie z. B. viele kleine Cremogasterarten, durch ihren Giftstachel und scharfes Gebiss verhängnisvoll. Die wichtigste Rolle, welche diese Ameisen zu Gunsten der Pflanzenwelt spielen, ist die, ihre pflanzenzerstörenden Verwandten, die ohne sie gewisse Pflanzenarten völlig zu Grunde richten würden, von den Pflanzen fern zu halten. Diese gefährlichen Feinde der tropischen Vegetation sind die Blattschneiderameisen, die die Blätter bis auf die stärksten Rippen zerschneiden, um die Bruchstücke in ihren Bau zu bringen. Wie wir durch die schönen Untersuchungen von Alfred Möller wissen, werden im Bau auf dem in ungeheurer Menge eingetragenen Blattmaterial Pilze gezüchtet, von denen die Blattschneider leben — sie dienen zur Herstellung besonderer „Pilzgärten“. Besonders die cultivirten, der Alten Welt entstammenden Gewächse, wie Orangen, Granatbäume, Rosen, ferner auch Mango, Kaffee und die Mehrzahl der anderen eingeführten Gewächse, haben von ihnen derart zu leiden, dass die Landwirthschaft in Gegenden, wo die Blattschneider häufiger sind, wie in den Campos des inneren Brasiliens, gefährdet oder unmöglich gemacht wird. Die einheimische Pflanzenwelt ist jedoch mehr oder weniger im Kampfe um die Existenz zu Schutzmitteln gegen die Blattschneider gelangt, wie zur Erzeugung chemischer Schutzmittel (ätherische Oele etc.) und vor Allem zu Anpassungen an die Schutzameisen. Die Fälle einer Symbiose von den letzteren mit Pflanzen, sind sehr häufig. Zuweilen findet sich eine solche ohne besondere Anpassungen seitens der Pflanze, meist aber sind extranuptiale Nektarien zur Fesselung einer Ameisen-schutzgarde zur Ausbildung gekommen, oder die Pflanzen sorgen ausserdem auch noch für Ameisenwohnungen und dann haben die Anpassungen ihren höchsten Grad erreicht. So ist es bei den Cecropien (Imbauba), die zu den gemeinsten Baumarten des tropischen Amerikas gehören. Der senkrechte, glatte, von dreieckigen Narben gefleckte Stamm erhebt sich bei ihnen auf kurzen, stelzenartigen Luftwurzeln und trägt spärliche, bei *Cecropia adenopus* einfache Aeste, die an der Basis horizontal, in einer Entfernung von einigen Fuss steil nach oben wachsen; die Blätter sind handförmig, in der Jugend wie bei *Ficus*, von einer mächtigen, dunkelrothen Scheide umfasst, in auffällig geringer Zahl vorhanden. Fritz Müller und Schimper berichten, dass unter den Tausenden von Cecropien, die sie in den brasilianischen Urwäldern sahen, nur ganz ausnahmsweise un-

bewohnte Stämme sich finden. Stösst man einen Baum unsanft an, so kommt sofort eine Schaar empfindlich beissender Ameisen hervor, gegen deren Angriff man sich nur schwer erwehren kann. Der Stamm ist inwendig hohl, quergefächert und die plötzlich hervorbrechende Armee kommt aus kleinen, rundlichen Oeffnungen der oberen Internodien. Die Besiedelung junger Imbaubastämmchen geschieht in der Weise, dass ein befruchtetes Weibchen, die spätere Königin des Ameisenstaates, durch eine von ihr genagte Oeffnung in eine der obersten Kammern des Stammes eindringt. Die Oeffnung verwächst bald wieder; erst die Arbeiterameisen, die aus den Eiern der abgesperrten Königin hervorgehen, öffnen wieder die Verbindung mit der Aussenwelt. Die Eingangspforte, die stets an einer bestimmten Stelle nahe dem oberen Ende der Kammer sich befindet, bildet aus dem verletzten Gewebe eine lebhafte Wucherung — die einzige Nahrung, von der die junge Königin bis zum Heranwachsen der jungen Brut lebt. Wird sie durch eine Schlupfwespe getödtet, so bildet das nicht durch Frass im Zaume gehaltene Wuchergewebe einen ins Innere springenden platten oder blumenkohllähnlichen Wulst. Die Ameisen halten sich stets noch weisse Schildläuse in den Kammern. Schimper hat nachgewiesen, dass die Blattschneider eine ganz besondere Vorliebe für die Blätter der Imbauba haben, und dass die sie bewohnenden Ameisen (Azteca) sie in wirksamster Weise gegen jene schützen; grössere Raupen und Faulthiere werden dagegen durch die Ameisen nicht ferngehalten. Während nach Schimper die Höhlungen am Stamm keine besondere Anpassung an die Schutzameisen darstellen, sondern zunächst eine andere Bedeutung gehabt haben dürften, ist der Eingang zur Kammer, der sich am oberen Ende einer flachen Rinne befindet, welche vom Ansatz des nächsten unteren Blattes ausgeht, als eine solche Anpassung sicher zu betrachten. Da wo sich später diese durch die Ameisen geschaffene Oeffnung befindet, ist bei unversehrten Internodien eine zuerst von Fritz Müller beobachtete ovale Vertiefung vorhanden, welche einer stark verdünnten Stelle der Wand entspricht. Die flache Rinne ist auf den Druck der Axillarknospen zurück zu führen, das ovale Grübchen beginnt aber erst nachträglich sich zu verbreitern und zu vertiefen, und auch an der Innenseite bildet das inzwischen hohl werdende Internodium eine entsprechende Vertiefung, so dass zwischen beiden Vertiefungen nur eine dünne, den Eingangskanal durchschneidende Scheidewand, das „Diaphragma“, übrig bleibt.

Während sich bei der übrigen Wand von innen nach aussen sieben verschiedene Gewebzonen unterscheiden lassen, entbehrt das Diaphragma aller Gewebe, die das Durchbohren erschweren würden: Collenchym, Fasern, Gefässbündel, die harten Zellen der inneren Grenzzone, Parenchym und Schleimgänge sind seine einzigen Gewebsteile und das Cambium bleibt in ihm sehr dünn. Dass das Grübchen und diese Eigenschaften des Diaphragmas wirkliche Anpassungen an die Schutzameisen darstellen, beweist ein Vergleich der Ameisencecropien (*Cecropia adenopus*, *C. peltata*) mit einer ameisenfreien *Cecropia*, der Corcovado-*Cecropia* (auf dem Berge Corcovado bei Rio de Janeiro), bei der ein Wachsüberzug der glatten Rinde das Hinaufklettern der Blattschneiderameisen verhindert und den Ameisenschutz vertritt. Obwohl sonst der Bau dieser Art mit *C. adenopus* und *C. peltata* völlig übereinstimmt, fehlt bei ihr das Grübchen völlig; die der Axillarknospe entsprechende Vertiefung entwickelt sich nicht zu einem Grübchen, und auch der Gegensatz des Diaphragmagewebes zu dem des übrigen Stammes fehlt. Bei den Ameisenimbauba ist ferner die Unterseite der Blattstiele mit einem braunen sammetartigen Haarüberzug bedeckt, an dessen Oberfläche zahlreiche birn- oder eiförmige Körper liegen, die Insecteneiern gleichen und deren Inhalt ausserordentlich reich an Eiweissstoffen und fettem Oel ist. Diese von Fritz Müller entdeckten, von Schimper nach ihm als „Müller'sche Körperchen“ bezeichneten Gebilde, die nur lose durch die Haare festgehalten werden, bei Erschütterung leicht abfallen, werden eifrig von den Ameisen gesammelt, ins Nest getragen und verzehrt, sie werden von ein und demselben Kissen fortgesetzt gebildet, so dass die Ameisen täglich die gewünschte Beute finden. Sie müssen dabei fortwährend Aeste und Blattstiele durchstreifen, so dass die Blattschneider kaum je zu den Blättern gelangen. Wie die Bohrstellen, so fehlen auch die Müller'schen Körperchen der ameisenfreien *Cercovado-Cecropia* völlig.

In ähnlicher Weise wie die Imbaubabäume bietet der von Beccari auf Borneo entdeckte Halbstrauch *Clerodendron fistulosum* den Schutzameisen (*Colobopsis Clerodendri*) besonderen Zugang zu den Wohnstätten. Der etwa 1 m hohe unverzweigte Halbstrauch mit zarten grossen, gegenständigen Blättern, besitzt hohle, angeschwollene, durch dünnere, solide Knoten unterbrochene Internodien, die diese Ameisenwohnungen bilden. Den Zugang zeigen zwei

(von Beccari entdeckte) scharf umschriebene, durch geringen Glanz ausgezeichnete Stellen, die sich am oberen Ende der Internodien dicht unterhalb der Blätter auf kurzen, hornartigen Fortsätzen finden. Das Gewebe besteht hier nur aus dünnwandigem Parenchym, während beiderseits und unterhalb dieser Stellen, die stets von den Ameisen durchbohrt werden oder wahrscheinlich sich von selbst öffnen, Gefässbündel mit dickwandigen Elementen verlaufen. Die Wand des Holzcylinders ist auch viel dünner an diesen Eingangspforten. Die Blätter tragen längs der Mittelrippen zahlreiche Nektarien.

Wie sich hier an einer Pflanze aus ganz anderer Familie (Verbenaceen) die gleichen Anpassungen bezüglich des Eingangs zu den Wohnstätten finden, so finden sich die Futterkörperchen der Cecropien z. B. wieder bei der Leguminosengattung *Acacia*, bei *Thunbergia alata* etc. Die hohlen Stacheln von tropischen Akazien, z. B. der von Belt näher untersuchten *Acacia sphaerocephala*, *A. spadicigera*, werden fast stets von Ameisen bewohnt, und Belt hat für die Ochsenhornakazie (*A. cornigera*) bereits nachgewiesen, dass von Schutzameisen frei bleibende Exemplare regelmässig von den Attaarten entlaubt werden. Die Lage der Oeffnung wird hier nur durch die häuslichen Einrichtungen der Ameisen bestimmt, besondere Anpassungen seitens der Pflanze sind nicht aufgefunden worden; wohl aber ist dies bezüglich der Ameisennahrung der Fall, die in Form von Zucker und Eiweissstoffen erzeugt wird. Der erstere wird in napfförmigen, extranuptialen Nektarien auf der Blattspindel ausgeschieden, während die Eiweissstoffe in eigenthümlichen, an der Spitze der Blättchen befindlichen Gebilden den „Belt-schen Körperchen“ dargeboten werden, die mit den Müller'schen Körperchen der *Imbauba* nach Schimper die grösste Aehnlichkeit haben.

Schimper hat noch die ameisenerfüllten Blasen von *Cordia nodosa* untersucht, deren Verwandte *Cordia miranda*, *C. hispidissima*, *C. gerascanthos* bereits Beccari als Ameisenpflanzen bezeichnete. Ausserdem besitzt aber die Flora des tropischen Amerikas noch mehrere andere ameisenführende Pflanzen, so die Melastomaceengattungen *Myrmedone*, *Majeta*, *Microphysca*, *Calophysca*, deren Blätter am Grunde eine zweikammerige Blase den Ameisen als Wohnung bieten, die an der Blattunterseite neben der Mittelrippe je eine kleine Oeffnung besitzt, ferner in der Chrysobalaneengattung *Hirtella*, der Gentianeae *Tachia guyanensis*. Bei Asclepiadeen,

von denen Brasilien eine grosse Zahl kletternder Arten besitzt, dürften nach brieflicher Mittheilung von Fritz Müller daselbst Arten mit Honigdrüsen an den Blättern nicht vorkommen. — In

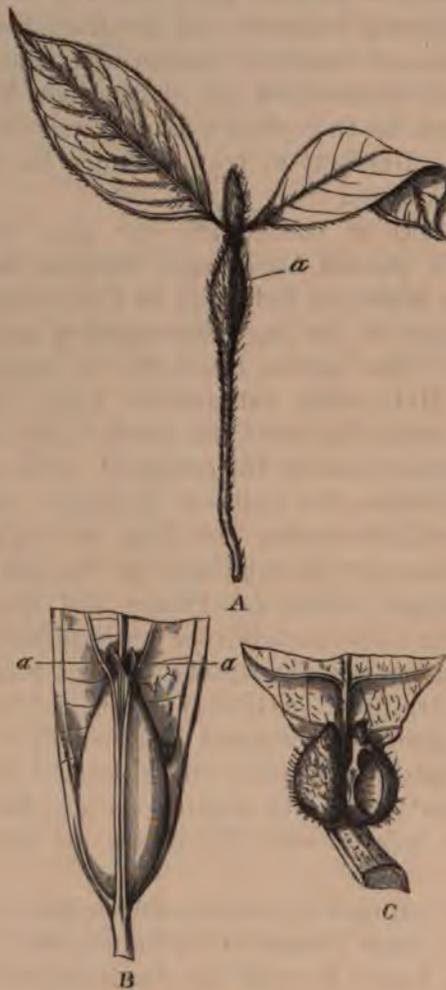


Fig. 10.

Ameisenpflanzen. *A* *Duroia hirsuta*, Laubzweig mit einer Blase. — *B* *Tococa lancifolia*, Blattunterseite; *a* Eingang in die Blase. *C* *Duroia saccifera*, Blattoberseite. Nach Schumann, Die Ameisenpflanzen, Hamburg 1889.

meinem Garten in Greiz traf ich am Grund der Blattlamina von *Asclepias syriaca*, besonders bei jungen Blättern, regelmässig eine Gruppe bräunlicher Emergenzen, die weder Nektar secernirten, noch

von Ameisen besucht wurden, die ich aber nicht anders als — vielleicht jetzt nutzlose — Erbstücke aus früherer, ameisenreicherer Zeit zu deuten vermag.

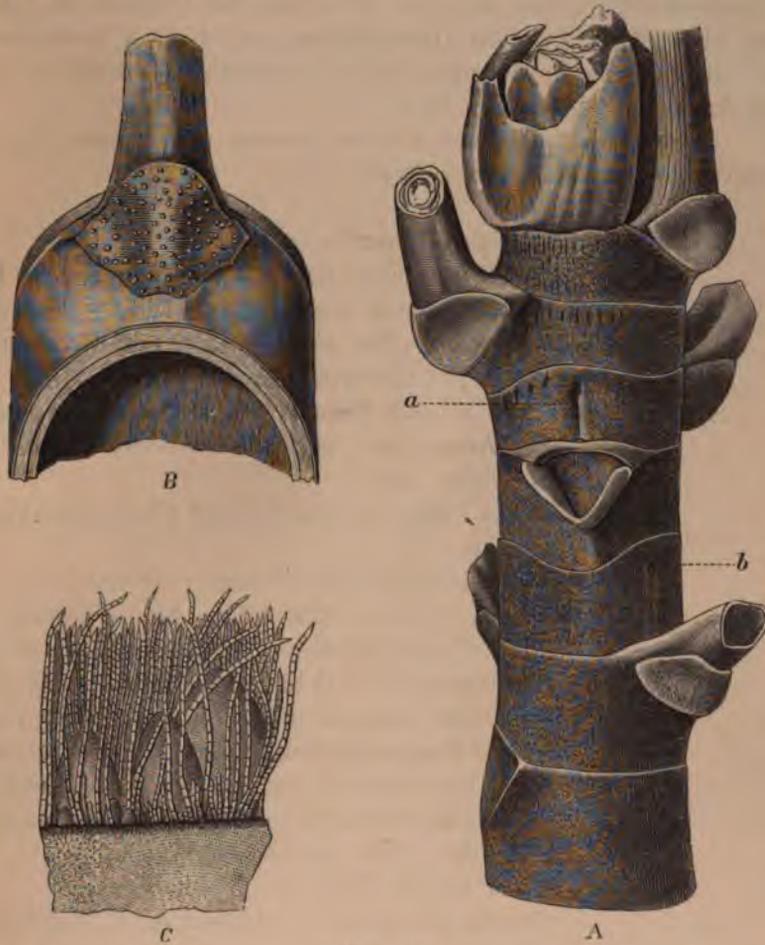


Fig. 11.

A Stämme einer jungen *Cecropia adenopus*; *a* noch intaktes Grübchen; in *b* ist dasselbe durchbohrt. — B Blattstielpolster der gleichen *Cecropia* mit Müller'schen Körperchen. — C Müller'sche Körperchen und Haare schwach vergrößert. Nach A. F. W. Schimper, Die Wechselbeziehung zwischen Pflanzen und Ameisen im tropischen Amerika. Jena 1888.

Weitere Untersuchungen von K. Schumann.

§ 93. Eine Reihe weiterer Untersuchungen über Ameisenpflanzen, welche den Ameisen Wohnungen darbieten und zu ihnen in einem unzweifelhaft symbiotischen Verhältniss stehen, verdanken

wir K. Schumann, der auch der Erste gewesen ist, der aus dem tropischen Afrika myrmekophile Pflanzen mit eigenthümlich geformten Wohnräumen beschrieben hat. Diese Untersuchungen machen es wahrscheinlich, dass auch die Hohlräume des Stammes etc., die man als anderen Zwecken (Durchlüftung etc.) dienend beobachtet hat, als specielle Anpassungen an das symbiotische Verhältniss zu den Ameisen zu betrachten sind.

Schumann theilt diese Pflanzen, welche den Ameisen Wohnungen bereiten, in folgender Weise ein:

I. Pflanzen mit axialen Wohnräumen.

A. Die ganze Pflanze bildet hohle Internodien, welche an besonders präformirten Stellen einen leichten Zugang ermöglichen (oder selbst einen solchen bilden), so die meisten Arten von *Cecropia*, *Clerodendron fistulosum*.

B. Pflanzen mit solidem Stamm, bei denen nur einzelne Theile der Achse ganz oder streckenweise schlauchartig aufgetrieben sind.

a) Die Blasen liegen am oberen Theil eines gestreckten Internodiums:

Duroia hirsuta (in Neu-Granada von *Myrmelachista*, am Amazonenstrom von *Azteca depilis* bewohnt).

D. petitiolaris (Schutzameise: *Azteca brevicornis*).

*Cordia*arten, z. B. *Cordia gerascanthus*, vielleicht auch *nodosa* (wahrscheinlich mit von Anfang vorhandener Eingangsöffnung). *Cordia nodosa* scheint nach Schumann nur auf dem Festland (Mexiko, Brasilien) myrmekophil zu sein, bildet dagegen auf den Antillen keine Ameisenwohnungen.

b) Blasen am unteren Theil des Internodiums:

Cuviera physinodes, *C. Angolensis*, *C. longiflora*, *Canthium glabrifolium*.

*Barkeria*arten (durch *Cremogaster* geschützt).

c) Blütenstandsachse durchweg hohl:

Pleurothyrium macranthum, vermuthlich *Ribara formicarum*, *R. hospitans*, *Myristica formicarum*, *Endospermum formicarum*, *Macaranga caladiifolia*.

Bei *Duroia*, *Pleurothyrium*, *Myristica myrmecophila* werden die Zugänge durch spontan entstehende Längsspalten, bei *Macaranga*, *Endospermum* durch dünnere Stellen vorbereitet.

II. Pflanzen mit Blattschläuchen.

A. Wohnräume in den Stipulardornen bei *Acacia sphaerocephala*, *A. spadicigera*, *A. cornigera*; *A. fistulans* (Afrika) besitzt daneben noch massive Dornen.

B. Hohlräume von der Blattspreite erzeugt.

a) Die Blasen sind vergrößerte Domatien mit unterseitigem Eingang:

Arten von *Tococa*, alle Arten von *Majeta*, *Microphysca*, *Myrmedone* (bei *Calophysca* Blasen an der Achse), *Cola marsupium*.

b) Die Blasen sind Anhänge der Blattbasis mit Eingang an der (morphologisch) oberen Seite des Blattes und besonderem Schutz gegen Regen:

Duroia saccifera (Ameise: *Allomerus septemarticulatus*).

Die Anpassungen der Pflanzenwelt an die Milben (Acarodomatien).

§ 94. Wie die Myrmekophilie, die Anpassung der Pflanzenwelt an die Schutzameisen, Samen verbreitenden Ameisen etc., so scheint auch nach Lundström die Acarophilie, die Anpassung der Pflanzen an Milben in den Tropen ihre Heimstätte zu haben. Nach Lundström können folgende Arten von Acarodomatien, Milbenhäuschen, die von der Pflanze (auch in milbenfreien Culturen) für die Beherbergung gewisser Milben ein- für allemal gebildet werden, unterschieden werden:

1. Haarschöpfe in den Winkeln der Nerven an der Blattunterseite, z. B. bei *Tilia europaea*, *Strychnos Gardneri*.
2. Zurückbiegungen und Einfaltungen der Blattspreite, des Blattrandes, der Blattsäbne, des Rhachisrandes etc., z. B. bei *Quercus Robur*, *Schinus*, *Ceanothus africanus*.
3. Grübchen:
 - a) ohne Haarbildungen, z. B. bei *Coffea arabica*, *Coprosoma Bauariana*;
 - b) mit Haarbildungen am Rande, z. B. bei *Psychotria daphnoides*, *Rudgea lanceolata*, *Faramea sp.*, *Rhamnus glandulosa*;

- c) mit Haarbildungen am Grunde, z. B. *Anacardium occidentale*.
4. Täschchen oder Düten, z. B. bei *Elaeocarpus oblongus*, *E. dentatus*, *Psychotria* sp., *Lonicera alpigena*.
5. Beutel, z. B. bei *Eugenia australis*.

Lundström fand diese Bildungen stets von Milben bewohnt und schliesst aus der grossen Aehnlichkeit dieser von der Pflanze jetzt erblich erworbenen Eigenthümlichkeiten mit den Milbengallen, Acarocecidien, dass dieselben ursprünglich gleichfalls durch Thierchen verursacht, später aber durch Erblichkeit inhärent geworden sind. In anderen Fällen dürften dieselben aber durch Umgestaltung nutzloser Bildungen (Ameisendomatien etc.) entstanden sein. Wir lernten bei den Ameisennektarien bereits Fälle kennen, in denen gewisse Bildungen durch die fortgesetzte Wirkung der Thiere zu Stande kamen und Franz Krasan liefert in seinen Beiträgen zur Entwicklungsgeschichte der mitteleuropäischen Eichenformen ein anderes Beispiel dafür, dass Thierchen bei einer Pflanze Bildungen hervorrufen können, welche den bei anderen Pflanzen normal vorkommenden ähnlich sind. Er zeigt nämlich, dass die Vergrösserung und Verdickung der Cupula, nebst verschiedenen anderen Veränderungen, von Verletzungen herühren können, welche ringsherum an der Cupula stechende und saugende Blattläuse der Frucht beigebracht haben. Bekanntlich hat auch Nägeli in seiner „Mechanisch-physiologischen Theorie der Abstammungslehre“ die Hypothese aufgestellt, dass sowohl Kronblätter wie Nektarien der Blumen auf eine ähnliche Weise zu Stande gekommen seien. So dürften auch die merkwürdigen Milbenhäuschen zu Stande gekommen sein, die anders nicht verstanden werden können, als in Beziehung zu den sie stets bewohnenden Milben. Letztere kommen bereits vom Samen aus an die jungen Pflanzen. Lundström hat wohlgereinigte Samen von *Tilia europaea*, *Rhamnus alaternus*, *Coffea arabica*, *Laurus nobilis* und anderen Domatien führenden Bäumen und Sträuchern in sterilisirte Erde und sterilisirte Töpfe ausgesäet, und die Keimlinge nur mit sterilisirtem Wasser begossen und sorgsam gegen Milbeninfection geschützt. Trotzdem fanden sich bald Milbendomatien (die auch später bei völligem Ausschluss der Milben zu Stande kamen) und Milben. Letztere fand Lundström dann bereits in den Samen, die selbst oder deren Eier innerhalb der Fruchtschale (auch bei Früchten von *Coffea*, die er in Westindien sammeln liess) stets vorhanden waren (bei *Tilia* immer

an einem bestimmten Platze). So klar jedoch die Beziehungen der Domatien zu den Milben sind, und so wenig sich diese Gebilde ohne die Symbiose mit den Milben erklären lassen, so wenig ist bisher die Beziehung der Pflanzen bei dieser ohne Zweifel mutualistischen Symbiose klargestellt. Lundström kam durch Beobachtung der Lebensweise, die Untersuchung der Fresswerkzeuge und der Excremente der Milben zu der Meinung, dass die letzteren das Blatt von Pilzkeimen und anderen mehr oder weniger gefährlichen Unreinigkeiten säubern und dass vielleicht auch die Excremente und die Respiration der Milben den Pflanzen zu gute kommt. Möglicherweise dienen die Domatienmilben auch der Pflanze zum Schutz gegen andere Thiere. So sah Lundström nur selten Phytoptusarten mit ihnen zusammen wohnen.

Unter den zahlreichen Pflanzenfamilien, die Lundström untersucht hat, erwiesen sich besonders acarophil die Rubiaceen, Tiliaceen (bei unseren Linden sind die häufigsten Bewohner der Milbenhäuschen *Tydeus foliorum* und *Gamasus repallidus*), Oleaceen, Bignoniaceen, Lauraceen, Cupuliferen etc., während Lundström keine Domatien, z. B. bei den Cordiaceen, Sesamaceen, Burseraceen, Salicaceen etc., wie auch bei Gymnospermen, Monocotyledonen und bei allen Kräutern fand. Im Ganzen traf Lundström bei etwa 240 Arten (von Holzgewächsen) in 100 Gattungen Milbenhäuschen.

Fritz Müller hat in Brasilien gleichfalls schon seit langen Jahren diese stets von Milben bewohnten Gebilde beim Kaffeebaum und anderen Bäumen beobachtet, ohne ihre Bedeutung für die Pflanze ergründen zu können. So beobachtete er sehr zierliche, regelmässige Milbenhäuschen an dem *Fonta-de-Condebaum* (*Anona*). Das Blatt dieses Flaschenbaumes hat etwa die Gestalt und Consistenz der bei uns als Blattpflanzen in den Zimmern vielverbreiteten Gummibäume, ist länglich elliptisch, ca. 25 cm lang und 20 cm breit. Von der Mittelrippe aus gehen einige zwanzig stärkere Rippen im Bogen zum Blattrand und anastomosiren in dessen Nähe. Der Blattrand ist nach unten umgebogen. Auf der Unterseite finden sich an allen stärkeren Seitenrippen in den Winkeln, die sie mit der Hauptrippe bilden, wie auch an den stärkeren secundären Verzweigungen winzige, 1—1½ mm lange Täschchen, die durch Verbreiterung und Ueberwölbung durch die Nerven gebildet werden und nach der Nervenbasis zu spitz unter den Nerven endigen, während sie nach aussen zu flach abgerundete Vertiefungen im Blattfleisch bilden.

Die Ränder und die Innenwand der Rippen sind mit derben Haaren besetzt, welche den Eingang und die nach unten gerichtete Seite des kleinen zierlichen Häuschens gegen fremde Eindringlinge schützen. Da bei *Anona* sowohl diese Taschen wie der zurückgebogene Blattrand den Milben Wohnung und Schutz gewähren, so sind hier die Lundström'schen Acarodomatientypen 2 mit 3 und 4 verbunden.

G. v. Lagerheim hat im botanischen Garten von Freiburg im Breisgau Acarodomatien beobachtet und stets von Milben bewohnt gefunden bei:

Quercus aegilops, *Qu. palustris*, *Qu. coccinea*, *Anamirta Cocculus* (Menispermaceae) mit bis 150 Domatien auf einem Blatt, *Benthamia fragifera* (Cornaceae), *Piper unguiculatum*, *Duranta* sp. (Verbenaceae), *Solanum jasminoides*, *Viburnum odoratissimum* (Caprifoliaceen), *Jasminum Sambae*, *Psidium Cattleyanum* (Myrtacee), *Mandevilla suaveolens* (Apocynaceen), *Coulea Australica*, *Coprosma ligustrina*.

v. Lagerheim fand auch in Südamerika (um Quito) Acarodomatien bei *Cestrum* (dem *C. Parqui* nahestehend), und bei *Solanum Pseudoquina* (sehr reducirte Domatien an den dickblättrigen Exemplaren, üppige dagegen an der gewöhnlichen dünnblättrigen Form). Sie werden nicht selten von Spinnmilben in Besitz genommen, die die Domatienmilben vertreiben. Nach de Candolle's Prodrömus scheinen auch noch andere Solaneen, wie *Solanum an-naefolium*, *S. campaniforme*, *S. fossarum*, *S. spirale*, *S. Caavurana*, *S. foetidum*, *S. obovatum*, *S. amblophyllum*, *Bassovia Richardi*, *Capiscum pendulum*, acarophil zu sein.

Bei manchen Pflanzen ist die Ausbildung der Acarodomatien, mehr als dies (in Europa) bei den Ameisennektarien der Fall ist, eine sehr schwankende und mehr als dort an die Gegenwart der Milben gebunden. Obwohl auch in milbenfreien Culturen von der Pflanze erzeugt, erfahren sie doch durch die Milben eine Förderung und werden umgekehrt bei andauerndem Fernhalten derselben in ähnlicher Weise rückgebildet, wie die Utriculariablasen (vgl. fleischfressende Pflanzen) in thierfreiem Wasser.

Schliesslich sei darauf hingewiesen, dass gerade die Familien, welche bezüglich ihrer Myrmekophilie eine hervorragende Rolle spielen, auch zahlreiche acarophile Arten enthalten, dass zuweilen (*Tecoma*) aus den Organen der Myrmekophilie solche der Acarophilie hervorgegangen zu sein scheinen.

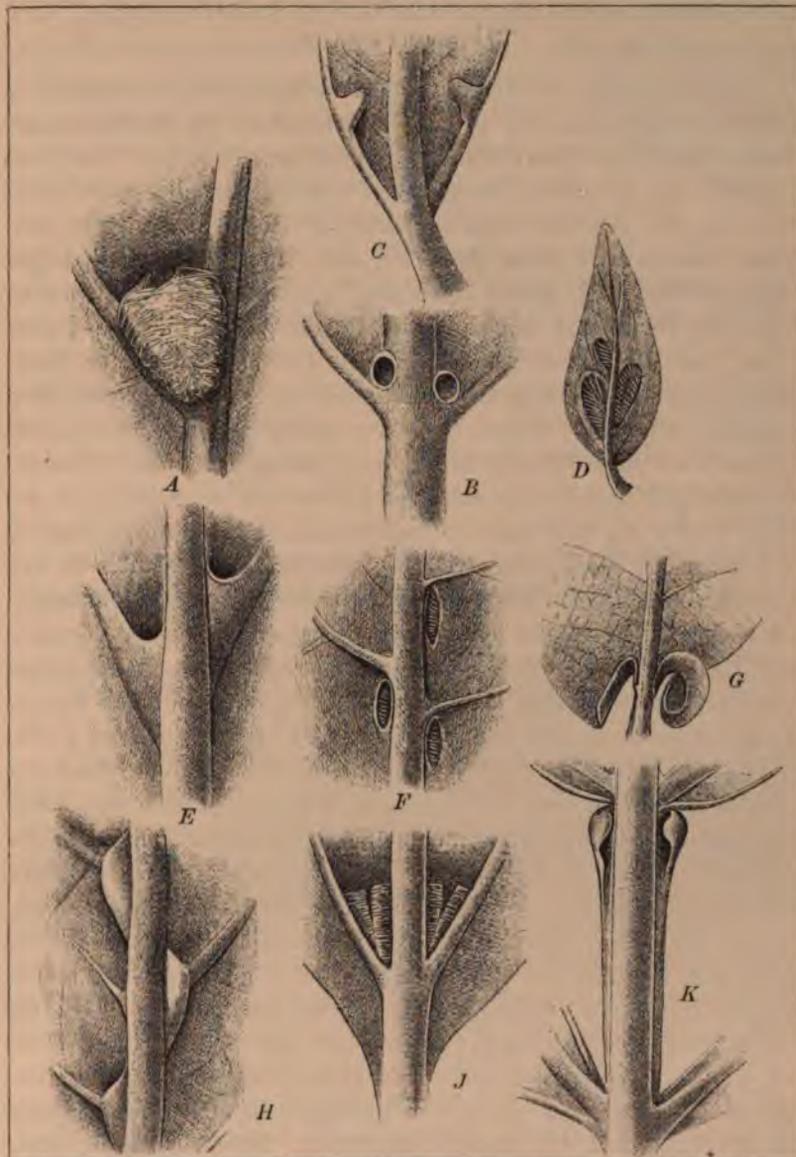


Fig. 12.

Acarodomatien auf den Blättern von: *A* *Tilia europaea*, *B* *Coprosma Bauciana*, *C* *Ilex Aquifolium*, *D* *Coprosma Billardieri*, *E* *Elaeocarpus*, *F* *Rudgea lanceolata*, *G* *Quercus Robur*, *H* *Schinus*, *J* *Psychotria*, *K* *Strychnos Gardneri*. Nach Axel N. Lundström.

Einige Beispiele von Acarodomatien (nach Lundström).
Tilia europaea.

§ 95. Sowohl bei der gewöhnlichen Linde als bei zahlreichen anderen Arten finden sich in den Nervenwinkeln der Blattunterseite bekanntlich kleine Haarschöpfe, an einem gewöhnlichen Blatt etwa 20—30. Bei genauerer Prüfung findet man, dass die Haare nicht die ganze von den hervorspringenden Nerven gebildete Ecke ausfüllen, sondern dass unter ihnen ein mehr oder minder dreikantiger Raum gebildet wird, dessen Dach die Unterseite des Blattes, dessen Boden die Haare und dessen Wände die Nervenseiten sind. Dieser Raum, das Domatium, hat eine kleine Oeffnung nach der Blattspitze zu und zeigt im Inneren einen besonderen anatomischen Bau. Besonders zeigen die Seiten der hervorspringenden Nerven im Domatium zwei Eigenthümlichkeiten, eine metamorphosirte Epidermis aus dicht gedrängten dünnwandigen Zellen (von der Oberfläche gesehen 3—5seitig und fast isodiametrisch), den sog. Epithelzellen und besondere Haarbildungen. Die Unterseite des Blattes in den Domatien (die Decke der letzteren) entbehrt der Spaltöffnungen. Die Lindenblätter lassen in normalem Zustand überhaupt verschiedene Haarbildungen unterscheiden: 1. Knospenhaare, dickwandige, einzellige, langgestreckte Haare, die sich nur innerhalb der Knospe zum Schutze der jungen Blätter finden und später abfallen; 2. Secretionshaare, oben längs der eingesenkten Nerven, unten auf den feineren Nerven und an der Seite der übrigen Nerven. Sie stehen sehr dicht, sind keulenförmig mehrzellig und scheiden einen klebrigen Stoff aus, der über die angrenzenden Zellen läuft und — durch den Regen verbreitet — wahrscheinlich die Transspiration regulirt; 3. vierarmige Sternhaare und 4. die Domatienhaare an den Seiten der Blattnerven. Sie stehen meist bündelweise zusammen, sind oft gekrümmt, anfangs weiss, dann braun. Die Haare der Milbengallen (Erineumhaare) sind weicher und dünnwandiger als sie und an der Spitze abgerundet. Sie können irgendwo in dem Domatium entstehen, das von einem Phytoptus besetzt worden ist und erfüllen dann bald den ganzen Innenraum. Nach dem Aufbrechen der Knospen, wenn die jungen Blätter etwa 2 cm lang sind, verlassen die Domatienmilben (*Tydeus foliorum*, *Gamasus repallidus*) ihre Winterquartiere und beziehen die kleinen, noch haararmen Milbenhäuschen. Wahrscheinlich legt je eine Milbe Eier in mehrere Domatien. Letztere werden dann bedeutend grösser und haarreicher

als die, in welche keine Eier gelegt wurden, oder aus denen die Eier mit einem Pinsel entfernt worden sind. Lundström fand in manchen Domatien später bis 30 Milben. Die Eiablage dauert wahrscheinlich den ganzen Sommer hindurch. Die jungen Milben sitzen anfangs in der innersten Ecke des Häuschens dicht zusammengedrängt und leben vermuthlich von den Ausscheidungen an der Oberfläche der Innenwände, Verletzungen sind nie zu constatiren. Erst wenn die 8 Beine völlig ausgewachsen, beginnen sie — vorzugsweise in der Nacht oder bei stärkerer Beschattung — ihre Streifzüge über das Blatt und zeigen eine lebhaftere Bewegung. Sie laufen mit grosser Schnelligkeit die Nerven entlang oder auf die Zwischenfelder, bleiben plötzlich hier und da stehen, um zu fressen, und scharren dann mit den Mundwerkzeugen Alles zusammen, was sich auf der Cuticula befindet. Zur Ruhe, Häutung etc. suchen sie immer wieder die Domatien auf, wo sie auch ihre Excremente lassen. Zur Zeit des Laubfalles biegen sich die Schutzhaare zurück und die Milben verlassen dann zum grossen Theil die Domatien, um in Zweigen, Knospen und Früchten die Winterquartiere zu beziehen. An dem abgefallenen Blatt sind die Domatien leer.

Domatien bei *Alnus glutinosa*, *Acer platanoides*, *Ulmus montana*, *Coryllus Avellana*.

Bei *Alnus glutinosa* sind die jungen klebrigen Blätter noch ohne Domatien, dieselben treten in den Nervenwinkeln am Hauptnerv erst später in Form ähnlicher Haarschöpfe wie bei *Tilia* auf; aber die Haare sind mehrzellig und die Epidermis der Wände gleicht der ausserhalb der Domatien. Letztere sind stets von ähnlichen Milben wie bei *Tilia* bewohnt. Nur leere Domatien können von *Phytoptus* angegriffen werden, der Cecidien bildet, bewohnte Domatien enthalten nie einen *Phytoptus*. Es macht den Eindruck, als ob die Domatienmilben ihren Nervenwinkel vor den *Phytoptus*-arten schützten. Auch bei *Acer platanoides* sind die Domatienhaare vielzellig und das Epithel der Linden fehlt. An der Blattbasis sind die Domatien oft purpurroth. Die gewöhnlichen Bewohner der Domatien sind hier rothgelb.

Auch bei *Ulmus montana* kommen bewohnte haarige Nervenwinkel vor von ähnlichem Bau wie bei den Erlen. Der Boden wird aber oft von dem überragenden Nerv gebildet.

Bei *Coryllus Avellana* wird der Boden der Domatien eben-

falls nur zum Theil von den Haarbüscheln, zum anderen von den verschmolzenen Rändern des Haupt- und Nebennerven gebildet.

Bei *Prunus Padus* und *Fagus silvatica* finden sich oft auch behaarte Nervenwinkel, die meist bewohnt sind, aber von geringer Ausbildung und nicht constant, zu einer eigentlichen Symbiose scheint es hier nicht gekommen zu sein.

Quercus Robur.

Bei unseren gewöhnlichen Eichen finden sich ursprünglich nur zwei Domatien an jedem Blatt in Gestalt von kleinen Zurückbiegungen der Blattspreite an der Basis des Blattes schon an ganz jungen Blättern. Sie sind stets von Milben bewohnt, die ähnliche Wanderungen wie bei der Linde machen.

Psychotria daphnoides und *Coprosma Baueriana*.

Diese beiden exotischen Rubiaceen (aus Neuholland und Neuseeland) haben Domatien von besonders hoher Entwicklungsstufe. *Psychotria daphnoides* hat Domatien in Form von winzigen, mit unbewaffnetem Auge oft kaum sichtbaren Grübchen in den Nervenwinkeln der Blattunterseite. Sie sind am Rand mit Haaren versehen, die sich aufrichten und zurückbiegen können, und erhalten hierdurch die Fähigkeit, sich zu öffnen und zu schliessen. So öffnen sich dieselben, wenn das Blatt stark transspirirt. Die Epidermiszellen der Innenseite weichen in der Form wesentlich von den gewöhnlichen der Blattunterseite ab, die nächst der Mündung sind weniger dünnwandig, halbkugelig erhöht (die Erhöhungen sind kleiner, wenn das Domatium offen ist). Der übrige Theil der Innenseite besitzt ein in anderer Weise verändertes Epithel aus dünnwandigen, weichen, oft ein gelatinöses Häutchen bildenden Zellen. Das Innere zeigt eine glänzend grüne Farbe. Lundström beobachtete an einem etwa 2 m hohen Exemplar der *Psychotria*, das er sechs Jahre im Zimmer hielt, dass nach theilweiser Entfernung der Milben durch Tabaksrauch oder den Pinsel die unbewohnten Domatien an den neuen Sprossen sich gänzlich veränderten. Die Haarbildung verschwand, die Oeffnung erweiterte sich und das Innere des Domatiums ging in eine seichte, schalenförmige Einsenkung über, stellenweise schwanden die Domatien gänzlich. Die Domatien dagegen, die im Zimmer bewohnt blieben, behielten die nor-

male Form bei. Bei *Coprosma Baueriana* finden sich ähnliche Domatien in den Nervenwinkeln, aber ihre Mündung ist kreisrund und haarlos und besitzt nicht die Fähigkeit, sich zu öffnen und zu schliessen. Die Epidermis wird in den Domatien hier und da zweischichtig. S. Berggreen fand auf Neuseeland die *Coprosma* (bei mehreren Arten) ganz normal mit Thierchen besetzt, und Lundström, der eine Menge von getrockneten Exemplaren aus verschiedenen Ländern untersuchte, fand in allen Domatien führenden Blättern Reste von Milben.

Coffea arabica.

Die Domatien der Kaffeeblätter treten wie die von *Coprosma Baueriana* in den Winkeln der grösseren Nervenverzweigungen, etwa zu zwölf an einem Blatt, auf, besitzen eine kleine, dem unbewaffneten Auge kaum sichtbare Oeffnung, an der einige einzellige, dickwandige Haare stehen. Die Epidermis hat in der Nähe der Oeffnung und an der Innenseite der Domatien keine Spaltöffnungen. An der Innenseite findet sich ein dünnwandiges Epithel, dessen Zellen 4—5seitige, oft etwas wellenförmige Seitenwände haben. Auch die darunter gelegene Zellschicht zeigt bedeutende Abweichungen. Die Domatien werden früh angelegt in Form kleiner Einbuchtungen. Die untersuchten enthielten Milbeneier und meist 10—12 Milbenhäute.

Rhamnus Alaternus.

Die Domatien bilden mehr oder weniger tiefe, schalenförmige Einsenkungen mit haartragenden Rändern in den 2—4 untersten Nervenwinkeln der Blattunterseite und besitzen einen eigenartigen anatomischen Bau, der nach Lundström einmal eine grosse Tragkraft des Daches bedingen dürfte, im Uebrigen mit der Aufnahme, Leitung, Bereitung von Nahrung in den Domatien zusammenzuhängen scheint. In manchen Ländern scheinen die Domatien der Pflanze zu fehlen, so entbehrten alle aus Spanien stammenden Blätter der Domatien, anderen Ortes fanden sie sich nur in der Minderzahl der Blätter der Zweige.

Ilex.

Bei einigen brasilianischen *Ilex*arten finden sich an der Blattbasis deutliche Zurückrollungen der Blattspreite, die einen ziemlich

langen cylindrischen Raum bilden, der von Milben bewohnt wird. Bei einer anderen brasilianischen Art fand Lundström an Stelle dieser Einrollungen an der Basis zwei zurückgebogene, Domatien bildende Zähne — die einzigen Zähne des Blattes —, welche immer von Milben bewohnt sind und daneben oft Pollenkörner, Pilzsporen u. dgl. enthielten.

Lonicera Xylosteum und *L. alpigena*.

Die erstere Art hat an der Blattunterseite längs dem Hauptnerv und den unteren Theilen der Seitennerven zahlreiche unregelmässige, netzförmig verbundene Grübchen. Die Epidermis löst sich an den Nerven von der untergelegenen Zellschicht ab und bildet hervorstehende oder seitwärts gefaltete Ränder, wodurch viele Täschchen und Grübchen entstehen. *Lonicera alpigena* hat dagegen Domatien in Form langgestreckter Täschchen in den Nervenwinkeln. Bei beiden Arten variiren die Domatien bedeutend in Form und Grösse.

Anacardium occidentale.

Die Blätter sind besonders reich an Domatien in Form runder Grübchen in den Nervenwinkeln. An einem normalen Blatt von 11,5 cm Länge und 7 cm Breite zählte Lundström 370 Domatien mit durchschnittlich zwei Milben. Derselbe schätzt die Zahl der Milben an einem 10—12jährigen Baume auf 4—15 Millionen. Die Domatien sind besonders klein, dem blossen Auge kaum bemerkbar. Ihre Innenseite ist mit kurzen kopfigen Drüsenhaaren bekleidet und die Zellen, die den ringförmigen Rand bilden, haben verdickte porige Wände.

Schinus.

Die Arten mit behaarten Blättern ermangeln der Domatien. Dagegen kommen dieselben bei Arten mit kahlen Blättern vor. Lundström beschreibt besonders eine Art, deren Rhachis zwischen den Blättern deutlich geflügelt ist. Der geflügelte Rand ist zurückgebogen und unter jedem Blättchen mit einem zurückgerollten, Domatien bildenden Zahn versehen.

Eugenia (Jambosa) australis

besitzt mit den gegenständigen Blättern abwechselnde stammständige Domatien an den Knoten der viereckigen Zweige. Dieselben haben die Form ca. 1—3 mm langer, 1 mm dicker, 1½—2 mm breiter, purpurrother Beutel oder Taschen und sind nach oben zu offen. Ihre Wände sind aus 7—9 Zelllagen gebildet. Sie sind von sehr kleinen Acariden bewohnt, die sich mit grosser Schnelligkeit bewegen. Bei Exemplaren der Pflanze, die im Botanischen Garten zu Upsala über 45 Jahre in Töpfen standen, waren die Domatien ganz regelmässig bewohnt.

§ 96. Systematische Uebersicht der Pflanzen mit
Acarodomatien (nach Lundström).

Compositen:

Vernonia uniflora (tropische Bäume und Sträucher) mit Haarschöpfen in den Nervenwinkeln und eigenthümlichen Haarbildungen der Blattunterseite, *V. mespilifolia* (Cap der guten Hoffnung) mit seichten gewimperten Täschchen in den Nervenwinkeln.

Rubiaceen:

Alibertia concolor mit gewimperten Täschchen, *A. elliptica* (Dom. wie bei *Tilia*). 2 weitere Spec. von *A.* — *Amajoua*. — *Antirrhoea dioica* und *frangulacea*. — *Calycophyllum candidissimum*. — *Canthium umbelligerum* (Haarschöpfe), *C. pyrifolium* (Grübchen), *C. fasciculatum* (ähnlich denen von *Psychotria daphn.*), *C. coprosmoides* (ähnlich *Coprosma Baueriana*). — *Cascarilla Pavanensis*, *C. hexandra* (mit Haarschöpfen). — *Cephaelis Ipecachuana* (D. taschenförmig, mit gewimperter Mündung). — *Chione* (D. wie bei *Coffea arabica*). — *Chomelia* 1 Sp. mit Haarschöpfen, 1 Sp. mit von einem Haarkranz begrenzten glatten Flecken (ähnlich auch bei brasilianischen *Chomelia*arten). — *Coffea arabica*, *C. densiflora* (D. ähnlich wie bei *Tilia*). — *Coprosma Baueriana*, *C. Cunninghamii*, *C. grandiflora*, *C. foetidissima*, *C. lucida* (D. besonders gross), *C. hirtella* (D. klein), *C. spathulata* (1—2 D. an der Mitte jedes Blattes mit winziger runder Oeffnung; der darunter belegene erweiterte Raum immer bewohnt), *C. Billiardieri* (D. sehr gross, mit langgestreckter, gewimperter Mündung,

zuweilen von 2 mm), *C. variegata* und *C. rotundifolia* (D. äusserlich denen von *Tilia* ähnlich, aber niedrige Grübchen mit deutlichem Rande darstellend), *C. ligustrifolia*, *C. robusta*, *C. rhamnoides*, *C. parvifolia* (ohne Acarodomatien *C. repens*, *nitida*, *alata*, *acerosa* *linariifolia*). — *Coussarea contracta*, *C. mollis*, *C. speciosa*. — *Dysoda foetida*. — *Exostemma caribaeum*. — *Faramea* 4 Sp. (bei einer Art 10—15 D. bis 3 mm lang mit 1—2 mm grosser Oeffnung, bei anderen Arten aus Brasilien nur 2—3 D. an jedem Blatte, bei einer dritten winzige, nur durch die Lupe sichtbare Oeffnung, aber innerer Raum ca. 1 mm mit äusserst winzigen Milben; bei *F. cornifolia* D., denen von *Tilia* ähnlich). — *Fernelia obovata*, *F. buxifolia*. — *Feretia apodanthera*. — *Gardenia speciosa*, *G. lutea*. — *Grumilea cymosa*. — *Gynopachys corymbosa*. — *Luculia Pinceana*. — *Morelia Senegalensis*. — *Nauclea* 4 Sp. — *Pavetta* 4 Sp. — *Psychotria* viele Arten (die an Domatien führenden Arten reiche Gattung zeigt verschiedene interessante Formen von D.). — *Plectronia ventrosa*. — *Palicourea rigida*. — *Stylocoryne* Webera. — *Schoenleinea*. — *Rudgea lanceolata*. — *Webera tetrandra*. — *Uncaria* 4 Sp. — Alle Arten mit behaarten Blättern besitzen keine Domatien.

Caprifoliaceen:

Lonicera Xylosteum und *L. alpigena*.

Bignoniaceen:

Bignonia (mit Haarschöpfen oder dütenförmig vertieften Nervenwinkeln). — *Arrabidaea corymbifera*. — *Fridericia speciosa*. — *Haplophium*. — *Jacaranda rhombifolia*. — *Lundia longa*. — *Mitraria coccinea* und 2 andere Sp. — *Petastoma triplinervia*, *P. simplicifolium*. — *Tecoma capensis* (D. haarige Grübchen in den Nervenwinkeln, Haare verzweigt, mehrzellig, mit dünnen, perforirten Zwischenwänden. Epidermiszellen der Innenseite der D. höher und dünnwandiger, als andere Epidermiszellen, mit nicht gefalteter Cuticula und Spaltöffnungen), *T. australis* mit 1—3 Grübchen an der Blattunterseite an unbestimmtem Platze (ob D.?), 2 andere Sp.

Asclepiadeen:

Asclepias hiemale (mit D. in den Nervenwinkeln).

Apocyneen:

Carissa. — *Condylocarpon Rauwolfiae* etc. — *Echites attenuata* etc. — *Ecdysanthera glandulifera*. — *Forsteronia bra-*

siliensis. — Plumiera sp. (mit grossen D. in den Nervenwinkeln). — Thenardia. — Thyrsanthus gracilis, T. Schoenburgkii (mit gewimperten Grübchen in den Nervenwinkeln).

Loganiaceen:

Gaertnera vaginata. — Pagamea guianensis. — Strychnos, Gardneri, S. brasiliensis etc.

Sapotaceen:

Hopea Wigthiana (Grübchen in den Nervenwinkeln mit kleinen runden Oeffnungen).

Oleaceen (incl. Jasmineen):

Fraxinus excelsior (die auf der Rhachis befindliche Rinne, deren Eingänge in der Mitte zwischen den Blättchen liegen, ist stets von Milben bewohnt, erst zur Zeit des Laubfalls öffnet sich die Rinne. Ausserdem sind Haare zum Milbenschutz vorhanden. F. dimorpha mit Haarbüscheln, ebenso F. Ornus, F. sambucifolia. — Jasminum abyssinicum (D. Grübchen mit haartragender Mündung in den Nervenwinkeln), J. angulare, J. auriculatum, J. azoricum, J. Baudieri, J. didymum, J. grandiflorum, J. revolutum, J. officinale. — Linsciera arborea, L. sp., L. elegans. — Nathusia alata. — Olea foveolata, O. cernua. — Syringa, Ligustrum, Phillyrea fand Lundström ohne D.

Myrtaceen:

Eugenia australis.

Ribesiaceen:

R. alpinum hat an der Basis des Hauptnervs jederseits ein taschenförmiges bewohntes D. R. Grossularia D. beinahe ähnlich, aber weniger constant (hier wie bei R. rubrum fast immer Milben unter dem vertrockneten Kelch an der Frucht).

Rhamnaceen:

Rhamnus alaternus, Rh. glandulosus (grosse Domatien, die Grübchen mit haartragendem Eingang bilden, welche an der Oberseite des Blattes bedeutende Erhöhungen bilden), Rh. tinctorius, Rh. prinoides etc. — Paliurus australis. — Ceanothus Africanus (die kleinen runden Nebenblätter an der Blattbasis bilden schalenförmige Domatien mit concaver Unterseite, in denen sich die Milben finden. Ohne Haarbildungen, Epidermis der Innenseite ohne Spaltöffnungen).

Aquifoliaceen:

Villarezia (mehrere südamerikanische Arten mit D. wie bei Coprosma Baueriana). — Ilex.

Aceraceen:

Acer platanoides etc.

Anacardiaceen:

Anacardium occidentale, A. pumilum. A. humile (Anaphrenium mit haarigen Blättern hat keine D.). — Odina Schimperi (Haarschöpfchen).

Bixaceen:

Cascaria rupestris etc. — Kiggelaria africana.

Magnoliaceen:

Liriodendron tulipifera (Nervenwinkel rinnenförmig längs des Mittelnervs hinausgezogen, Ränder der Rinne mit Haaaren versehen, unter denen sich Milben finden).

Tiliaceen:

Aristotelea Macqui. — Berrya Ammonilla. — Corchorus olitorius. — Dasynema alnifolium. — Elaeocarpusarten (hierher gehören die grössten aller D.), E. dentatus, E. oblongus, E. lancaefolia (Täschchen), E. petiolatus, E. reticulatus, E. rugosus, E. serratus. — Grewia occidentalis, G. populifolia. — Monocera sp. — Sloanca monosperma etc. — Tilia (wahrscheinlich alle glattblättrigen Arten). Den Formen, deren Blätter unten dicht behaart oder filzig sind, mangelt ausnahmslos jede Andeutung von Domatien.

Lauraceen:

Camphora officinalis (Grübchen mit gewimperter Mündung und besonderem anat. Bau). — Camphoromoea lata. — Cinnamomum aromaticum. — Gymnobalanus Minarum. — Laurus canariensis (D. bilden schalenförmige Einsenkungen in den Nervenwinkeln mit gewimpertem Rand), L. indica (Haarschöpfchen), L. nobilis (D. wie bei L. canariensis; ihre volle Entwicklung in nothwendigem Zusammenhang mit der Gegenwart der Milben), L. Benzoin etc. — Mespilodaphne tristis. — Oreodaphne bullata, O. porosa, O. vesiculosa, O. foetens.

Ulmaceen:

Ulmus montana.

Cupuliferen:

Alnus glutinosa. — Coryllus Avellana. — Quercus aquatica, Q. Brutia, Q. Catesbaei, Q. chainolepis, Q. depressa, Q. dispar,

Q. falcata, *Q. glabrescens*, *Q. heterophylla*, *Q. Libani*, *Q. inops*,
Q. nigra, *Q. rigida*, *Q. robur*, *Q. rubra*, *Q. salicifolia*, *Q. Sar-*
torii, *Q. serrata*, *Q. tinctoria* etc. (vgl. auch oben die von
v. Lagerheim aufgeführten Arten).

Hamamelidaceen:

Liquidambar orientale, *L. styracifolia*.

Platanaceen:

Platanus orientalis.

Juglandaceen:

Carya microcarpa, *C. porcina*, *C. tetraptera*. — *Juglans pyri-*
formis, *J. regia*. — *Pterocarya caucasica*.

III. Abschnitt.

Biologie der Fortpflanzung und Verbreitung.

Kapitel XI. Ausrüstungen der Pflanzen zur Verbreitung durch das Wasser (hydrochore Ausrüstungen).

Das ursprüngliche Pflanzenleben auf unserem Planeten war aller Wahrscheinlichkeit nach hauptsächlich auf das Wasser beschränkt und die ersten Verbreitungsausrüstungen der Pflanzenwelt waren daher jedenfalls die an die Verbreitung im Wasser und durch das Wasser angepassten. Von vornherein sind hier, wie dies auch bezüglich der anemochoren Ausrüstungen, der Anpassungen an die ruhige und die bewegte Luft (Wind) der Fall ist, zu unterscheiden die Verbreitungsmittel im stehenden und im bewegten (fliessenden) Wasser. Zwar finden auch im stehenden Wasser durch die ungleiche Erwärmung Strömungen statt, doch dürften die Anpassungen an diese von geringerer Bedeutung sein. Vielmehr tritt in diesem bei den niederen Pflanzen ein actives Locomotionsvermögen in den Vordergrund. Zunächst sind hier die activen Bewegungen gewisser Algen zu erwähnen. Viele Kieselalgen (Bacillariaceen), wie die zierlichen kahnförmigen Naviculaarten, Pinnularien etc., besitzen eine freie Ortsbewegung (die rascheste Bewegung ist die von 1 mm in 43 Secunden). Die verkieselte Zellwand dieser Algen stellt ein complicirtes System von Röhrchen und Spalten dar, aus denen das die Bewegung vermittelnde Protoplasma austritt (wären einfache Oeffnungen vorhanden, so würde der grösste Theil desselben durch den hohen inneren Turgordruck von 4—5 Atmosphären völlig nach aussen gedrückt werden). Die Bewegung ist theils eine kriechende, gleitende, theils eine freie Schwimmbewegung, wobei dann das Wasser dem Bacillariaceenplasma wie dem Fisch die Stützpunkte

darbietet, wie O. Müller nachgewiesen hat. Ebenso besitzen die aus scheibenförmigen, kurzcyllindrischen Zellen zusammengesetzten, an den Fadenenden oft mit Wimperbüscheln versehenen Fäden der Oscillariaceen (*Oscillaria*, *Spirulina* etc.) eine eigene kriechende Vor- und Rückwärtsbewegung, die mit einer langsamen Drehung um ihre Achse und unregelmässiger Krümmung (Nutation, die vom Licht und anderen Reizen beeinflusst wird) verbunden ist. Bringt man von diesen, den Grund verunreinigter Flussläufe, den Schlamm der Teiche, Mauern und von Schmutzwasser durchtränkten Boden etc. bedeckenden, im Frühjahr mit Bacillariaceen in schwärzlichen Klumpen an der Oberfläche der Teiche umherschwimmenden Algen etwas auf feuchtes Papier, so kann man schon nach wenigen Stunden in grosser Mannigfaltigkeit des Colorites je nach der Species die Fäden am Rande herauskriechen sehen. Vor Allem sind es aber bei anderen Abtheilungen der Algen und bei den Algenpilzen (Saprolegniaceen, Peronosporeen, Chytridiaceen) bewimperte Schwärmzellen, welche bei der Verbreitung dieser Pflanzen durch ihre Eigenbewegung eine hervorragende Rolle spielen. (Bei den höheren Kryptogamen, den Moosen und Farngewächsen, treten Schwärmer nur als sexuelle Spermatozoiden in der auf feuchtem Boden lebenden geschlechtlichen Generation, bei den Pteridophyten im Prothallium oder Vorkeim auf. Auch bei den Algen und Algenpilzen finden sich schwärmende männliche Sexualzellen sehr verbreitet. Die in bewegtem Wasser wohnenden Rothtange, Florideen, besitzen jedoch nur passiv bewegliche Sexualzellen.)

§ 97. Da, wo der Wohnort bald feucht, bald trocken ist, finden sich oft weitgehende Anpassungen an den Wechsel der Feuchtigkeit, so z. B. bei der einzelligen Alge *Botrydium granulatum*, die uns als Beispiel dienen möge. Es bildet diese Alge kleine stecknadelkopf- bis hanfkorngrosse dunkelgrüne einzellige birnförmige Bläschen, die mit farblosem verzweigtem Fortsatz in dem schlammigen Boden der Teich- und Flussränder befestigt sind. Werden die Pflanzen ganz unter Wasser gesetzt, so bilden sie gegen Abend oder zur Nachtzeit Schwärmsporen, die an einer beliebigen Stelle die Zellwand durchbrechen und ausschwärmen. Werden die Algen nicht völlig unter Wasser gesetzt, sondern nur benetzt, so kommen die Schwärmer schon unter der napfförmig zusammensinkenden Blase zur Ruhe (bilden „Keimzellen“ oder „Conidien“). Setzt man

erwachsene Pflanzen dem directen Sonnenlicht aus, so wandert alles grün gefärbte Protoplasma aus dem oberirdischen Theile in die bisher farblosen Wurzelfortsätze, während der oberirdische Theil zusammensinkt. Der Inhalt der Wurzelfortsätze theilt sich nun in eine grosse Anzahl rundlicher Ballen, weiter abwärts in perlschnurartige Reihen. Die Entwicklung dieser Wurzelzellen kann dann, je nach den äusseren Verhältnissen, eine dreifache sein. Unter Wasser zerfallen sie in eine Anzahl Schwärmsporen, was zu jeder Tag- und Nachtstunde erfolgen kann; auf feuchte Erde gebracht, treiben sie Wurzelfortsätze und wachsen unmittelbar zu normalen Botrydiumpflänzchen aus, in feuchter Erde schwellen sie blasig an und senden abwärts einen wenig verzweigten Wurzelfortsatz, der unter der Blase so dickwandig ist, dass das Zelllumen fast verschwindet. Durch Streckung des verdickten Wurzelhalses werden die Blasen, die sich durch kugelige Gestalt und schwärzlich-grüne Färbung von den gewöhnlichen Pflänzchen unterscheiden, über die Erdoberfläche emporgehoben, sie bilden ein „Hypnosporangium“, die Form, welche Kützing „Botrydium Wallrothii“ benannt hat. Die Hypnosporangien können in trockenem Zustand ein Jahr lang die Entwicklungsfähigkeit behalten; kommen sie unter Wasser, so bilden sie, wie die gewöhnlichen Pflänzchen, Schwärmsporen.

Die aus der Keimung der Schwärmsporen auf feuchter Erde hervorgehenden Pflänzchen sind zunächst mit einem einfachen Wurzelfortsatz versehen. In diesem Stadium können sie sich durch seitliche Aussprossungen der Blase, die wiederum Wurzelfortsätze bilden, vermehren; die Sprösslinge grenzen sich durch Scheidewände ab und werden selbständig. Kommen die Schwärmsporen nicht auf feuchte Erde, sondern bleiben sie unter Wasser, so sinken sie zu Boden und bilden derbwandige Ruhesporen, aus denen dann, wenn sie nicht mehr unter Wasser sind, der Inhalt ausschlüpft, um wieder ein junges Pflänzchen zu bilden. Auch die jungen Pflänzchen selbst können zu Hypnosporangien werden. Die ungeschlechtlichen Schwärmer sind länglich und eiförmig, 5—8 μ breit, 20 μ lang, mit 2—4 Chlorophyllkörnern im Innern und einer Cilie am Ende. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung werden Schwärmsporen gebildet, die durch Copulation eine sofortiger Entwicklung fähige oder zur sternförmigen Dauerzygote werdende Eizelle bilden. Die Bildung geht bei trockener Cultur oder bei Besonnung so vor sich,

dass das chlorophyllhaltige Protoplasma in kuglige mit besonderer Membran versehene Zellen zerfällt, die mit der Zeit eine rothe Färbung annehmen. Diese der geschlechtlichen Fortpflanzung vorausgehende Zellbildung findet gewöhnlich in den Sommermonaten statt. Die Zellen werden im Wasser zu Sporangien. Wenn sie noch grün waren, haben die Schwärmer Spindelform und sind am Hinterende spitz, während aus den rothen Zellen Schwärmer mit abgerundetem Hinterende hervorgehen. Beide besitzen je 2 Cilien und können copuliren. Sind die rothen Mutterzellen 2 Jahre und darüber alt, so kommen die Schwärmer gleich nach dem Austritt ohne Copulation zur Ruhe und vermögen sich direct weiter zu entwickeln (vgl. F. Ludwig, Lehrbuch der niederen Kryptogamen).

§ 98. Auch sonst erweist sich bei den niederen Algen der Polymorphismus der Verbreitungsorgane als eine directe Anpassung an die äusseren Einflüsse. So hat G. Klebs für das Wassernetz, *Hydrodictyon utriculatum*, gezeigt, dass nicht, wie man vielfach glaubte, eine nothwendige Aufeinanderfolge ungeschlechtlicher und geschlechtlicher Generationen stattfindet, dass vielmehr die jedesmalige Fortpflanzung in bestimmter Abhängigkeit von, auch künstlich herbeizuführenden, äusseren Verhältnissen steht. Die Bildung der Gameten kann hier erst dann erfolgen, wenn die ungeschlechtliche Schwärmerbildung verhindert war. Indessen ist die Abhängigkeit der Fortpflanzung von der Aussenwelt eine für jede Art bestimmte und für die einzelnen Algenarten verschiedene. So tritt bei *Vaucheria* nach Klebs nicht, wie bei *Hydrodictyon*, die Zoosporenbildung als die ursprüngliche leichter und häufiger eintretende Form der Fortpflanzung auf, sondern die sexuelle Fortpflanzung, während die Zoosporenbildung als secundäre, leicht ausschliessbare Vermehrungsweise erscheint. *Vaucheria terrestris*, *V. aversa* und andere besitzen überhaupt keine Zoosporen, andere *Vaucheria*-arten, wie *Vaucheria gemmata* und *V. uncinata* besitzen unbewegliche Sporen (Aplanosporen), die z. B. in Zuckerlösungen zuletzt zahlreich gebildet werden. *Vaucheria clavata* in schnellfliessenden Bächen steht morphologisch der *Vaucheria sessilis* nahe, ist aber biologisch davon verschieden. Die Zoosporenbildung hat eine viel grössere Bedeutung gewonnen. In ruhiges Wasser gebracht, bildet diese Art nicht nur in den nächsten Tagen Schwärmsporen, sondern deren Bildung geht bei geeigneter Regulirung von Licht und Temperatur mehrere Monate hindurch fort, selbst in

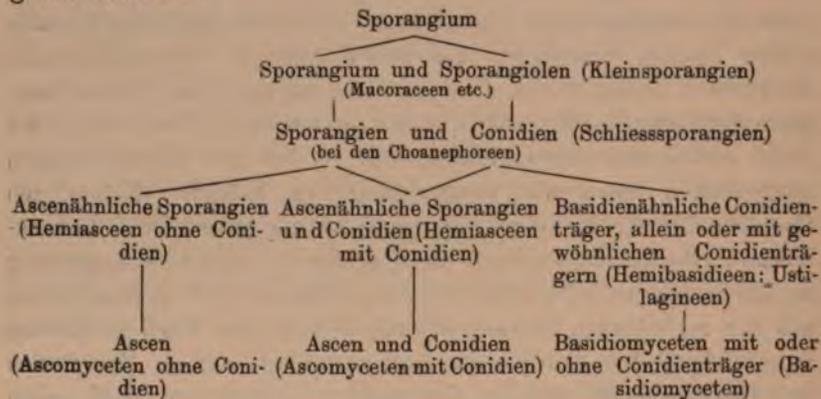
feuchter Luft, und Fragmente zerstückelter Fäden treiben, ihre Wunden schliessend, sporangientragende Zweige aus. Bei *Vaucheria sessilis*, die G. Klebs eingehender studirt hat, erfolgt lebhaftere Zoosporenbildung an den Fadenenden, unter Ausschluss des Wachstums, das gleichfalls an den Fadenenden stattfindet, wenn bei einem stark gewachsenen, kräftig ernährten Rasen eine deutliche Veränderung in den äusseren Bedingungen eintritt, z. B. ein Uebergang aus Luft in Wasser, aus lebhaft bewegtem in ruhig stehendes Wasser, ein starker Beleuchtungswechsel, ein Wechsel in der Concentration des Mediums oder der Temperatur. Nothwendige Bedingung ist das Vorhandensein von Wasser und eine Temperatur zwischen 3° und 22° . So kann mit Sicherheit Zoosporenbildung bewirkt werden, wenn *Vaucheria*rasen, die in 0,5procentiger Knopscher Nährsalzlösung einige Zeit im Licht cultivirt worden sind, ins Dunkle und in reines Wasser gebracht werden. Sterilität der Keimlinge wurde z. B. durch Cultur in concentrirter Zuckersalzlösung (über 10 %) oder durch Cultur zwischen 0° und 3° erzielt. Geschlechtliche Fortpflanzung, Bildung der Sexualorgane, kann ebenso willkürlich durch Behinderung des Wachstums (Beschränkung der dasselbe lebhaft fördernden anorganischen Nährsalze), aber fortgehende Ernährung (besonders auch durch organische Stoffe, wie Saccharose, Maltose) herbeigeführt werden. Eine mittlere Temperatur von $10-20^{\circ}$ und Licht sind für die sexuelle Fortpflanzung unumgänglich nothwendig (während *Hydrodictyon* kein Licht dazu nöthig hat).

§ 99. Auch bei den parasitischen Algenpilzen, den *Peronosporaeen*, tritt die Anpassung an das zur Verfügung stehende Element deutlich hervor, indem die ungeschlechtlichen Fortpflanzungsorgane, die Sporangien, die unter Wasser im Innern Schwärmer bilden, welche sie aus der geöffneten Spitze entleeren, unter anderen Verhältnissen direct einen Keimschlauch oder meist ruhende Sporen im Innern bilden.

Oskar Brefeld hat in überzeugender Weise dargethan, dass die ganze Entwicklungsreihe der höheren Pilzformen in fortschreitender Anpassung an das Landleben und die Sporenverbreitung durch die Luft etc. aus den Algenpilzen hervorgegangen ist. Bei *Mucor*, *Chlamydomucor*, *Mortierella* findet sich noch das vielsporige, von den Algen und Algenpilzen überkommene Sporangium, dessen Grösse und Sporenzahl aber durch die Cultur

herabgemindert werden kann. Einen Fortschritt macht dann z. B. *Thamnidium elegans*. Diese Art besitzt neben den vielsporigen leicht zerfliessenden Sporangien auf einfachem Träger dichotom verzweigte Sporangienstände mit kleinen Sporangien ohne Columella und mit wenigen Sporen, die durch den Wind verstäubt werden. Durch Cultur ist es hier Brefeld gelungen, eine Spaltung in zwei Formen zu erzielen, von denen die eine nur die endständigen vielsporigen, die andere die 1—2sporigen Sporangien erzeugt. Auch bei *Thamnidium chaetocladoides* gelang solche Spaltung, wobei in Anpassung an die Verstäubung mit einer Zunahme der Sporangienverzweigung eine Abnahme der Sporenzahl bis zur Einzahl eintritt. Was hier in künstlicher Cultur gelungen, ist auch in der Natur zu Stande gekommen. Zu spezifischer Constanz sind die Sporangienstände fortgebildet bei *Chaetocladium*, das, wie die Culturform des letztgenannten *Thamnidium*, nur noch einsporige Sporangien besitzt, bei denen die Spore mit der Sporangiumwand verwachsen bleibt. Es sind so aus dem vielsporigen Algensporangium Schliesssporangien, Conidien, geworden. Was jene in der Zahl der Sporen voraus hatten, das ist bei den Conidienträgern ausgeglichen durch die Verzweigung der Träger. — Neben den Conidienträgern, die eine Anpassung an die terrestrische Lebensweise darstellen, haben auch die Sporangien selbst eine Anpassung an die terrestrische Sporenverbreitung erfahren, indem ihre Sporen aus der zerfallenden Sporangienwand befreit, zum Theil gewaltsam ausgeschleudert und durch die Luft verbreitet werden. Sporangien und Conidienträger sind bei den niederen Pilzen zum Theil neben einander erhalten geblieben. Bei der weiteren Anpassung an das Landleben ist sodann die sexuelle Fortpflanzung bei den höheren Pilzen ganz verloren gegangen; ihre ungeschlechtlichen Fortpflanzungsformen stellen aber nichts als die, nur weiter angepassten, Fruchtkörper vor, die bei den niederen Pilzen auftreten. Bei den Mesomyceten finden sich neben den gleichfalls schon bei den Mucoraceen auftretenden Chlamydosporen (und Oidien) — zu Sporen gewordenen Fruchtkörpern — nur noch Sporangien (bei den Hemiasceen: *Ascoidea*, *Protomyces* etc.) oder Conidienträger (bei den Hemibadien: Brandpilzen, *Ustilagineen*); aber die sexuelle Fortpflanzung fehlt bereits. Sie fehlt auch den beiden grossen Hauptabtheilungen der höheren Pilze, den Ascomyceten und Basidiomyceten, von deren Hauptfruchtkörpern die der ersten, der Ascus, nichts als ein zu bestimmter

Grösse, Form und Sporenzahl (4 oder 8) fortgeschrittenes Sporangium, die der Basidiomyceten, die 2- oder 4sporige Basidie, nach Brefeld's Untersuchungen nichts als ein zu bestimmter Form, Grösse und Sporenzahl (2 oder 4) fortgeschrittener Conidienträger ist. Bei beiden sind als Nebenfruchtformen die Schliesssporangien- oder Conidienträger in der mannigfaltigsten Formausgestaltung und Anpassung an die besonderen Lebensverhältnisse erhalten geblieben. Alle Fortpflanzungsformen der höheren Pilze lassen sich aber in ununterbrochener Reihe auf die bei den Phycomyceten (Algenpilzen) als Anpassung an die terrestrische Lebensweise entstandenen Fruchtformen in natürlichster Weise zurückführen. Die Beziehungen zwischen den Fruchtformen der niederen und höheren Pilze, die zugleich die Grundlage des natürlichen Systems der Pilze abgegeben haben, zeigt nochmal in übersichtlicher Zusammenstellung das folgende Schema:



Hydrochore Ausrüstungen der Phanerogamen.

§ 100. Von höheren Gewächsen zeigen nur wenige besondere Ausrüstungen der Früchte und Samen an die Verbreitung durch das Wasser. Eine Weiterverbreitung innerhalb eines Gewässers oder von Gewässer zu Gewässer wird mehrfach dadurch ermöglicht, dass die Samen oder Früchte zu schwimmen vermögen (durch Wasserströmung oder durch den Wind verbreitet), später aber ein grösseres spezifisches Gewicht als das Wasser erlangen und zu Boden sinken (wenn sie nicht wurzellosen Schwimmgewächsen angehören). So haben unsere weissen Teichrosen (*Nymphaea alba*) mit einem Mantel versehene Samen, die

nach dem Platzen der Frucht durch die zwischen ihnen und dem Samenmantel enthaltene Luft an der Oberfläche gehalten werden und umherschwimmen. Der Samenmantel umgibt den Samen lose als weissliche Hülle. Zuerst bleiben nach dem Zerfall der Fruchtwände die Samen zu einem schleimigen Klumpen zusammengeballt, der sich aber schliesslich auflöst, so dass die Samen sich frei umherbewegen. Zuletzt vergeht auch der Samenmantel und der Same fällt vermöge seiner Schwere zu Boden. Bei der gelben Teichrose (*Nuphar luteum*) findet sich die Vorrichtung zur Wasserverbreitung nicht an den Samen, sondern sie liegt in einer besonderen Construction der Fruchtwände. Zur Reifezeit löst sich die Frucht von ihrem Stiele ab, aber die Samen werden nicht sogleich frei, sondern es geschieht nach der Darstellung von F. Hildebrand etwas dem Aehnliches, wenn man eine Apfelsine in einzelne halbmondförmige Theile zerlegt. Von der äusseren Fruchtwand löst sich nämlich nur die äussere grüne Schicht ab, während die innere mit den Scheidewänden der Frucht in Verbindung bleibt. Die Scheidewände spalten sich dann von aussen beginnend in je zwei Lamellen, wodurch jene halbmondförmigen Scheiben entstehen. Dieselben besitzen eine feste Aussenhaut, die die zahlreichen schweren Samen in Schleim eingebettet umschliesst. Die Scheiben sinken nicht unter, weil in dem Schleim ihres Inneren zahlreiche Luftblasen enthalten sind. Erst später nach längerem Umherschwimmen der Scheiben löst sich die äussere Hülle auf, die Luftblasen entweichen aus dem Schleime und die Samen werden auf den Grund des Wassers ausgestreut. Der Samenmantel der *Nymphaea* fehlt bei *Nuphar* gänzlich. Noll hat darauf hingewiesen, dass die Wasserhühner die eigentlichen Verbreiter der Teichrosen von Teich zu Teich sind. Die Früchte sind ihre Lieblingsspeise, bei deren Verpeisung die klebrigen Samen (an Federn und Schnäbeln) haften bleiben und von ihnen weiter verbreitet werden. Nicht im Wasser schwimmende Samen kletten sich den Wasservögeln häufig an. So verdanken die *Villarsia*- und *Limnanthemum*arten den Wasservögeln ihre weite Verbreitung. *Leersia oryzoides* ist nach Ebeling's Vermuthung durch Steissfüsse, Enten, Wasserhühner aus Südeuropa bis zur norddeutschen Grenze verbreitet worden. Bei einer Anzahl tropischer Wassergewächse keimen die Samen erst, nachdem sie eine gewisse Zeit ausgetrocknet waren — vielleicht eine Anpassung an Gewässer, die regelmässig einen Theil des Jahres austrocknen.

In den Thälern finden sich längs der Flussbetten häufig Pflanzen der Gebirge, die längs der Bäche und Flüsse fortgewandert sind, und deren Samen von den Gewässern oder durch die Thalwinde fortgeführt werden. So ist *Mimulus luteus* von mehreren Gebirgsdörfern des Harzes und des Thüringerwaldes aus durch die Thäler hindurch gewandert zur Ebene. In Thüringen hat sich diese ursprünglich in Zimmern gezogene südamerikanische Pflanze z. B. von Schleusingerbreitenbach aus durch die Erle und Schleuse, von Brotterode aus durch die Truse, ferner durch die Hasel und durch die Hörsel bis ins Werrathal hin verbreitet und *Mimulus moschatus* hatte sich im Göltzchthal in ähnlicher Weise ausgebreitet. Auch bei *Sagittaria sagittifolia* und anderen Flusspflanzen ist die Oberfläche der Früchte und Samen nicht benetzbar, so dass dieselben trotz ihres spezifischen Gewichtes (über 1) schwimmen und hier- und dorthin verschleppt werden. Vorrichtungen, die den Samen dann, wie bei *Scirpus*, *Trapa* etc. zur Verankerung dienen, können auch ihre gelegentliche Verbreitung durch Thiere zur Folge haben.

Besonders gross ist aber die Zahl der Pflanzen, die, in besonderer Weise zum Schwimmen ausgerüstet und gegen Schädigung durch das Meereswasser geschützt, nach vorheriger Austrocknung, durch Meeresströmungen verbreitet werden. So wurden von der „Challenger Expedition“ 97 Arten von „Treibfrüchten“ beobachtet. Dieselben gehören hauptsächlich den beiden Familien der Palmen und der Leguminosen an. Zu den Treibfrüchten gehören z. B. die Cocosnuss, die Nipapalme (*Nipa fructicans*), die 20—25 Pfund schwere Maldivische Nuss (*Lodoicea Sechellarum*), die von den Sechellen nach den Malediven, der Küste von Malabar etc. verbreitet worden ist. Von Leguminosen hat die Challenger Expedition allein 29 als Treibfrüchte erkannt, so die Riesenhülse (*Entada Purusaetha*), deren hühnereigrosse Samen in einer grossen Hülse gebildet und verbreitet werden, die Röhrencassie (*Cassia Fistula*), der Kugelstrauch (*Guilandina Bonduc*), dessen flintenkugelähnliche Samen aus dem Golf von Mexiko bis nach England getrieben werden. Aber auch viele andere Pflanzen, wie *Casuarina equisetifolia*, *Barringtonia speciosa*, *Hedera umbellifera*, verdanken ihre weite Verbreitung ausschliesslich den Meeresströmungen.

§ 101. Gewisse Ausrüstungen von Landpflanzen, deren Samen nur an feuchten Orten keimen, Einrichtungen, die Vermeidung der nutzlosen Ausstreuung der Samen während der

Trockenzeit, Freiwerden und Aussaat derselben in der für die schnelle Keimung und Weiterentwicklung günstigen Regenzeit, zum Theil auch Schutz der Früchte, Samen und Sporen zur Folge haben, sind von P. Ascherson als hygrochastische bezeichnet worden. Die Hygrochasia besteht hauptsächlich darin, dass bei einigen Pflanzen aus Gebieten, in denen Trockenzeit mit Niederschlagsperioden abwechseln, die Fruchstände in Folge von Durchfeuchtung Bewegungen ausführen, die die Ausstreuung der Samen oder Sporen erleichtern, beim Austrocknen sich aber wieder schliessen. Es ist dies dem Verhalten der Mehrzahl der Gewächse entgegengesetzt, welche entsprechende, die Aussäung befördernde Bewegungen in Folge des Austrocknens ihrer Gewebe ausführen — ein Verhalten, welches im Gegensatz zur Hygrochasia als Xerochasia bezeichnet wird. Die bekanntesten Beispiele hygrochastischer Bewegungen liefern die „Jerichorosen“, die Composite *Odontospermum* der nordamerikanischen und westasiatischen Wüsten und die das gleiche Gebiet bewohnende Crucifere *Anastatica hierochuntica*, ferner die mexikanische *Selaginella lepidophylla*, die Früchte zahlreicher südafrikanischer Mesembryanthemumarten, die Kapseln der *Fagonia*- und *Zygophyllum*arten der ägyptischen Wüste, der süd- und tropischafrikanischen Scrofulariaceengattung *Aptosimum*. Ebenso hat Verschaffelt an den Fruchtkelchen von *Brunella vulgaris*, *B. grandiflora*, *Salvia Horminum*, *S. lanceolata*, an den Fruchtsielen von *Iberis umbellata* hygrochastische Bewegungen nachgewiesen, Schinz bei der Compositengattung *Geigeria*. Der Mechanismus, durch den diese Bewegungen ausgeführt werden, beruht auf dem Aufquellungsvermögen bestimmter Zellen und Zellgruppen. Eine eingehendere Beschreibung der hygrochastischen Einrichtungen hat Ascherson für *Lepidium spinosum* und für die Fruchtdolden der unserer *Daucus Carota* ähnlichen Umbellifere *Ammi Visnaga* gegeben. Die letztere Pflanze ist im Mittelmeergebiet weit verbreitet, von dort nach Südamerika und vermuthlich von dort aus wieder nach Deutschland verschleppt worden. Ihre reifen Dolden werden in ihrer Heimath zu Zahnstochern gebraucht, zu welchem Zweck man einen Doldenstrahl nach dem anderen abbricht und verwendet. Ascherson traf die Sitte in Athen, wo sich die Dolden zu diesem Zwecke auf den *Tables d'hôte* der Gasthöfe vorfinden, auch in Aegypten, in Italien, Spanien und auf den Canarischen Inseln ist der Gebrauch bekannt, der der Pflanze den Namen *Stuzzicadenti*,

Estcuradents (Zahnstocher) gebracht hat. Die Fruchtdolden des Ammi Visnaga verhalten sich ganz entgegengesetzt, wie die xerochastischen von *Daucus Carota*. Im trockenen Zustand sind sie fest geschlossen, indem von den gegen 100 Doldenstrahlen die äusseren sich einwärts krümmen, so dass die Döldchen in innige Berührung kommen. Der Doldenstiel und die Doldenstielchen erweitern sich am Grund zu einem trichter-beckenförmigen, aussen in Fortsetzung der Riefen des Stiels mit niedrigen Rippen versehenen Körper, dem Quellpolster. Im Wasser öffnen sich Dolden und Döldchen. Die geöffnete Dolde stellt einen glocken-trichterförmigen Körper dar, dessen Aussenwand von den längeren äusseren Strahlen gebildet wird, während die Innenfläche, bei der allmählichen Längenabnahme der Strahlen nach innen, oberwärts dicht mit noch grösstentheils ihre Früchte tragenden Döldchen besetzt ist. Durch den Regen (und Wind bei feuchtem Wetter) werden die Theilfrüchtchen verbreitet. Während hierbei nach dem anatomischen Befund ausschliesslich von dem Quellpolster die hygrochastische Bewegung ausgehen dürfte, beruht die Hygrochasia bei *Anastatica hierochuntica* (wie die Bewegung der xerochastischen *Daucus Carota*) auf dem starken Aufquellen eines dem Stengel eingebetteten dynamischen Prosenchymis. — Bei *Lepidium spinosum* kommt zu der hygrochastischen Ausstreuung der Samen die, auch anderen Cruciferen mit aufspringenden Früchten, ferner der *Collomia grandiflora* (Ausschleuderungsmechanismus) eigene Verschleimung der äusseren Zellschicht des Samens, die bei der Verschleppung, der Keimung (durch Wasseranziehung) und der Fixirung desselben eine wichtige Rolle spielen dürfte. Auch manche *Juncus*arten und *Luzula purpurea* zeigen diese Verschleimung der Samenschale, und Ascherson traf z. B. von *Juncus tenuis* die ausgetretenen Samen wie mit Klumpen von Froschlaich umhüllt. Die alte Meinung, dass die Jerichorose (ähnlich wie *Salsola Kali*, *Rapistrum perenne*, *Eryngium campestre*, *Amarantus albus* etc.) zu den Steppenläufern (Trumble-weeds) gehöre, in ihrer Kugelgestalt umherrolle, beruht auf einem Irrthum.

Eine secundäre Hygrochasia hat zuerst Steinbrinck bei einigen *Veronica*arten und bei *Caltha palustris* nachgewiesen. Das Aufspringen der Kapseln bezw. Theilfrüchte erfolgt hier zwar xerochastisch, die Oeffnung erweitert sich aber hygrochastisch, so dass nur durch das Wasser (Regenwasser, Ueberschwemmungswasser) die Samen verbreitet werden können. Besonders findet

sich diese secundäre Hydrochastie bei den an nassen Standorten wachsenden Ehrenpreisarten *Veronica Anagallis*, *V. Beccabunga*, *V. scutellata*, auch *V. arvensis*, *V. serpyllifolia* und *V. officinalis* gehören hierher; während *V. agrestis*, *V. hederifolia* und *V. triphyllos* fast gar nicht hydrochastisch sind. Während eine Windverbreitung hier wie auch bei *Caltha palustris* eine nutzlose Verstreuerung der Samen zur Folge haben würde, kommen die nur bei Regen etc. frei werdenden Samen durch das abfließende Wasser an die Orte, denen sie angepasst sind. Dieses gilt auch für die in Felsklüften und Mauerritzen wachsenden Arten von *Sedum* (*Sedum acre*, *Sedum annuum* etc.), während z. B. *Sedum Maximowiczii* xerochastisch ist), *Veronica Cymbalaria* etc., deren Samen nur durch das Regenwasser an den Ort ihrer Bestimmung gelangen können. Der Mechanismus bei *Caltha palustris* ist der folgende. Nachdem die Kapseln xerochastisch aufgesprungen, erweitert sich die Oeffnung hydrochastisch durch Auswärtsbiegung des einwärts gekrümmten oberen Theiles und Auseinanderweichen der Früchtchen. Bei den *Veronica*-arten erweitert sich die Oeffnung durch horizontale Dehnung der Scheidewand in Folge von Quellung ihrer Epidermiszellen, durch die die Klappen aus einander gedrängt werden. — Bei den zierlichen Pilzen der Gattung *Cyathus* (*C. Olla*, *C. Crucibulum*, *C. striatus*) und Verwandten quellen die äusseren Schichten der in einem Becher befindlichen Früchtchen auf, so dass sie sich gegenseitig über den Rand des Bechers erheben und, von ihren Stielen losgerissen, durch das abfließende Regenwasser verbreitet werden.

§ 102. Auch Ableger, Knospen, Knöllchen und ähnliche Anpassungen sind als hydrochore Verbreitungsausrüstungen hier zu erwähnen. Bei Teichlinsen (*Lemna*), dem Froschbiss (*Hydrocharis morsus ranae*), den Wasserschlaucharten (*Utricularia*), der Aldrovandie (*Aldrovanda vesiculosa*) und vielen anderen Schwimmpflanzen unserer Seen und Teiche werden im Herbst besondere Wanderknospen gebildet, die am Ende der Vegetationsperiode sich ablösen und durch die Strömung des Wassers verbreitet werden, um auf dem Boden der Gewässer zu überwintern und dann im Frühjahr wieder zur Oberfläche zu steigen und dort durch reichliche Sprossung eine üppige Vegetation zu erzeugen. Bei der Krebssechere (*Stratiotes aloides*) besorgt eine offene Rosette, bei dem Seegrass *Cymodocea antarctica* der eigenthümlich umgestaltete Sprossgipfel, der sich ablöst und am Boden durch seine vier kamm-

förmigen Schuppen verankert wird, diese Verbreitung. Bei unseren Potamogetonarten und anderen Pflanzen steigen die Wanderknospen nicht wieder zur Oberfläche, sondern keimen am Boden und senden von da ihren daselbst festgewurzelten Stamm zur Oberfläche. Bei vielen Bewohnern unserer Flüsse und Bäche, Flussufer, Teichränder etc. zeichnen sich die Aeste durch Brüchigkeit (*Salix fragilis*, Bruchweide etc.) aus und können weit fortgeschleppt werden. So sind die Wasserpest (*Elodea canadensis*), das Hornblatt (*Ceratophyllum*) durch Ableger wie durch abgebrochene und (durch Wasserthiere) abgerissene Zweige rasch verbreitet worden. *Elodea canadensis*, die in den dreissiger Jahren nach Europa kam, hat sich von den botanischen Gärten aus in Flüssen, Teichen, Schiffahrtskanälen und anderen Gewässern zum Theil so rasch und massenhaft verbreitet, dass sie Kanäle verstopfte und man glaubte, sie würde die Gewässer völlig ausfüllen und alles andere Pflanzenleben verdrängen. Auch *Ceratophyllum* zeigte an manchen Orten die Anlage zu einer zweiten *Elodea*, ihrer Verbreitung kommen die verankernden Enddorne der Blätter zu Statten, denen sie den Namen Hornblatt verdankt. Bei anderen Pflanzen sind die zerbrechlichen und nach ihrer Loslösung im Wasser schwimmenden Rhizome die Ursache weiter Verbreitung in unseren Flussläufen, so beim Kalmus, den Schwertlilien, *Phellandrium aquaticum* etc. (Vgl. auch Vincent von Borbas, Essai sur „la peste des eaux“ du lac Balaton. Bull. Soc. Hongroise de géographie XIX, 1891. Num. 9—10.)

Wie die Samen und Früchte, so können auch Ableger von Landpflanzen, die an feuchten Orten wachsen, der Verbreitung durch den Regen angepasst sein. Dies ist der Fall bei den Brutknospen des gemeinen Lebermooses (*Marchantia polymorpha*) und vieler anderen Leber- und Laubmoose (*Leucobryum*, *Orthotrichum*, *Barbula* etc.). Die Feigwurz, *Ficaria verna*, bildet in den Blattachsen kleine Knöllchen, welche durch den Regen ausgewaschen und verbreitet werden und an manchen Orten derart angeschwemmt werden, dass sie zu dem Aberglauben eines „Kartoffelregens“ Veranlassung gegeben haben. Die Knöllchen tragende Form der Feigwurz bildet fast nie Früchte aus. — Auch andere Bulbillen erzeugende Pflanzen werden durch den Regen verbreitet, so manche Liliaceen, wie z. B. *Gagea bulbifera* der südrussischen Steppen. Die Mannaflechten (*Lecanora esculenta*, *L. desertorum*, *L. Jussufii*), welche essbar sind, werden gleichfalls massenhaft durch das Regen-

wasser verbreitet. Ihre Krusten werden im Alter brüchig und lösen sich von der Unterlage ab, indem sich die Ränder zurückrollen. In regenarmen Gegenden werden die so entstehenden Ballen durch den Wind fortgerollt, in regenreichen Gegenden dagegen durch das Wasser fortgespült. Zuweilen werden dieselben in Vertiefungen in solcher Menge zusammengeschwemmt, dass sie (nach Kerner) Haufen von 4—6 Zoll bilden und dass ein einzelner Mann täglich leicht 4—6 kg (12,000—20,000 Stück) von Erbsen- bis Haselnussgrösse eintragen kann. In den Steppengebieten und den Hochländern des südwestlichen Asiens werden die Mannflechten in Hungerjahren zu Brod verbacken. Grössere „Mannaregen“ fanden z. B. 1824, 1828, 1841, 1846, 1863, 1864 dort statt.

Kapitel XII. Verbreitung der Pflanzen durch den Wind (anemochore Ausrüstungen).

1. Kryptogamen.

§ 103. Die anemochoren Ausrüstungen der Kryptogamen werden in mancher Hinsicht nur die Einrichtungen zur Verbreitung des Blütenstaubes windblüthiger (anemophiler) Pflanzen (vgl. den letzten Abschn.) wiederholen, da in morphologischer Hinsicht Pollenkörner und Sporen, Antheren und Sporenkapseln grosse Aehnlichkeit haben. Die Antheren anemophiler Pflanzen müssen dem Wind leicht zugänglich und leicht beweglich sein, ihre Pollenkörner sind glatt, von geringem specifischen Gewicht. Gleiches gilt auch von den Sporenträgern oder Sporenbehältern und Sporen anemochorer Kryptogamen. Diese Analogie zwischen anemophilen und anemochoren Einrichtungen im Gegensatz zu den zoophilen und zoochoren ist z. B. recht deutlich bei den Brandpilzen. Die leichten, glatten, meist winzigen Sporen der Brandpilzgattungen *Ustilago* und *Tilletia* gehören überwiegend solchen Arten an, die sich offen an Stengeln, Blättern, Blütenständen windblüthiger Pflanzen entwickeln, während die Sporen, deren Sculpturen lebhaft an die der Pollenkörner entomophiler Pflanzen erinnern (Compositen etc.), d. h. die netzförmigen, stacheligen, höckerigen Sporen, an verdeckten Orten und besonders häufig in den Blütenständen solcher Pflanzen gebildet werden, deren Blüten

durch die Vermittlung von Insecten bestäubt werden, deren Verbreitung (an Stelle des sonst daselbst vorhandenen Pollens) die Insecten besorgen. So schmarotzen in den Antheren: *Ustilago violacea* bei Sileneen, *Ustilago major* bei *Silene otites*, *Ustilago Holostei* bei *Holosteum umbellatum*, *Ustilago Scabiosae* bei *Knautia arvensis*, *Ustilago Succisae* bei *Succisa pratensis*, *Ustilago Scorzonerae* bei *Scorzonera*, *Ustilago Betonicae* bei *Betonica*, *Ustilago Pinguiculae* bei *Pinguicula*. Sie haben alle netzförmig angeordnete Leisten des Epispors. Ebenso sind die in den Antheren und Ovarien von *Gagea*, *Muscari* (*Ustilago Vaillantii*), *Turnera* (*Ust. Urbaniana*), *Cerastium* (*Ust. Duriaeana*) etc. vorkommenden Arten mit warzigen Sporen versehen. In der Gattung *Urocystis* sind die eigentlichen Sporen von mehreren kleineren, steril gebliebenen, oft farblosen Sporen hüllenartig umgeben; sie erinnern an die mit Luftsäcken (Nebenzellen) versehenen Pollenkörner der Coniferen und es finden sich diese Arten meist an Blättern, Stengeln etc., wo keine Insecten hinkommen (*Urocystis Anemones*, *Urocystis Colchici*, *Polycystis occulta* etc.).

Nur eine Anpassung der Entwicklung ist vorhanden bei den Pilzen, welche mit abfallenden Blättern durch den Wind verbreitet werden und erst im Frühjahr ihre Sporen reifen, wie *Rhytisma acerinum* etc.

Auch bei den Rostpilzen finden sich mancherlei Sonderanpassungen an die Verbreitung durch den Wind. So besitzen z. B. einige *Puccinia*-arten zweierlei Teleutosporenformen, solche mit festem Stiel und schlanker glatter Spore (*forma persistens*) und solche mit leicht zerbrechlichem Stiel und breiter gestreifter Spore (*forma persistens*), deren erste der Sicherung des Fortkommens der Art an Ort und Stelle dienen dürfte, während die letztere der Weiterverbreitung angepasst erscheint. Diese Diplocarpie, die sich z. B. bei *Puccinia Veronicae*, *Puccinia Chrysosplenii* etc. findet, erinnert an den Frucht polymorphismus von *Diplocarpon pluviale*, *Calendula*-arten etc. von gleicher biologischer Anpassung. Vielleicht dienen auch eben so wohl als Luftsäcke, wie zur Loslösung der Sporen die „Cysten“ der vielzelligen *Ravenelia*-Teleutosporen (vgl. mein Lehrbuch der niederen Kryptogamen, p. 406, Fig. 9, 25), wie die aufgequollenen Stiele der Rostgattungen *Pileolaria* etc. (l. c. Fig. 9, 4 und 10, im Gegensatz zu den verzweigten Stielanhängseln von *Puccinia appendiculata*, Fig. 9, 8). Unter den *Gasteromyceten* zeigen ausgeprägte anemochore Aus-

rüstungen unsere Boviste (Lycoperdaceen) und Erdsterne. Es stäuben die mit massenhaftem Sporenpulver erfüllten Kugeln unserer Boviste und Erdsterne nicht allein durch eine besondere Mündung oder nach Aufreissen der ganzen oberen Peridie in den heftigen Herbstwinden sehr reichlich, vielfach finden sich auch besondere Vorrichtungen, durch welche die leichten luftigen Kugeln derselben vom Boden losreissen, um sich durch die Herbststürme mit ihrem Sporenhalt weithin verbreiten zu lassen; während eine grosse Zahl ihrer Verwandten, besonders in den Tropen, durch farbenprächtige, buntgestaltete Formen und lebhaften (Aas-)Geruch (hierher gehört auch unsere Stinkmorchel *Phallus impudicus*) zahlreiche Insecten anlocken, welche den Sporenbrei verbreiten. Eine der auffälligsten Formen mit entomochoren Ausrüstungen — im Gegensatz zu diesen windstäubenden Gasteromyceten — ist die Kalchbrennera *Tuckii*, bei der sich aus der weissen, am Boden festgehefteten äusseren Peridie ein gelblicher wabiger Stiel mit dunkelbraunem, netzartig durchbrochenem, rundlichem morchelartigen Hut (mit der Sporenmasse) erhebt und vom Hute aus korallenartige, lebhaft rothe verzweigte Fortsätze sich ausbreiten. Sie wird offenbar durch Taginsecten besucht, während die gleichgestaltete weisse und im Dunkeln phosphorescirende *Kalchbrennera corallocephala* eine Anpassung an Nachtinsecten darzustellen scheint. Bei *Anthurus Muellerianus*, *Anthurus Woodii* trägt der wabige Stiel oben einen mit strahligen, lebhaft rothen Randstrahlen sich öffnenden Becher, während der geöffnete rothe Hut der *Aseroë rubra* einem Medusenhaupt gleicht. Bei *Clathrus cibarius* mit weitmaschigem Gitternetz ist letzteres theils lebhaft roth, theils weiss (Nachtinsecten). (Vgl. Ludwig, Lehrb. d. nied. Krypt., p. 502 ff., „Pilzblumen und windstäubende Pilze“.)

§ 104. Bei den Sporenbehältern windstäubender Kryptogamen finden sich häufig Vorrichtungen, die Sporen so dem Winde darbieten, dass sie ein zu plötzliches Verstäuben derselben hindern, ein allmähliches, absatzweises Verstäuben bewirken. Hierzu gehören die Capillitiumfasern und „Schleuderzellen“ oder Elateren. Erstere finden sich z. B. bei vielen Gasteromyceten und Myxomyceten (Schleimpilzen), sowie bei dem merkwürdigen javanischen Brandpilz *Ustilago Treubii* (wo bestimmte Zellen das Capillitium liefern). Sie bilden ein Gewirre zarter gewundener Fäden, zwischen denen die Sporen liegen, und die nach Zersprengung der

Fruchtwand zunächst einen Theil der Sporen dem Winde darbieten. Erst allmählich heben sich bei trockenem Winde die tiefer gelegenen Schichten empor und bringen immer neue Mengen von Sporen zur Verstäubung. Aehnliche Bedeutung haben die fälschlich sogenannten Schleudern (langgestreckte fädige Zellen mit schraubigen Verdickungsleisten) der mit Klappen aufspringenden Sporenkapseln der Lebermoosfamilien der Anthoceroteen (zweiklappig aufspringend), Jungermanniaceen (vierklappig aufspringend) und Marchantiaceen (mehrklappig). Eine andere Bedeutung haben die sogenannten Schleudern der Schachtelhalme, die hier gleich erwähnt werden mögen. Die Sporen derselben besitzen eine doppelte Zellhaut, deren äussere sich bei trockenem Wetter in Form zweier Spiralbänder ablöst, die am Kreuzungspunkt mit der inneren Spore in Verbindung bleiben. Bei trockener Luft rollen sich diese Bänder auf und bilden vier kreuzweis gestellte Flügel, welche dem Winde als Angriffsfläche bei der Verbreitung der Sporen dienen. Bei feuchtem Wetter rollen sich die Bänder wieder zusammen und liegen der Spore dicht an (ähnlich wie die Schale eines regelmässig geschälten Apfels diesem anliegt), so dass die Spore ungehindert an den zur Keimung günstigen feuchten Ort gelangen kann (z. B. durch Regenwasser). Bei regnerischem Wetter werden die reifen Sporen direct zur Erde geschwemmt und durch das Regenwasser verbreitet.

Bei den meisten Laubmoosen springt die Sporenkapsel durch einen Deckel auf und es werden die Sporen durch den Wind aus der meist gestielten Kapsel herausgeschüttelt. Die Schleudern zum Festhalten der Sporen sind hier überflüssig und nicht vorhanden. Dagegen finden sich andere Vorrichtungen zur Regulirung der Sporenentleerung. So gestattet bei den meisten Moosen ein Zahnbesatz (Peristom) der geöffneten Kapsel (das Peristom) nur ein allmähliches Verstäuben bei günstigem Wetter. Bei den Widerthonmoosen, *Polytrichum*, findet sich die Sporenmasse der entdeckelten Kapsel noch von einem dünnen weissen Häutchen, der Paukenhaut, überdeckt, die, von den Zähnen des Mundbesatzes festgehalten, die mit einer Ringleiste versehene Mündung des becherförmigen Gehäuses verschliesst. Bei Regen und Thau sind die Zähne des Mundbesatzes stark einwärts gekrümmt und das Häutchen bildet einen festen Verschluss der Kapsel und Schutz der Sporen gegen das Wasser. In trockener Luft biegen sie sich soweit nach aussen, dass das Häutchen über die Ringleiste emporgehoben wird und zwischen den Zähnen kleine Löcher ent-

stehen, aus welchen der Wind die Sporen wie den Sand aus einer Streubüchse herausschüttelt. (Die Paukenhaut ist eine Verbreiterung der Columella.) Bei anderen Laubmoosen, z. B. den Bryaceen, bei denen das Häutchen fehlt, bilden die spitzen hygroskopischen Zähne bei feuchtem Wetter selbst einen dichten Verschluss der Sporenkapsel, während sie bei trockenem Wetter sich nach aussen aufrichten und ein allmähliches Ausstreuen der Sporen gestatten. Bei *Trochobryum carniolicum* u. a. wird der Deckel durch das sich streckende Säulchen (inmitten der Sporenkapsel) noch längere Zeit über der Urnenmündung getragen und bildet mit dem Zahnbesatz den regulirenden Verschluss, erst zuletzt fällt er ab und der Zahnbesatz und die Urne biegen sich völlig zurück, so dass alle noch etwa übrigen Sporen ausfallen. Auch bei *Stylostegium* bleibt der Deckel eine Zeit lang auf der gestreckten Columella, das Peristom fehlt und wird durch eine Haut vertreten.

Bei anderen Arten ist ein mehrfaches Peristom vorhanden. So bei *Cinclidium*, wo neben einem äusseren Peristom mit gestutzten Zähnen sich noch ein dieses weit überragendes inneres Peristom findet, dessen 16 Fortsätze oben zu einer an der Spitze durchbohrten Kuppel gegenseitig verwachsen sind. Bei *Conostomum* bilden die Zähne des einfachen Mundbesatzes einen buchtig-kegeligen Verschluss, indem sie an den Spitzen gegenseitig gitterartig verbunden sind, so dass die grosswarzigen Sporen nur bei sehr trockenem heftigen Wind verbreitet werden können.

Bei den gleichfalls dem Regen und Thau ausgesetzten Sporengehäusen der Mondraute, *Botrychium*, findet die Oeffnung durch einen Querriss statt, der sich aber nur bei trockenem Wetter erweitert und ein Ausschütteln der Sporen durch den Wind ermöglicht, während sich die Klappen bei feuchtem Wetter schliessen. Aehnliches gilt für die Sporangien der Bärlappgewächse (*Lycopodiaceen*) und Schachtelhalme (*Equisetaceen*). Bei den meisten Farnen finden sich die Häufchen der Sporangien auf der Unterseite der Wedel und sind so gegen Feuchtigkeit geschützt.

2. Phanerogamen.

§ 105. Ausrüstungen, welche die Verbreitung der Samen durch den Wind vorbereiten, aber zugleich eine weitere Verbreitung sichern, sind die karpotropischen Bewegungen (Aufrichtung der Fruchstiele kurz vor dem Oeffnen der Kapseln etc.),

sowie Einrichtungen den oben erörterten analog, welche ein allmähliches Ausstreuen der Samen bei windigem Wetter, einen Schluss der Früchte bei feuchtem Wetter zur Folge haben. Dem Peristom der Moose biologisch gleiche hygroskopische Zähne, die bei Regen und Thau die Frucht fest verschliessen, bei trockenem Wetter die allmähliche Ausstreuung der Samen bewirken, finden sich z. B. an den Kapseln von *Silene nutans*, *Cerastium*, *Spergula*, *Dianthus*, *Lychnis*, *Linaria*arten, *Campanula rapunculoides* etc. Bei der ähnlich sich verhaltenden *Agrostemma* sterben die langen Schutzzähne des Kelches vor der Samenreife ab und brechen ab. Bei den *Pirola*arten entstehen an der nach oben gerichteten Basis der hängenden Kapsel klaffende Spalten, bei *Pinguicula* springt die Kapsel zweiklappig auf, schliesst sich aber bei feuchtem Wetter. Bei den meisten Orchideen finden sich nur schmale Spalten an den Seitenwänden der Kapseln, die sich bei feuchtem Wetter schliessen.

Trockenfrüchte, die sich durch Löcher oder Poren von scharfer Begrenzung oder an bestimmt vorgezeichneten Stellen öffnen, finden sich bei den *Campanulaceen*, bei *Antirrhinum*, *Linaria*, *Papaver*. Günther von Beck unterscheidet bei ihnen vier Typen des Öffnungsmechanismus der Porenkapseln:

„1. Bei den *Campanulaceen*-Gattungen *Campanula*, *Adenophora*, *Trachelium*, *Phyteuma*, *Specularia* erfolgt die Bildung der zwischen den Nerven des Pericarps befindlichen Löcher durch die Auswärtskrümmung von in gewissen Partien der Scheidewände gebildeten keilförmigen Sclerenchymmassen, die ihre schmälere Kante dem Mittelsäulchen, die Breitseite jedoch der Aussenseite der Kapsel zuwenden. Diese Sclerenchymmassen befinden sich stets in dem dem Erdboden abgewendeten Theile der Kapsel; bei den hängenden und nickenden Früchten, an welchen sie sich nach abwärts krümmen (wie z. B. bei *Campanula alpina*, *C. rotundifolia*, *C. rapunculoides*, *C. Trachelium*, *C. latifolia*, *C. pulla*, *C. pusilla*, bei *Adenophora*, *Trachelium*, *Symphyandra*, *Michauxia*) am Grunde der Kapseln; hingegen bei den aufrechtstehenden Früchten, an welchen sie sich nach aufwärts krümmen (wie z. B. bei *Campanula carpatica*, *C. patula*, *C. Rapunculus*, *C. persicifolia*, *Phyteuma*, *Specularia*), am oberen Theile der Kapsel; ihre Zahl entspricht jener der Scheidewände, beträgt daher z. B. bei *Campanula* gewöhnlich drei. Sie verschmälern sich messerartig stets gegen den dem Erdboden zugewendeten Theil

der Kapsel und lösen sich bei der Austrocknung mit ihrem dickeren Theile vom Mittelsäulchen ab, krümmen sich unter Comprimirung der Scheidewände nach auswärts und reißen durch diese Bewegungen eine ihrem Umfange entsprechende Oeffnung (Pore) in die Kapselwand ein. Die Stellung derselben ist an den halbreifen Kapseln durch aussen wahrnehmbare Furchen oder Gruben am Pericarp ersichtlich.

2. Bei der Gattung *Musschia* erfolgt die Oeffnung des Pericarps durch mehrere über einander stehende transversale Spalten, welche durch Sprünge an den zwischen starken Gefässbündelmassen trommelfellartig ausgespannten zarten Pericarpwandungen entstehen. Die Anzahl dieser Spalten beträgt bei *M. aurea* fünf bis zehn, bei *M. Wollastoni* eins bis fünf.

3. Bei der Gattung *Antirrhinum*, deren Kapselbau Kraus (in Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V, p. 3) beschrieben hat, entstehen die Löcher in genau vorgezeichneten Wölbungen an der Spitze der Kapselwandung. Die Sprengung des Pericarps geschieht hier unregelmässig, plötzlich, indem das mit starker Hartschichte ausgestattete Pericarp sich im Austrocknen mehr zusammenzieht als die genannten Wölbungen, welche nur mit einer einreihigen Sclerenchymsschicht von palissadenförmigen Zellen ausgerüstet sind. In Folge dieses Druckes, dem die Wölbungen nicht Folge leisten können, entstehen unregelmässige Risse, welche Zähne abschneiden, die sich nach aussen unrollen und somit eine unregelmässig gestaltete Oeffnung im Pericarp fertigstellen. Von *Linaria*arten ist eine ähnliche Oeffnungsweise bekannt geworden, doch erfolgt dieselbe unregelmässiger.

4. Bei der Gattung *Papaver* bewirken die bei der Austrocknung sich zusammenziehenden und nach aufwärts krümmenden Strahlen der Narbe die Blosslegung der Pericarpitzen, welche sich bei fortschreitender Wasserabgabe in Folge der Zusammenziehung ihrer Hartschicht längs der vorhandenen Trennungsschicht zwischen zwei Gefässbündeln ablösen und nach auswärts krümmen, in dieser Bewegung aber durch die ringförmige Anheftungsstelle der Narbe am Pericarp aufgehalten werden. Die Zahl der auf diese Weise in ihrer Ausdehnung beschränkten loculiciden Oeffnungen des Pericarps entspricht jener der in der Frucht vorhandenen Fächer.“

Bei *Centaurea Scabiosa*, *C. Cyanus* etc. ist der Hüllkelch durch die vertrockneten Blüthen völlig pfropfartig verschlossen, bis Frucht-

reife und trockenes Wetter eintritt, dann öffnet sich der Hüllkelch weit xerochastisch. Bei *C. Jacea* haben die Samen keine Haarkrone, sind aber klein und leicht.

Bei den Kapsel Früchten, deren Samen selbst keine andere Anpassung an die Windverbreitung als geringe Grösse und geringes specifisches Gewicht haben, sind die Oeffnungen stets nach oben gerichtet; nur da, wo ein Ausschleuderungsmechanismus u. dgl. hinzukommt, oder die Samen an zarten Fäden aufgehängt bleiben, springen die Kapseln an dem bodenwärts gewendeten Scheitel auf, wie z. B. bei *Funkia ovata*, *F. Sieboldi*, *F. subcordata* etc.

Das Oeffnen der Früchte, deren Samen durch den Wind verbreitet werden, erfolgt überhaupt nur unter dem Einfluss trockener Winde, die den in Folge des Aufspringens ausfallenden Samen erfassen und weithin verbreiten. So geschieht das Aufspringen der Kiefernzapfen und Lärchenzapfen und die Verbreitung ihrer geflügelten Samen nur in den trockenen Stunden des Nachmittags, besonders bei Ostwind, Südwind oder Südwestwind (nach W. Vonhausen, Allgem. Forst- und Jagdzeitg., 1881, 57. Jahrg., p. 431).

Bei den samenreichen Früchten, deren Samen Wollanhängsel haben, wie bei *Gossypium*, *Populus*, *Salix*, *Asclepias*, *Paulownia*, *Epilobium* wird durch das allmähliche Aufspringen der Fruchtkapseln und Fruchtschoten, sowie durch die allmähliche Austrocknung und Aufbauschung der Wollanhängsel dasselbe erreicht, wie durch Capillitien und Schleudern der Kryptogamen. Besonders zierlich gestaltet sich der Vorgang z. B. bei *Epilobium*, wo die wolschopfigen Samen zwischen den von oben nach unten sich ablösenden Fruchtklappen aufgehängt bleiben, bis sie vom Luftzug fortgeführt werden und neue Samen zwischen den weiter sich öffnenden Klappen aufgehängt werden.

Bei gewissen Orchideen (*Vanda teres*, *Dendrobium* etc.) bilden im Innern der Kapsel hygroskopische haarförmige Zellen eine Art Capillitium, durch das die ungeflügelten leichten Samen aus den Spalten der Kapsel an die Luft befördert werden, während z. B. bei *Cattleya* die Ränder der Fruchtklappen durch ein Netz verbunden bleiben, wodurch ein klumpenweises Ausfallen der Samen verhindert wird.

Vielfach finden sich, besonders bei den vielsamigen Früchten mit Flügelsamen, besondere Vorrichtungen, die beim Oeffnen der Früchte den Samen eine nützliche Anfangsrichtung des

Falles geben, so z. B. bei *Pithecoctenium*, bei welchem nach Abspringen der Fruchtklappen eine glatte Scheidewand, aus dem sie umgebenden Rahmen einseitig frei werdend, eine schiefe Ebene bildet, auf welcher ein Theil der Flügelsamen herabgleitet und so eine zur Weiterverbreitung geeignete Anfangsrichtung erhält.

§ 106. Die Ausrüstungen der Früchte und Samen selbst zur Verbreitung durch den Wind können von dreierlei verschiedener Art sein. Sie können bestehen 1. in der Kleinheit und Leichtigkeit der Fortpflanzungsorgane, 2. in flügelartigen Anhängseln, Windsäcken und Luftsäcken, oder 3. in haarigen oder federigen Gebilden.

Kleinheit der Samen.

Während die Mehrzahl der Sporen, Brutzellen, Soredien etc. der Pilze, Algen, Flechten, Moose, Farne so leicht ist, dass sie auch ohne merklichen Luftzug schwebend erhalten bleiben — die Luft enthält nicht nur Bakterien, sondern auch die genannten Fortpflanzungskörper überall in grosser Zahl, wie Gelatineculturen ihrer Beimengungen beweisen —, finden sich bei höheren Gewächsen kaum Samen, die in der ruhenden Luft schweben könnten. Wohl aber giebt es eine grössere Anzahl von Pflanzen mit sehr leichten und winzigen Samen, die in bewegter Luft weithin verbreitet werden können, und zwar in den verschiedensten Familien, und es ist die Grösse ihrer Samen unabhängig von der Grösse der daraus erwachsenden Pflanzen selbst — ein Beweis, dass wir es mit einem biologischen Merkmal zu thun haben. Zu diesen winzigen Samen gehören z. B. die der Orchideen (ein Same von *Goodyera repens* wiegt nur 2 Tausendstel eines Milligramms), von *Monotropa* (0,000003 g), *Pirola*, *Orobanche*, *Ledum*, *Philadelphus*, *Deutzia*, *Nepenthes*, *Parnassia*, *Drosera* etc., deren Bau zugleich ein geringes specifisches Gewicht ergiebt. So ist der kuglige oder elliptische solide Körper der Orchideensamen von einer häutigen Hülle umgeben, die meist in die Länge gestreckt ist und ihn zur Reife ganz lose umgiebt. Nach Kronfeld erfährt bei *Orchis Morio* die Inflorescenzspindel nachträglich bedeutende Verlängerung, so dass die Samen leichter über die umgebenden Gräser etc. hinweggetragen werden können. Exemplare, deren Blüthen unbefruchtet bleiben, wachsen nicht mehr.

Auch bei etwas grösseren Samen findet sich ein oft geringes spezifisches Gewicht, das noch durch die abgeplattete Form derselben und eine Anordnung des Schwerpunktes unterstützt wird, welche eine senkrechte Einstellung der Breitseite gegen die Fallrichtung und damit einen erhöhten Luftwiderstand zur Folge hat. Oft ist der scheiben-, schuppen- oder blattförmige Samen noch mit einem häutigen Saum oder einem Strahlenkranz dünner Fortsätze versehen. Hierher gehören viele Irideen (*Iris*), Liliaceen (*Lilium*, *Tulipa*, *Fritillaria*), Scrophulariaceen (*Alectorolophus*, *Veronica*), Crassulaceen, Lytharieen, Begoniaceen, Campanulaceen, Orobancheen, Lobeliaceen, Cistaceen, viele Myrtaceen, Caryophylleen (*Lepigonum*, *Spergula* etc.), Melastomaceen, Gentianeen, Papaveraceen, Saxifrageen etc.

Seltener sind Früchte ganz oder in Stücken, in die sie bei der Reife zerfallen, so klein und leicht, um einfach vermöge ihres geringen Gewichtes vom Winde verbreitet zu werden. Zu ihnen gehören z. B. die Früchte von *Urtica*, einigen Malvaceen und vielen Labiaten, ferner (an deren Bildung ausser dem Fruchtknoten noch andere Organe theilgenommen haben) die Theilfrüchte der Umbelliferen *Apium*, *Bupleurum*, *Ammi*, *Pimpinella*, die Früchte der Compositen *Artemisia*, *Bellis*, *Matricaria* etc.

§ 107. Flügelanhänge zur Windverbreitung

(vgl. hauptsächlich Friedr. Hildebrandt, Die Verbreitungsmittel der Pflanzen, Leipzig 1873).

Flügelanhänge als anemochore Ausrüstungen finden sich in der grössten Mannigfaltigkeit und in den verschiedensten Theilen der Samen, Früchte und ihrer Umgebung. Flachgedrückte Samen mit häutigem Rand von verschiedener Breite besitzen z. B. die Cruciferen *Alyssum montanum*, *Lunaria biennis*, *Platyspermum*, die Liliaceen *Lilium candidum*, *Scilla maritima*, ferner *Veratrum*, *Cinchona*, *Syringa*, *Linaria vulgaris*, *Azalea pontica*, *Sweetia perennis*, *Gentiana lutea*, *Nigella orientalis*, *Cobaea scandens*, *Lophospermum scandens*, *Danais fragrans*, *Eccremocarpus*, *Jacaranda*. Einen Kranz von kleinen Flügeln hat der Same von *Heliosperma alpestre*. Einseitige membranöse Flügel haben z. B. die Samen von *Banksia*, *Dryandra*, *Casuarina*, *Cedrela*, *Swietenia Mahagoni*, *Conchium*, *Knightia*, *Tromsdorfia* (Gesneriacee), *Pterygota* (Sterculiacee), *Laplacea*, *Gordonia* (Ternströmiacee), *Diplusodon* (Lythariee), *Kageneckia*, *Quillaia*, *Vauquellinia* (Ro-

sacee) etc. Zweiflügelige Samen finden sich z. B. bei *Bignonia muricata*, *Tecoma australis*, *Catalpa bignonioides* und bei den Ternströmiaceen *Kielmeyeria* und *Maburea*, dreiflügelige bei *Moringa pterygosperma*. Bei *Cimicifuga foetida* ist der Same ganz mit kleinen Flügelschuppen bedeckt, bei *Aristolochia Siphon* etc. ist der Same flügelig-schwammig.

Noch mannigfaltiger ist die Flügelausrüstung, welche der Fruchtknotenwand ihren Ursprung verdankt. Hierher gehören mit längs gestelltem Flügelrand die Früchte der Cruciferen *Isatis tinctoria*, *Peltaria*, *Clypeola Jonthlaspi*, die Papilionaceen *Trigonella platycarpa* und *Pocockia cretica*, ferner *Anemone narcissiflora*, *Corispermum hyssopifolium*, *Pterocarpus hemiptera*, *Oxyria*, *Ulmus*, *Ptelea trifoliata*; mit sichelförmig gebogener Fruchthülse *Medicago nummularia*, mit zahnförmiger Frucht *Aethionema heterocarpum*, mit horizontal (äquatorial) verlaufendem Flügel *Paliurus australis*, *Paliurus aculeatus*, *Cycloloma platyphyllum*. Bei *Commelina coelestis* und *C. tuberosa* entlässt die Kapsel beim Aufspringen aus zwei Fächern die Samen, während um den dritten in seinem Fache eingeschlossen bleibenden Samen die Hälften der anderen Fächer einen Flügelrand bilden.

Einflügelige Früchte mit einseitigen Flügeln finden sich: bei *Fraxinus*, *Ventilago*, *Liriodendron* etc. (bei einigen *Begonia*-arten mit einflügeliger Kapsel dient der Flügel nur zum Ausschütteln der zahlreichen kleinen Samen), erwähnt seien hier auch (obwohl der Flügel von den oberen Zellschichten der Fruchtschuppen gebildet wird) die Flügelfrüchte der Coniferen (*Pinus*, *Abies*, *Picea* etc.). Zweiflügelige Früchte finden sich bei den Ahornarten, bei *Biscutella* (Auseinanderfallen in zwei einflügelige einsamige Früchte), bei *Thlaspi*, *Iberis* und *Aethionema* (Auseinanderfallen in zwei einflügelige Stücke, die mehrsamig sind), *Betula*, *Alnus viridis*, *Oxyria elatior* (nicht zerfallend), bei den Umbelliferen *Imperatoria Ostruthium* etc., den Compositen *Silphium*, *Zinnia*, *Anacyclus*, *Actinomeris* (zweiflügelige Früchte aus unterständigen Fruchtknoten gebildet). Dreiflügelige Früchte finden sich z. B. bei *Thalictrum aquilegifolium*, *Rheum*, *Polygonum*-arten, *Tripteris* (mit einsamiger, geschlossen bleibender Frucht), *Gouania*, *Retinaria* (in drei zweiflügelige), *Urvillea*, *Seriania*, *Thouinia* (in drei einflügelige Früchte zerfallend).

Bei *Halesia*, *Combretum*, *Tetrapterygium* etc. sind die Früchte vierflügelig, bei *Pentaptera*, *Chuncoa*, *Pouretia* (nicht zerfallend), *Seringia* (in fünf einflügelige Stücke zerfallend), fünfflügelig, bei

der Crucifera Hexaptera sechsflügelig, bei *Tripterococcus* und *Triopteris* neunflügelig (in drei dreiflügelige Theile zerfallend) und bei *Eryngium planum* und anderen Arten vielflügelig.

Blasige Früchte finden sich z. B. bei *Staphylea*, *Colutea*, *Cysticapnus*, *Cardiospermum*, *Koelreutera*, *Nigella damascena*, *Echinocystis lobata* (Cucurbitacee).

In einer Reihe von Fällen bildet die Blumenkrone, nachdem sie ihre Function als Schaumittel für die bestäubungsvermittelnden Insecten erfüllt hat, eine flügelige Verbreitungsausrüstung, so bei *Melampodium paludosum*, bei *Schkuhria abrotanoides*, *Trifolium badium* (hier bildet das *Vexillum* einen kahnartigen, häutigen Flügel), *Cephalophora aromatica* (die blasige, oben offene Blumenkrone bleibt als Flugmaschine an dem *Achaenium*), bei *Adlumia cirrhosa*, *Abronia umbellata* (der die einsamige Frucht umschliessende Theil des Perigons), *Dais cotonifolia*. Bei *Melanorrhoea usitata* ist der fünfblättrige Kelch hinfällig, die fünf bis sechs lebhaft rothen Blumenblätter bräunen sich nach der Befruchtung, werden membranös und bilden einen Fallschirm, in dessen Centrum die einsamige, an sich schwere Frucht getragen wird. In der Gattung *Homalium* (Bixaceen), die P. Ascherson eingehender studirt hat, vergrössern sich bei den westafrikanischen Arten *Homalium africanum*, *H. longistylum*, *H. angustifolium*, wie bei *Homalium bracteatum* von den Philippinen die fünf Blüthenblätter nach der Befruchtung wesentlich und bilden einen derbhäutigen Flugapparat. Bei der letztgenannten Art biegen sich nach der Befruchtung noch die Kelchblätter zwischen den sternförmig ausgebreiteten Blumenblättern nach innen und neigen über der Frucht zusammen. Bei einer Anzahl Arten Südafrikas (*Homalium rufescens*), der ostafrikanischen Inseln (*H. paniculatum*, *H. axillare*), Ostindiens (*H. nepalense*, *H. Zeylanicum*), Chinas (*H. fagifolium*), der Sundainseln (*H. tomentosum*) und Polynesiens (*Blackwellia rubiginosa*) vergrössern sich Kelch und Blumenblätter, die fast gleiche Grösse und Form haben, nicht wesentlich, sie sind aber mit steif abstehenden Haaren bedeckt, die über der Frucht einen aufrecht abstehenden, papyrusähnlichen Schopf bilden. Bei *Homalium grandiflorum* aus Malacca und Sumatra und bei *H. parvifolium* von Borneo vergrössern sich nach der Befruchtung die Kelchblätter und bilden den Flugapparat, während die unveränderten Blumenblätter (umgekehrt wie bei *H. bracteatum*) über der Frucht zusammenneigen.

Bei den tropisch amerikanischen Arten der Gattung, wie bei dem westindischen *Homalium racemosum*, und bei *Homalium Racoubea* und *H. pedicellatum* sind die Blumenblätter schon in ihrer ersten Function von ansehnlicher Grösse und können, ohne sich zu vergrössern, die Verbreitung der reifen Früchte erleichtern. Bei einer centralafrikanischen Art, *Homalium Abdessamadii*, fehlt schliesslich ein Flugapparat völlig, die Blumenblätter schlagen sich zurück und verschrumpfen, die holzigen, schweren Früchte bleiben mit der Achse lange in festem Zusammenhang.

Häufiger als die Blumenkrone übernimmt der Kelch die Rolle des Flugapparates. Einen Fallschirm bildet der einblättrige Kelch bei *Statice*, *Armeria*, *Valerianella discoidea*, einen besonders auffälligen bei *Salvia aurea*. Bei *Sphenogyne speciosa*, *Chardinia xeranthemoides*, *Achyropappus*, in kleinerem Massstab bei *Catananche*, *Ageratum conyzoides*, *Xeranthemum*, *Gaillardia* und anderen Compositen werden die freien Zipfel des Kelches häutig und breiten sich radförmig aus, wieder anders ist die Entstehung des Fallschirmes bei *Salsola Kali*, wo die fünf Perigonblätter nach der Befruchtung auf der Mitte ihres Rückens eine horizontale Flügelhaut bilden, während ihre obere und untere Hälfte den Fruchtknoten umschliesst. Bei *Polygala virgata* und *myrtifolia* und *Gyrocarpus Jacquini* bilden zwei von den fünf Kelchblättern jeder Blüthe, bei *Musaenia frondosa* bei zwei Blüthen des fünfblüthigen Blütenstandes je einer der fünf Kelchzipfel (die anderen sind pfriemlich) einen Flügel, *Tetraglochin palustre* hat einen vierflügeligen Kelch. Blasig wird der Kelch bei *Physalis Alkekengi*, *Anthyllis Vulneraria*, *Trifolium fragiferum*, *T. tomentosum*, *Valerianella vesicaria*, schwammig bei *Margyricarpus setosus*. (Als Windfang dient nur der blasig-häutige Kelch bei *Alectorolophus*, *Malope trifida*, *Hibiscus trionum*, vielen Labiaten.)

Der Flugapparat wird durch flügelbildende Deckblätter gebildet an der einzelnen Frucht bei *Dahlia* und *Lindheimera texana*, wo der Flügel der Frucht eng anliegt, bei *Patrinia heterophylla*, *Briza*, *Oxybaphus floribundus* (runder häutiger Fallschirm), *Moscharia pinnatifida*, bei *Poa*, *Dactylis*, *Holcus*, *Phalaris* und anderen Gräsern. Bei *Ostrya* und der *Convolvulacee Neuropeltis* umgibt das Deckblatt die Frucht blasenförmig. Einem ganzen Fruchtstand dient das Deckblatt als Flugapparat bei den Linden, bei *Bugainvillea spectabilis*, beim Hopfen (zwei Früchte mit kahnförmigem Deckblatt), bei der Hainbuche (Deckblatt drei-

theilig), bei *Oxybaphus Cervantesii* etc. sind in der Mitte des Fallschirmes mehrere Früchte befestigt. Mit Luft gefüllte Hohlräume im Internodium unter dem Fruchtstand finden sich bei *Pteranthus dichotomus*, bei *Valerianella echinata*, *Fedia Cornucopiae*, *Fedia graciliflora*.

§ 108. Haarige und federige Verbreitungsausrüstungen.

Sie treten wie die häutig-flügeligen Ausrüstungen in grosser Mannigfaltigkeit und an den verschiedensten Pflanzentheilen auf. Nach Hildebrandt lassen sich an den Samen selbst drei Formen derartiger Anhänge unterscheiden; dieselben können erscheinen als völlige Behaarung, als Haarschöpfe und als vereinzelt stehende Haare. Das bekannteste Beispiel der ersten Art liefern die Baumwollarten *Gossypium herbaceum* etc., deren Samen dicht mit den langen, die Baumwolle bildenden Haaren (auch bei den wilden *Gossypium*arten) besetzt sind. Weitere Fälle finden sich bei Samen von *Ceiba pentandra*, *Wachendorfia thyrsiflora*, *Reaumuria*, *Eichwaldia*, *Wittelsbachia insignis*, bei den Sterculiaceengattungen *Chorisia*, *Bombax*, *Eriotheca*, *Ochroma*, *Eriodendron*, den Malvaceengattungen *Fugosia* und *Serraea*.

Häufiger sind die Haarschöpfe. Sie entspringen an der Basis des Samens bei den Weiden und Pappeln und überragen den Samen, den sie einhüllen, hier vollständig. Bei einer brasilianischen, von Fritz Müller gefundenen Convolvulacee geht der Haarschopf von der Basis des Samens aus, erstreckt sich aber in zwei Linien an diesem hinauf, so dass der Same wie von einem senkrechten Haarkranz umgeben erscheint. Bei *Guzmania bicolor*, *Tillandsia*, *Caraguata* findet sich zwischen dem Haarschopf an der Basis des Samens und dem Hauptkörper des letzteren noch eine fadenförmige Verbindung. Die Samen fliegen jedoch mit dem Haarschopf nach oben wie die mit Pappus versehenen Compositenfrüchte. Bei *Roxburgia* hängt der mit Haarschopf versehene Same an einem Faden aus der geöffneten Kapsel heraus. An der Mikropyle der Samenknospe bildet sich der Samenschopf aus bei den Asclepiadeen, vielen Apocynen (*Nerium*, *Apocynum*), bei *Aeschinanthus atropurpureus* (mit einem einzelnen Haar an dem entgegengesetzten Ende des Samens). Umgekehrt bildet sich der Haarschopf an der Chalaza bei *Epilobium*, *Eriospermum*, *Hillia longiflora*, *Renealmia pendula*, auch bei den Myricaceen *Tamarix*,

Myricaria, *Trichaurus* etc., wo das Chalazaende in eine Verlängerung ausläuft, die ganz mit später abstehenden Haaren sich bedeckt. Bei *Hibiscus syriacus* ist die schärfere Umrandung des Samens mit einem Haarkranz versehen.

Einzelne lange Haare am Samen bilden den Flugapparat bei *Aeschinanthus speciosus*, *Lysionotus*, *Brocchinia*, *Pitcairnia*, *Bonapartia*, *Dulanga*.

Früchte, die mit langen, theils wollig gekräuselten Haaren versehen sind, finden sich bei *Anemone virginiana*, *A. silvestris*, *Forskolea tenacissima*, *Corymbium scabrum*, den Proteaceengattungen *Aulax*, *Petrophila*, *Isopogon*, unterständige dichtbehaarte Fruchtknoten bei den Compositen *Cryptostemma calendulaceum*, *Farchonanthus camphoratus*, *Arctotis undulata*, *Acroclinium roseum*, *Lasiospermum radiatum*. Die Früchte von *Platanus* haben einen Haarschopf an der Basis, die von *Cenospermum fruticosum* einen Wimperkranz am Scheitel, bei *Heliocarpus americanus* sind die Früchte in der Längsrichtung von einem Kranze federiger Anhängsel sehr zierlich umzogen. Der Griffel hat sich zu einem Feder- oder Haarschwanz umgewandelt und dient als Flugapparat bei verschiedenen Rosaceen, wie *Dryas octopetala*, *Geum montanum*, *G. reptans*, bei *Cercocarpus*, den Ranunculaceen *Pulsatilla*, *Atragene alpina*, *Clematis Vitalba* etc., ferner bei *Curculigo orchioides*, *Atherosperma* und *Doryophora*. Bei der Myrtacee *Verticordia oculata* wird von den fünf Blumenblättern, die die Gestalt kleiner, aus je zehn Federn zusammengesetzter Fächer haben, ein zierlicher Fallschirm gebildet. Viel häufiger bildet der Kelch den Flugapparat. Ganz mit Haaren bedeckt sind die die Frucht umschliessenden Kelche von *Axyris amaranthoides*, *Gomphrena globosa*, *Froelichia gracilis*, *Aerua lanata* (Amarantaceen), *Londesia* (Chenopodiacee). Bei vielen Compositen und einigen Valerianeen bildet der haarige oder federige Kelch eine der Frucht entweder unmittelbar aufsitzende oder gestielte Federkrone (Pappus), die sich zur Reifezeit der Samen fast horizontal ausbreitet und der Wirkung des Windes eine grosse Angriffsfläche darbietet, ausserdem einen guten Fallschirm bildet (die hygroskopischen Pappusstrahlen spielen auch bei der Befreiung der Samen von dem Fruchtboden eine wirksame Rolle). Die Fallschirme bleiben meist nur für längere oder kürzere Zeit mit den Früchten in Verbindung, lösen sich dann ab und fallen zu Boden. Aus einfachen Haaren besteht der Pappus bei *Hieracium*, *Crepis*, *Sonchus*, *Prenanthes*, *Carduus*, *Silybum* etc.,

wo er direct der Frucht aufsitzt, bei *Barkhausia*, *Lactuca* ist er gestielt. Federigen gestielten Pappus haben *Taraxacum*, *Tragopogon*, *Hypochaeris*, *Asterothrix* (*asperrima*), *Helminthia*, federig ungestielten: *Scorzonera*, *Cirsium*, *Carlina*, *Onopordon*, *Valeriana*, *Centranthus*. Bei *Tournereuxia variifolia* sitzt der Federkelch an der schiefen Spitze des *Achaenium*s seitlich an und breitet sich beim Trocknen so aus, dass er einen Federkranz um das ganze *Achaenium* bildet. Unter der Blüthe stehen die Haarbildungen bei *Eriophorum*, am verlängerten Fruchtsiel bei *Typha*; an dem Aehrchenstiel bei *Pennisetum villosum* finden sich gefiederte Anhängsel, ebenso an der Aehrchenachse von *Avena pubescens*, *Phragmites communis* etc. Bei dem Perrückenstrauch *Rhus Cotinus* löst sich von dem rispigen Blütenstand ein grosser Theil der Blüten im Knospenzustand ab, deren Stiele weiter wachsen, sich mit abstehenden Haaren bedecken und so zur Flugvorrichtung für den ganzen Fruchtstand werden. Letzterer löst sich in grösseren Stücken von der Mutterpflanze los. Die Stiele der zur Entwicklung gelangenden Blüten und Früchte sind kaum merklich behaart. Aehnliche Verhältnisse, in denen die unfruchtbaren Aehrchen den Flugapparat liefern, finden sich bei *Andropogon Ischaemum*, *Boissiera bromoides* und *Pappophorum*. Haaranhängsel an Deckblättern finden sich hauptsächlich bei Gräsern. So sind die ganzen Deckblätter (*Paleae* und *Glumae*) behaart bei *Tricholaena*, *Lasiagrostis*, *Rottboellia hirsuta*, *Lygaeum Spartum*. Die Behaarung erstreckt sich nur auf die einfachen oder getheilten Granen bei *Stipa pennata*, *St. barbata* (bei *Stipa elegantissima* wird der Flugapparat durch behaarte Rippenäste gebildet), *Aristida Schimperii*. Bei *Avena jubata* sind die Deckblätter in haarige Anhänge umgebildet. Die sechs haarförmigen *Glumae* breiten sich zur Frucht reife fast horizontal aus. Bei *Lagoecia cuminoides* sind am Stiel der einsamigen Frucht fünf mit Haaranhängen versehene Blätter, die zusammen mit dem haarig getheilten Kelch die Flugvorrichtung bilden.

Selten findet sich noch eine der Windverbreitung angepasste Vorrichtung bei *Liquidambar* (z. B. *L. styraciflua*), bei der die kugeligen Fruchthaufen an langen Stielen herabhängen, so dass die Samen aus den sich öffnenden Früchten durch den Wind herausgeschleudert werden können.

§ 109. Die bisherigen Betrachtungen galten in erster Linie den verschiedenen Formen von Flugeinrichtungen und ihrer mor-

phologischen Herkunft. Sie haben dargethan, wie die gleichen anemochoren Ausrüstungen aus den verschiedensten Organen hervorgehen können, wie ein und dieselben Ausrüstungsformen in den verschiedensten Familien zur Ausbildung gelangt sind, während andererseits innerhalb derselben Familie oder innerhalb derselben Gattung die verschiedensten Kategorien von Ausrüstungen einander vertreten können. Es beweist dies, dass es sich in diesen Einrichtungen um wirkliche biologische Charaktere handelt, erworben durch Anpassung an die äusseren Lebensbedingungen und daher in Beziehung stehend zur geographischen Verbreitung, nicht aber um systematische Eigenthümlichkeiten, die chronologisch älter, von den Vorfahren ererbt, für die taxonomische Gliederung der Gattung und Familie verwendbar sind (wie z. B. Zahl und Stellung der Staubgefässe etc.). Im Folgenden sollen die Ausrüstungen noch von einem anderen Standpunkte aus beleuchtet werden, dem ihrer mechanischen Leistung.

Die mechanischen Leistungen der pflanzlichen Flugorgane.

H. Dingler theilt in seinem Werke „Die Bewegung der pflanzlichen Flugorgane“ (München 1889. 342 S. mit 8 Taf.) die pflanzlichen Flugorgane vom mechanischen Gesichtspunkt aus in zwölf Haupttypen:

- I. Die staubförmigen Flugorgane (Beispiel *Micrococcus*, Sporen von *Lycoperdon*).
- II. Die körnchenförmigen Flugorgane (Samen von *Papaver somniferum*, *Pitcairnia flavescens*).
- III. Die blasig aufgetriebenen Flugorgane (*Cynara Scolymus*).
- IV. Die haarförmigen Flugorgane (*Pitcairnia umbricata*).
- V. Die scheibenförmigen Flugorgane (*Aspidosperma*).
- VI. Die convex scheibenförmigen Flugorgane (Früchte von *Ptelea trifoliata*, Samen von *Eccremocarpus scaber* und *Cochlospermum orinocense*).
- VII. Die fallschirmförmigen Flugorgane (*Asterocephalus*).
- VIII. Die flügel-walzenförmigen Flugorgane (*Combretum*).
- IX. Die länglich-plattenförmigen Flugorgane (*Ailanthus glandulosa*, *Bignonia unguis*, *Tecoma stans*, *Entada*).
- X. Die länglich-plattenförmigen Flugorgane mit einer belasteten

Längskante (*Bignonia echinata*, *B. cyrtantha*, *Calosanthos indica*, *Zanonia javanica*).

XI. Die länglich-plattenförmigen Flugorgane mit einer belasteten Kurzkante (*Liriodendron tulipifera*, *Fraxinus excelsior*).

XII. Die länglich-plattenförmigen Flugorgane mit einer schwach belasteten Längs- und einer stark belasteten Kurzkante (*Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Machaerium angustifolium*, *Picea excelsa*, *Abies alba*, *Pinus silvestris*, *Carpinus Betulus*, *Cedrela brasiliensis*).

Diesen zwölf Typen der Flugorgane entspricht die biologische Eintheilung der der Windverbreitung angepassten Pflanzen in:

1. Staubflieger (Sporentypus).
2. Körnchenflieger (Mohntypus).
3. Blasenflieger (Cynaratypus).
4. Haarflieger (Pitcairniatypus).
5. Scheibendrehflieger (Aspidospermatypus).
6. Napfflieger (Eccremocarpustypus).
7. Schirmflieger (Asterocephalustypus).
8. Walzendrehflieger (Halesiatypus).
9. Plattendrehflieger (Ailanthustypus).
10. Segelflieger (Zanoniatypus).
11. Schraubendrehflieger (Eschentypus).
12. Schraubenflieger (Ahorntypus).

Wie verlaufen nun bei diesen verschiedenen Typen die Bewegungsvorgänge, resp. welches ist ihre Mechanik und welche Leistungsfähigkeit behufs Ausnutzung des Luftwiderstandes kommt ihnen beim Fall in ruhiger Luft zu?

Bezüglich der mathematisch-physikalischen Ableitungen und Formeln sei hier auf das sehr wichtige Werk Dingler's selbst verwiesen. Zur Ermittlung der mechanischen Grössen waren sehr zahlreiche zeitraubende Wägungen, Zeitbestimmungen, Messungen, Beobachtungen nöthig, sehr oft wiederholte Fallversuche mit den natürlichen Objecten und, da diese oft zu klein, mit vergrösserten Modellen aus Papier, Kork, Holz, Siegelack. Die Objecte liess Dingler auf geebneten sehr feinen Sand auffallen; die daselbst hinterlassenen Spuren gaben bestimmte Anhaltspunkte für die Art und Weise des Auffallens und der zuletzt erfolgten Drehbewegungen.

In manchen Fällen wurden bei grösseren Modellen bestimmte Punkte der Kanten durch sehr dünne leichte Nadeln gekennzeichnet, die sehr scharfe Spuren im Sand gaben, die auf einer darüber gelegten Glasplatte mit Tusche genau fixirt wurden. Vielfache Wiederholung gab Sicherheit in der Deutung jeder einzelnen Spur. So waren besondere Methoden nöthig zur Bestimmung der Fallgeschwindigkeit der Staubflieger. Die von einem vorher bestäubten Deckel durch schwache Erschütterung losgelösten Sporen, z. B. von Bärlapp, wurden am Grund einer Glasröhre durch Glasplatten aufgefangen, die mit einer bestimmten Geschwindigkeit vorbeigezogen wurden, und dann sorgfältig gezählt etc. etc.

Die Hauptresultate der Dingler'schen Untersuchungen waren die folgenden.

Bei den Staubfliegern, d. h. den kleinsten bekannten lebenden Gebilden, Spaltpilzen, Sporen der Pilze, Moose, Gefässkryptogamen (wie auch dem Windpollen der Blütenpflanzen), ist die Bewegung des Schwerpunktes in ruhiger Luft meist eine geradlinig senkrechte. Wie schon Nägeli (Ueber die Bewegung kleinster Körperchen, Sitz.-Ber. d. Münch. Akad. v. 7. Juni 1879) gezeigt hat, wächst mit der zunehmenden Kleinheit fester Körperchen die relative Grösse der an ihrer Oberfläche verdichteten Lufthülle immer mehr. Durch diese an der Oberfläche der Staubflieger verdichtete enorme Lufthülle wird ohne wesentliche Gewichtserhöhung der in Bezug auf den Luftwiderstand wirksame Querschnitt ausserordentlich vergrössert und damit eine höchst bedeutende Fallverzögerung verursacht. Nägeli hatte die Dicke des ein Stärkekorn einhüllenden Luftmantels auf 0,04 mm Dicke berechnet. Bei den Sporen von *Lycoperdon caelatum* würde diese Lufthülle etwa 0,13 mm dick sein, während die Spore selbst nur 0,00185 mm Halbmesser hat. Bei den Körnchenfliegern (Samen der Papaveraceen, Orobanchen, Caryophyllaceen etc.) übt die Lufthülle keinen wesentlichen Einfluss mehr aus, auch finden sich keine besonderen Organe zur Ausnützung des Luftwiderstandes. Die Fähigkeit der Körnchenflieger, vom Winde getragen zu werden, beruht nur auf der Kleinheit der Organe, d. h. in der relativ zur Masse vergrösserten Oberfläche. Der dritte Typus der Blasenflieger besitzt mehr oder weniger kugelige Flugorgane, die im Innern luftgefüllte Hohlräume haben oder durch Umhüllungen, durch auswachsende Blüten- oder Fruchthüllen, allseitige dichte Besetzung mit einfachen oder gefiederten Haaren (die an ihrer Oberfläche noch eine kondensirte Lufthülle

tragen), Vergrößerung der Oberfläche und Verringerung des specifischen Gewichtes erfahren (Samen von *Aristolochia Siphon*, Frucht von *Ostrya* etc.). Zum Theil haben die Körper dieser Gruppe, die den warmen, trockenen Steppengebieten mit verhältnissmässig kahlem Boden angehören, weniger die Function der Flug- als Rollorgane. Haarflieger sind z. B. einige Bromeliaceen, die Gesneracee *Aschynanthes speciosus* etc. Sie stellen ein durch einen körnchenförmigen Hauptkörper belastetes Haar dar, das durch die an der Oberfläche, ähnlich wie bei den Staubfliegern, verdichtete Lufthülle sehr bedeutende Fallverzögerung erleidet. Auch für die Napfflieger (VI) und Schirmflieger (VII) verläuft die Fallbewegung typisch ohne Drehung. Zu den ersteren gehören z. B. die Früchte von *Ptelea trifoliata*, Samen von *Ecchymocarpus scaber*, *Dianthus glacialis*, zu den letzteren die Achänen vieler Dipsaceen, Plumbagineen etc. Die Scheibendrehflieger (V) mit oder ohne Flügelrand (Samen mancher Irideen, Liliaceen, von *Danais fragrans*), Walzendrehflieger (VIII) (die drei- und mehrflügeligen Früchte und Samen) und die Plattendrehflieger (IX) besitzen unter stark beschleunigten Drehungen verlaufende Fallbewegungen mit in der Horizontalprojection geradliniger, in der Verticalprojection krummliniger Bewegung. Diese stellt eine Wellenlinie dar, deren Gesamtverlauf eine nach oben concave Curve von anfangs zunehmender, dann wieder abnehmender Krümmung bildet, die sich schliesslich der Geraden nähert. Die Secundärcurven sind nach oben concav. Die länglich-plattenförmigen Flugorgane (IX: Früchte von *Ailanthus*, Samen von *Tecoma stans* und anderen Bignoniaceen), die länglich-plattenförmigen mit einer belasteten Längskante versehenen Flugorgane der Segelflieger (*Bignonia cyrtantha*), die länglich-plattenförmigen Flugorgane mit schwach belasteter Längs- und stark belasteter Kurzkante, die Schraubenflieger, sind am eingehendsten theoretisch und experimentell von Dingler untersucht worden. Besonders die letzteren, die Schraubenflieger, sind im Pflanzenreich weit verbreitet, jedoch nur bei hochwüchsigen Pflanzen, Bäumen, deren oft sehr schwere Früchte (z. B. bei *Schizolobium*) vermöge der Schraubebewegung sich nur sehr langsam durch die Luft herabbewegen (die Schwerpunktbahn ist eine gerade). Die Ahornfrüchte sind von einheimischen Organen dieser Art die bekanntesten. Die höchste Leistungsfähigkeit in der Ausnützung des Luftwiderstandes weisen die Typen I und IV auf in Folge ihrer verhältnissmässig bedeutenden adhären den Lufthülle. Die nächst hohen Leistungen zeigen die

typisch drehenden Formen, indem sie durch die lebendige Kraft ihrer Drehung bedeutendere Compression der auftreffenden Luftstrahlen erzeugen, als bei geradliniger Bewegung ohne Drehung möglich wäre. Hierher gehören die Haupttypen X, XII, IX, V, VIII und XI. Obwohl Typus X dabei die höchste beobachtete Einzelleistung zeigt, überwiegt doch in der Durchschnittsleistung der Typus XII ziemlich bedeutend. Die geringste Leistungsfähigkeit zeigen in Folge des seitlich erleichterten Luftabflusses die Typen VI, III, II und VII. Anders ist die Reihenfolge, wenn man nicht den Massstab der Leistungsgrösse, sondern die absolute Fallgeschwindigkeit zu Grunde legt. Nach der grössten gleichmässigen Fallgeschwindigkeit pro Secunde ordnen sich die höchsten beobachteten Einzelleistungen folgendermassen:

Sporen von <i>Lycoperdon caelatum</i> (I)	. . .	0,00445 m
Samen „ <i>Bignonia echinata</i> (X)	. . .	0,173 „
„ „ <i>Pitcairnia imbricata</i> (IV)	. . .	0,3 „
„ „ <i>Pinus silvestris</i> (XII)	. . .	0,43 „
Früchte „ <i>Aspidosperma</i> sp. (V)	. . .	0,66 „
„ „ <i>Cynara Scolymus</i> (III)	. . .	0,83 „
„ „ <i>Ailanthus glandulosus</i> (IX)	. . .	0,91 „
Samen „ <i>Cochlospermum orinocense</i> (VI)		1,37 „
Früchte „ <i>Fraxinus excelsior</i> (XI)	. . .	2,0 „
„ „ <i>Combrectum</i> sp. (VIII)	. . .	3,0 „
„ „ <i>Asterocephalus</i> sp. (VII)	. . .	3,8 „
Samen „ <i>Papaver somniferum</i> (II)	. . .	5,0 „

Noch mögen einige Beispiele zeigen, um wie viel das ganze Organ mit Flugapparat langsamer fällt als das des Flugapparates beraubte Organ allein.

Name des Organs	Fallzeit auf 6 m Höhe in Secunden		Grösse der Fallverlangsamung
	ganzes Organ	Organ ohne Flugvorrichtung	
<i>Cynara Scolymus</i> (III)	7,8	1,2	6,5 fach
<i>Ptelea trifoliata</i> (VI)	4,4	1,4	3,14 „
<i>Ailanthus glandulosus</i> (X)	6,8	1,2	5,66 „
<i>Lanonia javanica</i> (IX)	15,2	2,4	6,33 „
<i>Bignonia echinata</i> (X)	24,6	4,6	5,34 „
	11	3	8,2 „
<i>Fraxinus excelsior</i> (XI)	2,8	1,4	2,0 „
<i>Acer pseudoplatanus</i> (XII)	5,6	1,2	4,66 „

Solche langsam fallende Samen erfahren in bewegter Luft (die Untersuchungen Dingler's beziehen sich nur auf ruhige Luft) eine weite horizontale Verbreitung, während sie ohne Flugorgane bei raschem Fall an Ort und Stelle zu Boden fallen müssten. Bei den Typen IX, X, XI findet bereits in ruhiger Luft eine seitliche Fortbewegung statt.

Gehen wir zum Schluss auf die Schraubenflieger, die sehr schweren Früchte von Schizolobium, den Ahornarten, Coniferensamen, Hainbuchenfrüchte etc. etwas näher ein, die nach dem Princip des als Kinderspielzeug bekannten „Schraubenfliegers“ ausgebildet sind, so lassen sich deren Bewegungen gut studiren, wenn man nach Dingler grössere Modelle von 10—14 cm Länge möglichst genau nach den natürlichen Objecten aus Papier und Holz (die Versteifung des vorderen Flügelrandes mittelst gummirten Papiers oder Kartonstreifen) und daneben willkürlich gestaltete Modelle von einfacher Gestalt und Belastung herstellt. Es lassen sich dann bei den für die Weiterverbreitung so schwerer Samen überaus wichtigen Bewegungseinrichtungen nach H. Dingler drei Einzelvorgänge naturgemäss unterscheiden: die Annahme der zur Rotation geeigneten Lage, die Rotation selbst und die Flugbahn, welche die Gestalt einer umgekehrt wie die Rotation verlaufenden Spirale besitzt. Für die anfängliche Annahme der Rotationslage des Flügels der Schraubenflieger (z. B. des Ahornflügels) ist die im oberen breiten Theile ausgesprochene Längskrümmung seiner Fläche von Bedeutung. Sie wirkt ähnlich dem Steuerruder im Wasser, indem sie das mit der schwereren Nuss vorausfallende Organ zwingt, sich schief zur Fallrichtung zu stellen und nach der Richtung seiner concaven Fläche von der Senkrechten abzuweichen. Gleichzeitig neigt sich das Organ in Folge seines schweren vorderen Flügelrandes mit diesem etwas abwärts, so dass eine Stellung zu Stande kommt, deren Richtung stärkster Neigung etwa vom oberen Viertel des hinteren leichten Flügelrandes zum unteren Viertel des vorderen schweren Flügelrandes verläuft, wobei die Längsachse des Organs einen Winkel von 50—60° zum Horizont macht. Die Krümmung des Flügels zwingt das Organ auch bei ungünstiger Anfangsstellung zur Annahme der Rotationsstellung, während bei anderen günstigen Stellungen schon in Folge der äusserst excentrischen Lage des Schwerpunktes Drehungen um die beiden in der Fläche gelegenen Achsen (Längs- und Querachse) resultiren, durch deren Combination bald

die zur Einleitung der Rotation um die zur Fläche des Organs senkrechte Schwerpunktsachse geeignete Lage herbeigeführt wird. In dieser Lage wirkt der Luftwiderstand der Schwerkraft so entgegen, dass seine Resultante nicht durch den Schwerpunkt geht, sondern höher oben den Flügel an einem von seiner Gestalt abhängigen Punkte trifft (bei den gegen das obere Ende verbreiterten Flügeln unterhalb der Längsmittle). Die bei geneigten Flächen allein zur Wirkung kommende, senkrecht zur Fläche gerichtete Componente des Luftwiderstandes zerlegt sich wieder in eine vertical nach oben — als drehendes Moment um die durch den Schwerpunkt gehende Querachse des Flügels — und eine horizontal — als drehendes Moment um eine durch den Schwerpunkt gehende Verticalachse — wirkende Componente. Das erstere Drehmoment wird um so rascher compensirt, als die Drehung um die Verticalachse rasch überwiegt und die es componirenden Einzeldrehmomente in den verschiedenen Stellungen während einer Umdrehung einander entgegenwirken. Die zur Fläche senkrechte Schwerpunktsachse ist nämlich eine beharrliche Hauptträgheitsachse und gleichzeitig die Achse des grössten Trägheitsmomentes des Körpers. Daher sind die bei der Drehung entstehenden Centrifugalkräfte sehr bedeutend und überwinden den beträchtlichen aufwärts gerichteten Luftwiderstand unter der Beihilfe der nach abwärts gerichteten Componente des gegen die Rotation wirksamen Luftwiderstandes. Die horizontale Componente des letzteren verbraucht sich in Verzögerung der Drehbewegung. Es strebt so das anfangs in geneigter Lage rotirende Organ immer mehr nach der horizontalen Lage, indem die peripherischen Theile sich immer mehr von der momentanen Rotationsachse entfernen. Das Organ fällt nunmehr gleichmässig rotirend mit gleichmässiger Geschwindigkeit zu Boden in Folge des Gleichgewichtes zwischen der durch den Fall gelieferten lebendigen Kraft und der durch die Rotation geleisteten Arbeit. Die Bahn des ganzen rotirenden Organs, die oft eine der Rotationsrichtung gegenläufige Schraubenlinie ist, ergibt sich aus den Gesetzen der Kreiselbewegung. Gibt man einem rotirenden Kreisel eine geneigte Achsenstellung, so erhält sich nach den aus der Physik bekannten Ableitungen die Neigung und wandert um die Verticalachse herum, aber mit der Rotationsrichtung gleichsinnig. Der Grund für die rotirende Neigung ist hier die einseitig einwirkende Schwerkraft, bei den rotirenden Flügelorganen ist es dagegen der an der vorderen Partie der

schief gegen den Luftstrom gestellten Flügel erschwerte Luftabfluss, welcher den Körper um eine horizontale Querachse zu drehen sucht. Die Drehung erfolgt hier umgekehrt, so dass nach dem Kreiselproblem auch die rotirende Achse eine gegen-sinnige Bewegung erfährt, aus der dann das Zustandekommen der Schraubenbahn sich einfach erklärt. Es handelt sich dabei um dasselbe Princip des erschwerten Luftabflusses, nach dem ein vier-eckiges Papier, das man in geneigter Lage fallen lässt, um seine Längsaxe so rotirt, dass sich zunächst der untere Rand nach oben bewegt, während das Ganze in der Richtung der ursprünglichen Neigung wie auf einer schiefen Ebene abwärts gleitet — eine Er-scheinung, die häufig auch bei dem vom Baume fallenden Laube zu beobachten ist. (Ausser dem oben genannten Hauptwerk H. Dingler's vgl. dessen Abhandlung: „Ueber die Bewegung rotirender Flügel-früchte und Flügelsamen“, Bot. V. München, XIV. Sitzung am 20. Dec. 1887, S. 147—150, Ber. d. D. B. Ges. Bd. V, Heft 9, 1887, S. 430—434 und d. Ref. Biol. Centrbl. VIII, 1888, S. 141).

Von einem anderen Gesichtspunkt aus hat Müllenhoff die Leistungen der Flügel Früchte betrachtet. Für die Flug-thiere ist bezüglich ihrer Fähigkeit, ohne Flügelschlag in der Luft zu schweben, die sogen. relative Segelgrösse, d. h. das Verhältniss $\sqrt{F} : \sqrt[3]{P}$ ausschlaggebend, wo P das durch den Luftwiderstand getragene Gewicht, F die dabei in Betracht kommende Oberfläche bedeutet, ebenso wie der Quotient $\sqrt{S} : \sqrt[3]{D}$, nach dem der Schiff-bauer die Grösse der Segelschiffe (S) für ein gewisses Deplacement (D) berechnet, einen Schluss auf das Segelvermögen der Schiffe zulässt. Nach der Grösse $s = \sqrt{F} : \sqrt[3]{P}$ oder übersichtlicher von $\log s$ und nach der Form der Flügel wurden bei den Flugthieren unterschieden:

Wachteltypus . .	$\log s = 0,3-0,5$	
Sperlingstypus . .	$\log s = 0,6$,	Flügel mittelgross, mittellang
Schwalbentypus . .	$\log s = 0,6$,	„ „ sehr lang
Fasantypus . . .	$\log s = 0,6$,	„ klein, kurz
Geiertypus . . .	$\log s = 0,7$,	„ mittellang
Möwentypus . . .	$\log s = 0,7$,	„ sehr lang
Tagfaltertypus . .	$\log s = 0,8$	

Auch bei den Schraubenfliegern unter den Pflanzenfrüchten und -Samen stellte Müllenhoff fest, dass nach der Grösse des

Segelareals der Fall der Samen ein sehr verschiedener ist. Derselbe fand für:

	F (Gramm)	P (qcm)	s (Segelgrösse)
Schizolobium (Papilionacee)	21,50	2,2000	3,562
	25,20	2,256	3,828
	25,20	2,156	3,886
	26,20	2,236	3,915
	26,00	2,029	4,028
Pithecoctenium Aubletii (Bignoniacee)	15,00	0,0652	8,776
	14,05	0,0623	9,455
Oroxylon indicum (Bignoniacee) . .	17,00	0,0790	9,609
	18,00	0,0720	9,764
Zanonia macrocarpa (Cucurbitacee) .	46,95	0,1590	11,74
	46,40	0,1610	12,72

Bei Schizolobium fallen die Samen, die sich bei kräftigem Wurf etwa 2—3 m aufwärts, dann abwärts durch die Luft schrauben, am schnellsten; das Segelareal ist etwa das der Vögel vom Sperlings-typus, weit langsamer ist die Bewegung der Pithecocteniumsamen und am langsamsten die von Oroxylon und Zanonia. Ausser bei Zanonia gelingt es nicht, die Samen der genannten Arten in die Höhe schrauben zu lassen; man kann sie nur fallen lassen, um die Flugbahn kennen zu lernen. — Die Schraubenflieger und einige andere Typen sind hohen Gewächsen (Bäumen, Lianen) eigen, vom Boden können ihre Früchte nicht durch den Wind aufgehoben werden, während niedere Sträucher und Kräuter nur solche Flug-apparate haben, die auch vom aufsteigenden Luftstrom erfasst und transportirt werden können (mit Windfängen oder auf dem Boden fortbewegt werden können).

Windroller.

§ 110. Bei einer Anzahl von Pflanzen, besonders der Steppen-gegenden, finden sich Anpassungen an eine Verbreitung der Früchte und Fruchtstände durch Rollbewegungen, die durch Luftströmungen verursacht werden, ohne dass immer die früher erwähnten Wind-fänge vorhanden wären. So tragen einige Doldenpflanzen orient-alischer Steppen etwa haselnussgrosse, glatte, ellipsoidische Früchte, deren Hauptmasse aus einem Markparenchym besteht und die daher sehr leicht sind. Die Frucht von *Cachrys alpina* ist 13 mm lang

und 10 mm dick und wiegt nach Kerner 0,07 g, und eine *Cachrys* aus Schiras ist 15 mm lang, 10 mm dick und wiegt 0,06 g. „Wenn man Jemand, der die Augen geschlossen hat, mehrere dieser Früchte in die flache Hand legt, so hat derselbe nicht im entferntesten das Gefühl der Belastung und wird das Vorhandensein der Früchte erst gewahr, wenn er die Augen öffnet.“ Nach Kerner gehören hierher die Fruchttrollen von *Medicago scutellata*, die kugeligen Früchte der *Blumenbachia Hieronymi* (von 2,5 cm Trockendurchmesser, aber nur 0,34 g Gewicht), die Fruchtstände von *Paronychia Kapella*, von *Trifolium subterraneum* und *nidificum*. Auch ganze Pflanzenstöcke werden vom Boden losgelöst zur Fruchtreife und rollen dann, vom Wind getrieben, weit weg, die den Reisenden bekannten „Steppenhexen oder Windhexen“ der Steppengebiete. Bei *Plantago Cretica* krümmt sich zur Fruchtreife ein Büschel steif aufrechter, aus dem kurzen Hauptstamm entspringender Fruchstengel uhrfederartig abwärts und hebt die Pflanzen, die dann die Gestalt eines abgeplatteten Balles haben, aus dem Boden. Bei anderen fault der Wurzelhals zur Fruchtreife ab, und der Stock rollt im Winde weit hinweg, so bei *Gundelia Tournefortii*, *Alhagi camelorum*, *Centaurea diffusa*, *Phlomis herba venti*, *Rapistrum perenne*, *Salsola Kali*. Oft verschränken sich beim Fortrollen viele der dünnen, vielästigen Stauden zu wagenhohen Ballen, die bei Wirbelwinden in weiten Sprüngen über die Steppe dahinjagen.

Kapitel XIII. Schleudervorrichtungen etc.

1. Kryptogamen.

§ 111. Durch einen besonderen Spritzmechanismus werden die Sporen der Entomophthoreen und vieler Hymenomyceten ausgeschleudert. Von ersteren ist am bekanntesten *Empusa muscae*, der Urheber der Herbstseuche der Stubenfliegen, deren Conidienträger dicht unter der Insertionsstelle der einzelnen Conidie ringförmig abreißt und durch den hydrostatischen Druck der in Vacuolen angesammelten wässerigen Flüssigkeit einen Wasserstrahl ausspritzt, der die in das Endplasma des Trägers gehüllte Conidie bis über 2 cm weit fortschleudert. Letztere haftet an der Unterlage oder trifft sogleich die in der Nähe befindliche Fliege als

Todeskeim. Die im Herbst an unseren Fenstern, Spiegeln etc. klebenden Fliegen sind daher von den Sporen wie von einem Hauch umgeben. Bei den Basidiomyceten hat Brefeld für *Coprinus stercorarius*, Schmitz für *Thelephora*, Zalewski für die verschiedensten Agaricineen Gleiches beobachtet. Hier wird die wässrige Flüssigkeit der Basidie durch den hydrostatischen Druck aus den vier Sterigmen plötzlich herausgepresst und schleudert die vier Sporen weit weg. Bei dem auf frischem Pferdedünger unter der Glasglocke fast regelmässig auftretenden *Pilobolus crystallinus* und verwandten Mucorineen wird der ganze Hut (das Sporangium) durch eine ähnliche Spritzvorrichtung, gewöhnlich Mittags zwischen 11 und 12 Uhr — nach Coemans bis zu 105 cm weit — mit seinem Sporenhalt fortgeschleudert und klebt an den getroffenen Gegenständen (auch verschleppenden Thieren) fest. Einen eigenthümlichen Schleudermechanismus zeigt *Sphaerobolus stellatus*, dessen kugelige Conidienfrucht sich zur Reife sternförmig am Scheitel öffnet und dann einen Becher bildet, in dem am Grunde frei die kugelige Peridiole liegt. Indem die Innenwand des Bechers sich plötzlich convex nach aussen ausstülpt, wird diese Kugel bis über 1 m weit weggeschleudert. Das Hervorschnellen des kugeligen Sporenapparates erfolgt mit solcher Kraft, dass man einen schwachen, aber deutlichen Knall vernimmt. Bei den Peronosporeen und vielen Conidienträgern höherer Pilze, z. B. *Botrytis* etc., zeigen die Stiele der Conidienträger nach De Bary beim Eintrocknen plötzliche Drehbewegungen um die Längsachse (in feuchter Luft Rückbewegungen), durch die nach De Bary die Sporen abgeschleudert werden. Zalewski hat bei diesen Pilzen (*Cystopus Peronospora*, *Penicillium*, *Peronospora*, *Botrytis*, *Chaetocladium*) in der die Sporen abtrennenden Scheidewand eine Mittellamelle nachgewiesen, die im Wasser vergallert und beim Eintrocknen ähnlich wie Leim von der Anheftungsstelle abspringt, so dass die reifen Sporen bei der noch hinzukommenden hygroskopischen Krümmung der Fruchthyphen mit beträchtlicher Kraft weggeschleudert werden. Bei den Aecidiosporen der Rostpilze findet sich zwischen je zweien der reihenförmig abgeschnürten Sporen eine Zwischenzelle, die ihren Inhalt zuletzt an die Sporen abgibt und vergallert. Zalewski hat hier gleichfalls ein Ausschleudern bis auf 20 mm Entfernung constatirt. Bei den Oidiumketten der *Sclerotinia*-arten (*Monilia cinerea* etc.) findet sich zwischen je zweien der schliesslich citronenförmigen Oidiumsporen nach Woronin ein spindelförmiges Cellulose-

stück, der Disjunctor, der eine höchst eigenthümliche Einrichtung zur Isolirung der kettenartig verbundenen Sporen darstellt. Die Oidien sind zunächst durch eine sich in zwei Lamellen theilende Membran getrennt, während die feine primäre Membran sich gleichmässig über die ganze Oidiumkette zieht. Jede der beiden Membranlamellen der benachbarten Zellen scheidet nun in der Mitte (durch einen Porus!) ein kleines kegelförmiges Cellulosestück aus; beide Stücke verwachsen zu einer Spindel (Disjunctor), die sich nachträglich streckt (sie erinnert an manche Naviculaformen) und dabei jede der beiden Zellhäute der Sporen an der Berührungsstelle einstülpt. Bei der Reife der Sporen nimmt der Druck, der durch den Disjunctor ausgeübt wird, derartig zu, dass die äussere, die Oidien überkleidende Membran an den Einschnürungen zwischen den letzteren zerreisst. Die noch tonnenförmigen Oidien stülpen ihre Enden wieder aus, werden citronenförmig und hängen, wenn nicht ein sofortiges Losschnellen erfolgt, nur noch mit den Spitzen der elastischen Disjunctorspindel zusammen, von denen die Loslösung durch den Wind leicht erfolgt.

Bei den Ascosporen wohl der meisten Schlauchpilze (der Discomyceten und Pyrenomyceten) ist eine Ausschleuderung schon länger bekannt. Bei Erschütterung, plötzlicher Luftströmung etc. (dem Herausnehmen der Pilze aus der feuchten Botanisirtrommel) sieht man sie z. B. sehr schön und gleichmässig bei *Rhizina undulata*, *Peziza badia*, *P. aurantia*, *Sclerotinia tuberosa*, *Spathularia flavida* etc., nach Klebahn bei *Rhytisma acerinum*. Man wird dann oft überrascht durch das plötzliche explosive Aufsteigen feiner Sporenwolken, das lebhaft an die explosive Entladung der Staubbeutel der Pileaarten (*Urticacee*) bei deren Erwärmung durch die hohlen Hände nach vorhergegangener Befeuchtung erinnert.

Man unterscheidet zwei Fälle der Herausschleuderung (Ejaculation) der 4, 8, 16, 64, 128, in der Regel 8 Sporen aus den Schläuchen der Ascomyceten: Entleerung der Sporen nach einander — succedane Ejaculation — und Entleerung sämtlicher Sporen mit einem Male. Die seltenere succedane Ejaculation ist bei einigen Pyrenomyceten beobachtet worden, nämlich von Pringsheim bei *Sphaeria Scirpi*, von Woronin bei *Sphaeria Lemanaeae*. Nach Pringsheim differenzirt sich bei *Sph. Scirpi* die Membran des Ascus in zwei Lamellen, von denen bei der Reife die äussere zerreisst, während die innere sich streckt bis zur zwei- bis dreifachen Länge. Die acht Sporen liegen erst am Grund des ge-

streckten Ascus und wandern dann in den Scheitel. Die oberste Spore wird nun in eine an der Schlauchspitze entstehende Oeffnung hineingedrückt und mit grosser Gewalt hindurchgeschleudert. Hierauf verkürzt sich der Schlauch um ein Geringes (halbe Sporenlänge), so dass die zweite Spore die Spitze berührt und in die Oeffnung gepresst wird. Der so wieder geschlossene Schlauch streckt sich in Folge dessen und die in der Oeffnung steckende Spore folgt mit gleicher Geschwindigkeit der ersten, was sich bis zur völligen Entleerung des Ascus wiederholt.

Die zweite Art der Ausschleuderung, die simultane Ejaculation, hat W. Zopf zum Gegenstand sehr eingehender Untersuchungen gemacht (Zeitschr. f. Naturw. Halle 1883, S. 539—574, Taf. VI—VIII; ferner Zopf, Die Pilze. Handbuch d. Botanik von A. Schenk, Bd. IV, 1890, S. 357—363). Sie wird nach diesem Forscher ermöglicht durch mehrere eigenartige Einrichtungen, unter denen die Verkettung der Sporen zu einem einheitlichen Complex und die Verankerung dieses Sporencomplexes im Ascusscheitel obenan stehen. Die Sporen der durch simultane Ejaculation sich entleerenden Asci sind entweder, wie bei *Sordaria minuta* und *curvula*, zu einer einfachen Sporenreihe verbunden, oder es sind zwei bis drei solcher Reihen mit einander verbunden, oder die Sporen sind zu einem kleineren oder grösseren Ballen (aus 16—128 und mehr Sporen) unregelmässig zusammengelagert. Bei *Saccobolus* bilden die Schlauchsporen einen pillenförmigen Körper, der als einzelne Spore erscheint. Die Verkettung geschieht bei *Eusordaria*, *Sordaria* und *Bertia* durch grosse schwanzförmige, plasmatische, aber häutig gestreifte Anhängsel der Spore, die einzeln oder in grösserer Zahl vorhanden sein können, bei *Hypocopen*, *Coprolepen* und *Hansenien*, daneben durch Gallert-hüllen. *Ascobolus pulcherrimus* hat seitliche meniskenförmige Anhängsel zur Verkettung. Das Verankerungsmittel am Sporenscheitel ist gewöhnliches Epiplasma oder eine daraus hervorgegangene membranartig feste gestreifte Masse am obersten Ende des Sporencomplexes, oder der obersten Spore, oder die vergallerte Membran der obersten Spore. Eine dritte wichtige Einrichtung ist die Fähigkeit des Schlauches, in die Länge zu wachsen. Der Schlauch streckt sich bei den ejaculirenden *Pyrenomyceten* derart, dass er bis in die Mündung des *Peritheciums* und schliesslich noch aus derselben etwas herausragt; auch bei den *Discomyceten* ragt er schliesslich beträchtlich über das *Hymenium* hinaus.

Der hydrostatische Druck der wässerigen Flüssigkeit des Ascus bewirkt schliesslich eine Sprengung des Schlauches, und zwar eine ringförmige unterhalb der Spitze, so dass ein fingerhutförmiges Stück abgesprengt wird (*Sordaria*), oder der Ascus öffnet sich mit einem Deckel wie bei Arten von *Ascobolus*, *Peziza* etc. Es wird hierdurch ein Herausreissen des Verankerungsmittels aus dem Ascusscheitel vor der Entleerung verhindert, der Scheitel besitzt oft noch besondere mechanische Verstärkungen, z. B. Ringfalten bei *Sordaria*.

Der Vorgang der Ejaculation ist nach Zopf, z. B. bei *Sordaria minuta*, *S. curvula*, *Eus. decipiens* der folgende: „Beim Eintritt der Ejaculationsperiode macht sich eine in jeder Minute zunehmende Verlängerung der Asci und Erweiterung derselben im oberen Drittel bemerkbar. Letztere erreicht bald ihr Maximum, erstere dagegen nimmt immer weiter zu, so dass die Spitze des Schlauches bald unmittelbar vor dem Eingang des Halskanales steht. Es streckt sich sodann auch die dicht unter der Schlauchspitze liegende Region, so dass ein rüsselförmig sich verlängerndes Schlauchende durch den Mündungskanal hindurchdringt. Eben hat es die Mündung erreicht, um meist noch ein Geringes über dieselbe hinauszuragen, da erfolgt plötzlich unterhalb der Spitze ein Platzen des Schlauches, und blitzschnell fahren die Sporen über Peritheciellänge durch das Wasser des Objectträgers. Der in der Frucht zurückgebliebene grössere Schlauchtheil zieht sich mit kräftigem Ruck zusammen, und der Process hat sich abgespielt. Die übrigen Schläuche beginnen sich dann gleichfalls zu strecken, aber immer nur einer, der älteste, kommt zur Ejaculation, die anderen müssen warten, bis sich der jedesmalige Vorgänger entleert hat. Es hat diese Successionserscheinung ihren Grund darin, dass die mündungswärts gerichteten Hyphen (die Periphysen) einen Engpass bilden, den die Schläuche nur nach einander passiren können. Gewöhnlich dauert bei den genannten Arten die Frist vom Beginn der Streckung bis zur Ejaculation des Schlauches eine halbe Stunde.“ Auch die Periphysen und Paraphysen, kurz alle Organe der Schlauchfrüchte, sind nach Lagerungsweise, Gestaltung, Grösse, physikalischen Eigenschaften in deutlicher Weise der Function der Sporenentleerung angepasst. Bei nicht ejaculirenden Asci finden sich verschiedene andere Mittel zur Sporenentleerung (ausgestossene Schleimranken etc.).

Die meist auf der Rückseite der Farnwedel zu kleinen

Häufchen (Sori) vereinigten gestielten oder sitzenden Sporangien (deren Sporen aus einem in 16 Sporenmutterzellen zerfallenden tetraëdrischen Archesporium hervorgehen durch Viertheilung jener Mutterzellen) haben einen besonderen Ausschleuderungsmechanismus in einem Ring von Zellen mit stark verdickten, dunkler braun gefärbten Seiten- und Innenwänden, welcher das dünnwandige Sporangium in meridionaler oder (z. B. bei den Hymenophyllen) äquatorialer oder schräger Richtung umgibt. Bei der Sporenreife reißt dieser Ring an einer auf der Bauchseite des Sporangiums liegenden Stelle mit schmalen, quergestreckten, zartwandigen Zellen, dem „Mund“, durch Austrocknung auf und schleudert, indem er sich bis zur Convexität zurückkrümmt, die Sporen weit weg, wobei entweder durch Stellung der Wedel (z. B. bei *Aspidium filix mas*, wo die in steilem Trichter stehenden Wedel die Fruchtseite nach aussen wenden) oder durch starke Verlängerung der fruchttragenden aufrechten Wedel mit möglichst reducirter Blattspreite (z. B. bei *Blechnum spicant.*, *Struthiopteris germanica* etc.) dafür gesorgt ist, dass die Sporen in freier Bahn möglichst weit geschleudert und vom Wind erfasst werden können. Die Schraubenspäulen der Schachtelhalme und die „Elateren“ der Lebermoose sind gleichfalls als Schleudervorrichtungen gedeutet worden, doch vergleiche über deren Hauptwirkung auch § 104, 105, woselbst auch von dem ähnlich functionirenden „Capillitium“ der Orchideen die Rede ist. Dass diese hygroskopischen Haare der Orchideen, z. B. von *Dendrobium antennatum*, auch als Schleuderhaare functioniren, hat Pfitzer hervorgehoben. Haucht man auf einen einer reifen Kapsel entnommenen Knäuel solcher Schleuderhaare mit dazwischen liegenden Samen, so sieht man unmittelbar die Bewegung der ersteren und das Fortschleudern der sehr kleinen Samen.

Ausschleuderungsvorrichtungen der Samen und Früchte der Phanerogamen.

§ 112. Hier mögen in erster Linie die Vorrichtungen mehr oder weniger fleischiger Früchte Erwähnung finden, bei welchen durch den Turgor der Zellen die Gewebe in der Umgebung der Samen zur Reifezeit in hochgradige Spannung versetzt werden, welche eine Ausschleuderung der Samen zur Folge hat.

Sehr verschieden sind die Ausschleuderungsmechanismen einiger

Cucurbitaceen. Bei *Cyclanthera explosans* öffnet sich die stachelige, etwas mehr als wallnussgrosse Frucht durch eine federnde Klappe, die obere, zur Reife schwach concave Wand, die Decke, rollt sich nach oben zurück, der Hauptantheil bei der Ausschleuderung der Samen fällt jedoch dem Boden der Frucht mit dem Samenträger zu. Ersterer ist vor der Oeffnung bauchig, nach oben gebogen und trägt an der Naht einen der Decke bis zwei Drittel der Länge horizontal prall anliegenden armförmigen Samenträger, dessen handförmigem Ende mit seinen fingerförmigen Fortsätzen die flachen, braunen (am Rand ausgeschweiften) Samen vertical angeheftet sind. Bei einer Berührung oder Erschütterung der Frucht — schliesslich auch ohne eine solche — springt die Klappe mit grosser Kraft auf, der Boden, erst stark nach oben gebogen, krümmt sich weit nach unten zurück, so dass die Naht eine Drehung von mehr als drei Rechten macht, mit noch grösserer Kraft federt der am Rand des Bodens befestigte Arm mit dem Samenträger zugleich um drei Rechte zurück, wobei der Fruchtbrei mit den Samen mit grosser Vehemenz ausgeschleudert wird. Die letzteren sind klebrig und bleiben leicht an vorbeistreifenden Thieren oder an anderen Gegenständen hängen, von denen sie dann erst bei Eintrocknung abfallen oder durch Regen abgewaschen werden. Die flachen Samen stehen vertical mit der Fläche in der Wurfebene, so dass sie die Luft mit der schmalen Kante durchschneiden — eine Einrichtung, die sich bei allen Schleuderfrüchten mit flachen Samen wiederfindet. Die Stellung solcher Früchte ist dabei stets eine solche, dass die Ejaculation nach aussen zu, nicht nach dem Stamm und den Aesten der Pflanze zu, stattfindet.

Auch bei *Momordica* (z. B. *M. Balsamina*) und bei den Arten von *Elaterium* (z. B. *E. carthagense*), *Thladiantha dubia* etc. springt die Frucht durch einen Riss elastisch auf und schleudert die Samen weit hinweg. Anders ist die Einrichtung bei der Spritzgurke, *Ecballium Elaterium*. Die einer gewöhnlichen Gurke ähnliche, kleine, borstige Frucht wird von einem hakigen Stiel getragen, dessen Ende zapfenförmig in der Frucht sitzt. Zur Samenreife ist das Innere in einen halbfüssigen, die Samen umgebenden Brei umgewandelt und ist das Gewebe um den Zapfen des Stieles herum gelockert. Bei der geringsten Erschütterung löst sich die Gurke vom Stiel ab und der ganze Inhalt wird durch das entstandene Loch durch die hochgradig gespannte Wandung nach

aussen gespritzt (Spritzvorrichtung). Man muss sich bei Berührung der Frucht hüten, dass der ausgespritzte Saft in die Augen gelangt, da derselbe sehr scharf ist. — Die Schleudervorrichtungen der den Feigenbäumen nahe verwandten Dorsteniaceen hat Fritz Müller eingehender (Kosmos 1883, 4. Heft, p. 275 ff.) geschildert. Die Dorstenien stellen — im Gegensatz zu den Feigen — nach Endlicher stengellose Kräuter mit finger- oder fiederförmig gespaltenen Wurzelblättern und einem am Ende eines einfachen Schaftes stehenden Blütenstauden dar. Die im Urwald Brasiliens von Fritz Müller beobachtete, der *Dorstenia nervosa* oder *caulescens* nahe stehende Art besitzt dagegen einen bis 5 mm dicken Stengel, dessen älterer Theil am Boden liegt und Wurzeln treibt, während seine Spitze senkrecht aufsteigt und am Ende eine geringe Anzahl lanzettlicher Blätter in $\frac{2}{5}$ -Stellung trägt mit kleinen pfriemlichen Nebenblättchen (statt der grossen, die Zweigspitze tutenartig umhüllenden Nebenblätter der Feigenbäume). Aus den Blattwinkeln entspringt je ein Blütenstiel, der sich am Ende wie bei der Sonnenblume zu einem scheibenförmigen Fruchtboden von unregelmässig 3-, 4-, 5- oder mehreckigem Umriss erweitert. Die blütentragende Endfläche desselben (bei den Feigen zu einem urnenförmigen Becken vertieft) ist fast flach, nach der Mitte zu kaum merklich vertieft und trägt in Höhlungen völlig hüllenlose männliche und weibliche Blüten, denen der Feigen ähnlich; später finden sich dem flachen Fruchtboden eingesenkt die Früchte. Beim Heranwachsen der Frucht wird die Wand der Seite, der der seitenständige Griffel ansass, und die Wand der gegenüberliegenden Seite und ebenso der Boden der Frucht dick und fleischig, während der Scheitel und die beiden übrigen Seitenwände dünnhäutig bleiben; die verdickten Wände verjüngen sich nach oben, die dünnhäutigen von dem breiten Scheitel aus nach unten. Denkt man sich den Fruchtscheitel als obere horizontale Tetraëderkante, so bilden die dünnhäutigen Seitenwände die in der oberen, die verdickten Wände die in der unteren Kante zusammenstossenden Tetraëderflächen. Zur Zeit der Reife liegt der Same zwischen den oberen Enden der verdickten Fruchtwände und hält sie aus einander; eine scharfe Kante des Samens liegt dicht unter dem Scheitel der Frucht, deutlich nach aussen hindurch schimmernd. Die kleinzellige äussere Schicht der verdickten Wände ist stark gespannt; schon die starke Wölbung, mit der die Zellen nach aussen vorspringen, verräth ihre pralle Füllung. Der dünnhäutige Scheitel der Frucht ist jetzt über

der Oberfläche des Fruchtbodens hervorgewachsen und sobald man durch leichten Druck ihn sprengt, klappen die dicken Wände zusammen, und der Same fliegt weit hinweg, wie eine zwischen dem benetzten Daumen und Zeigefinger hervorgequetschte Erbse. Der nach dem Verblühen niedergebogene Fruchtsiel verlängert sich kurz vor der Reife allem Anschein nach rasch und richtet sich auf, so dass schliesslich der Fruchtboden die für den Schuss günstigste Neigung von 45° erreicht.

Ein derartige Rückwärtsbewegung der Blütenstiele nach dem Verblühen und Wiederaufrichtung derselben kurz vor der Frucht reife ist auch vielen Oxalisarten mit Schleudermechanismus eigen, so z. B. *Oxalis Regnellii*, *Oxalis sepium*, bei unserer einheimischen *Oxalis stricta*, *O. corniculata*, *O. Acetosella*. Die Oxalideen sind wie die Dorsteniaceen Quetschschleuderer. Bei den Oxalideen ist es aber die den Samen umhüllende durchsichtige elastische Haut, durch deren Zerreißen und Zusammenschnellen die Samen durch die unmittelbar vor ihnen befindlichen Spalten der fünfkantigen Kapsel hindurch weithin fortgeschleudert werden. Nach v. Kerner's Beschreibung des Explosionsvorganges bei *Oxalis Acetosella* stellt eine der tieferen Schichten der Samenhaut das Schwellgewebe dar. Sie besteht aus prallen Zellen und ist stark gespannt, während die äusseren Zellschichten der Samenhaut nicht gespannt sind. Zur Samenreife findet eine starke Quellung in den Zellhäuten dieses stark gespannten Schwellgewebes statt, die äussere Schicht der Samenhaut reisst auf und die an den Riss grenzenden Ränder derselben rollen sich blitzschnell zusammen, wodurch der eingeschlossene Samenkern mit heftigem Stoss herausgepresst und fortgeschleudert wird. M. Ballerstedt giebt für *Oxalis corniculata* und *O. stricta* noch folgende Nebenumstände an: „Der Same bildet annähernd ein von der Seite her stark zusammengedrücktes Ellipsoid. In der Ebene der beiden grösseren Achsen des Ellipsoides zieht sich rings um den Samen herum eine tiefe Furche, vorn mit scharfen, hinten mit stumpferen Rändern. Die scharfen vorderen Ränder zerschneiden die elastische Haut, wenn völlige Reife eingetreten ist, die hinteren haben den Zweck, ein Umschlagen des Samenkorns nach den Seiten hin zu verhindern, da so das Samenkorn hinten mit breiter Basis einen Widerhalt findet. Da Vorder- und Hinterrand des Samenkorns stark gekrümmt sind, so liegt die Gefahr vor, dass, wenn die Haut nicht ganz gleichmässig von der Mitte des vorderen

Randes aus zerreisst, der Same nach unten oder oben hin umschlägt und so entweder in der Spaltöffnung des Fruchtknotens hängen bleibt, oder doch nur in geringe Entfernung geschleudert wird. Um ein derartiges Umschlagen des Samenkorns zu verhindern, ziehen sich auf beiden Seiten desselben von vorn nach hinten breite und tiefe Furchen, denen sich die elastische Haut ganz genau anpasst, wie man an der völlig losgelösten Haut leicht erkennt. Diese nach vorn gerichteten erhabenen Streifen auf der Innenseite der Haut wirken wie Schienen, zwischen denen der Same beim Beginn seiner Bewegung hingleiten muss, und sichern ein Vorscheitlen des Samenkorns gerade aus nach vorn. Die fünfseitig prismatischen Früchte, in denen in fünf Verticalreihen die Samenkörner neben einander geordnet liegen, und die sich mit fünf Längsspalten öffnen, stehen weiter stets senkrecht, so dass die Samen nicht direct zur Erde geschleudert werden. Die Aeste der Fruchtdolden stehen vom Stengel weit ab, und während die Stielchen von *O. corniculata* anfangs alle nach unten gewendet sind, werden sie vor der Ejaculation mit der Frucht starr nach oben gerichtet und zwar nach einander. Da die entleerten Fruchtknoten bald verwelken und abfallen, wird so bewirkt, dass die ausschleudernden Früchte frei über alle anderen Pflanzentheile hinwegragen und die Flugbahnen völlig frei sind.

Bei den Balsamineen z. B., dem gemeinen Springkraut *Impatiens noli tangere*, *I. parviflora*, *I. Balsamina*, *I. glanduligera*, *I. tricornis*, stellen die Früchte länglich lanzettliche, aus fünf Fruchtblättern gebildete Kapseln dar, die aus drei Zellenschichten bestehen. Die unter der Epidermis gelegene Zellschicht stellt den Schwellkörper dar, der nach Lockerung der Trennungsschichten der Fruchtblätter eine plötzliche Zusammenrollung der letzteren bewirkt, wobei die Samen weit hinweg geschleudert werden. Aehnlich ist es bei *Cardamine impatiens*, *Cardamine silvatica* etc., *Dentaria bulbifera*, *Pteroneurum graecum*, bei denen aber die Fruchtwände nicht einwärts, sondern nach auswärts eingerollt werden. Sie sind Rollschleuderer.

Die Kapseln der indischen Scrofulariacee *Bonnaya veronicifolia* springen im Wasser und bei Regen mit deutlich hörbarem Geräusch auf und schleudern die Samen weg.

Weit zahlreicher sind die Vorrichtungen, bei welchen nicht saftige Pflanzentheile durch Austrocknen die Schleuderbewegungen hervorbringen (vgl. S. Huth, Systematische Uebersicht der Pflanzen

mit Schleuderfrüchten. Berlin 1890). Bei *Hura crepitans*, dem Sandbüchsenbaum aus dem tropischen Amerika, springen die grossen, flachgedrückt-kugeligen, vielrippig gefurchten, holzigen zweiklappigen Kapseln mit einem deutlichen Knall auf, wobei ihre linsenförmigen, ca. 7 g schweren Samen bis 14 m weit fortgeschleudert werden. Auch andere Wolfsmilchgewächse, wie *Hyaenanthe*, *Mercurialis*, *Baliospermum*, *Ricinus*, *Euphorbia*arten, haben Schleuderfrüchte. Bei den *Euphorbia*arten wird nach Hildebrandt durch das von oben her geschehende Aufreissen der Kapselklappen ein Druck auf die von ihnen eingeschlossenen Samen von unten her ausgeübt, der diese wegschleudert. Wie Huth bemerkt, nennt schon der alte Hieronymus Tragus (Bock) die *Euphorbia Lathyris* „Springkraut“ und sagt: „Sobald die Nüsslin dürr werden, springen sie mit eim Knall von der Sonnenhitz auff, als die Schotten an den Pfrimmen.“ Sie, wie *E. marginata*, verwildert daher oft. J. Schneck sagt von letzterer, dass die an ein Fenster anprasselnden Samen ein Geräusch hervorbrachten, als wenn kleine Steinchen an dasselbe geworfen worden wären. Nach W. C. White konnte in ähnlicher Weise bei *Euphorbia corollata* der Klang quer durch ein Zimmer gehört werden. Bei *Baliospermum montanum* zerspringen die Früchte in drei Kapseln, die sich plötzlich in zwei Theile theilen und die Samen wegschleudern. Und ein ähnliches Verhalten zeigen *Ricinus communis* und *Ricinus africanus*.

Einer Schleudervorrichtung verdankt die durch ihren raschen Uebergang zur Kleistogamie bei uns so auffällige *Collomia grandiflora* ihre anfänglich rasche Verbreitung (der allerdings durch die fortgesetzte Inzucht an dem einzelnen Standort rasch ein Ende gesetzt wird). Als ich am 30. Juli 1874 bei Greiz die Kleistogamie dieser Pflanze näher studirte, veranlasste mich ein beständiges Knistern — es war in der Mittagshitze — mich tiefer nach den vertrocknenden Fruchtständen hinzuneigen, da sprang mir plötzlich etwas an die Stirne und noch etwas und ein neues Geschoss flog an meinem Kopfe vorbei. Ich bemerkte bald, dass es die aufgeplatzen Samenkapseln der *Collomia* waren, die unter dem Einfluss der heissen Mittagssonne emporgeschnellt wurden. Die drei Klappen der aufgesprungenen Kapsel werden durch die Hitze an den Rändern nach aussen umgerollt und spannen zunächst den unten trockenhäutigen Kelch, werden dann aber bei weiterem ruckweisen Umbiegen von diesem plötzlich mit grosser Gewalt (sammt den übrigen

Theilen der Kapseln, wobei sie sich selbst weiter öffnen und den Samen einen weiteren Anstoss geben) herausgequetscht. Die Samenkeime wurden bis zu 80 cm emporgeworfen, während die leichteren Kapseln früher zu Boden fielen. Die Entladungen waren innerhalb kurzer Zeit sehr zahlreich, finden aber nur um die Mittagszeit statt, so dass man am Nachmittag keine einzige reife Kapsel mehr im Kelch findet. In gleicher Weise werden auch bei anderen *Collomia*arten, wie bei *Collomia Cavanillesii* (*C. coccinea*), *C. linearis* etc. die elastischen Fruchtklappen durch den trockenhäutigen Kelch herausgeschleudert. Bei den *Rhinanthus*arten wird der Kelch durch die sich zurückkrümmenden Fruchtklappen plötzlich zerrissen. Bei verschiedenen *Rutaceen* (*Dictamnus* etc.), *Diosmaceen*, *Zygophyllaceen* findet sich eine ähnliche Vorrichtung, nur ist es bei ihnen nicht der Kelch, sondern eine sich von den Fruchtklappen abtrennende äussere Weichschicht, welche zur Fruchtreife eintrocknet, sich an der Bauchnaht spaltet und durch plötzliche Zusammenziehung die den Samen umschliessende Hartschicht aus dem Spalt herauspresst.

Bei den *Viola*arten springt die Kapsel mit drei kahnförmigen Klappen auf, von denen jede mehrere Reihen von Samen trägt. Der dem Kiel des Kahnens entsprechende Theil der Klappen bildet einen dicken festen Wulst längs der Unterseite, während die Seitenwände derselben dünn sind. Sie bestehen aus einer Schicht dünnwandiger, parenchymatischer, einer Schicht langgestreckter, bogiger und einer Schicht stark verdickter Zellen mit grösserem Querdurchmesser. Durch das ungleiche Austrocknen dieser Schichten erfolgt ein Zusammenbiegen der Seitenwände, die die beiden Samenreihen fest einpressen und schliesslich, die Samen mit Gewalt herausquetschend, sich fest an einander legen. Das Ausschleudern der glatten Samen findet von der Spitze der Klappen nach innen zu und an einer Klappe nach der andern statt. Bei den stengeltragenden Veilchen, wie *Viola Riviniana*, *Viola silvestris*, *V. canina* sind die Fruchtkapseln aufgerichtet, während bei den Arten, deren Blüten dem Wurzelstock entspringen, z. B. *Viola odorata*, die Fruchstiele während der Reife unter die Blätter zurückgebogen sind und sich erst vor dem Oeffnen der Kapsel aufrichten (vgl. jedoch die später zu erörternde Diplokarpie des wohlriechenden Veilchens).

Die Schleudereinrichtung von *Montia minor* hat Urban eingehender studirt. Die verkehrt eiförmig-kuglige Kapsel springt

loculicid in drei Klappen auf. An ihrer Basis sind drei knotig rauhe, runde, concave Samengänge befestigt, die in Folge der Kapselgestalt nach aufwärts etwas divergiren und sich auf der Innenwand unweit der Kapselkanten berühren. Die Ränder der Klappen trennen sich von der Spitze her, rollen sich wenige Augenblicke später ganz allmählich immer stärker nach innen hinein und greifen unter die Samen, so dass diese mehr und mehr frei werden und von den eingerollten Rändern immer stärker an einander gepresst werden. Wenn der Druck der Fruchtschalen so bedeutend geworden ist, dass der durch die warzenförmigen Hervorragungen der Samen erhöhte Reibungswiderstand überwunden wird, werden die letzteren fortgeschleudert. Nach der Katastrophe, die ungefähr 10 Minuten nach dem Aufspringen der Frucht vor sich geht, sind die drei Schalthteile zusammengedreht oder eingerollt. Das Anschleudern der Samen geschieht unter einem Neigungswinkel von $80-83^{\circ}$ gegen die Horizontale, wobei die Samen eine mittlere Höhe von ca. 60 cm erreichten; von einem auf der Ebene des Tisches gelegenen Rasen aus erreichten sie meist den Tisch wieder in einer Entfernung von 50—80 cm, während einige bis 150 und 200 cm weit geworfen wurden. Während der Nacht wurden etwas weniger Samen ausgeschleudert als bei Tag. Die Biegungen und Verlängerungen der Blüten- und Fruchtsiele finden bei *Montia* in der gleichen Weise statt, wie bei *Holosteum umbellatum*, *Veronica*arten, *Stellaria*arten etc. (Abwärtskrümmen des Stieles vor Entwicklung der Blütenblätter, Aufrichten vor dem Aufblühen, Abwärtskrümmen und Verlängerung nach dem Blühen, Aufrichten vor Oeffnen der Samenkapseln.) — Bei der *Papaveracee* *Eschscholtzia californica* haben die beiden Klappen der schotenartigen Frucht beim Eintrocknen das Bestreben, sich uhrfederartig umzurollen, woran sie anfangs durch die festere Verbindung des Kapselgrundes mit dem Fruchtboden gehindert werden. Bei stärkerer Eintrocknung reißt die Kapsel am Boden los, wobei die federnden Klappen die Samen ziemlich weit fortschleudern. Unter den *Fumariaceen* zeigt *Corydallis impatiens* eine ähnliche Vorrichtung wie *Cardamine impatiens*.

Zu den Pflanzen, bei denen die Samen im Augenblick des Oeffnens durch die schraubige Drehung der Fruchtklappen ausgeschleudert werden, gehören zahlreiche *Papilionaceen*, *Mimosaceen*, *Caesalpiniaceen*, *Sterculiaceen*, *Acanthaceen*. Von *Acanthus mollis* beschreibt dies Goethe in

seiner italienischen Reise unter dem 17. Mai 1787: „Auch mit Samenkapseln begegnete mir etwas Auffallendes; ich hatte mehrere derselben von *Acanthus mollis* nach Hause getragen und in einem offenen Kästchen niedergelegt. Nun geschah es in einer Nacht, dass ich ein Knistern hörte und bald darauf des Umherspringen an Decke und Wänden wie von kleinen Körpern. Ich erklärte mir's nicht gleich, fand aber nachher meine Schoten aufgesprungen und die Samen umhergestreut.“ Die Trockenheit des Zimmers hatte die Reife bis zu solcher Elasticität in wenigen Tagen vollendet. Die Liliaceen *Alstroemeria peregrina*, *A. psittacina* etc. (Schuss der Samen bis zu 4 m Weite), Malvacee *Kitaibelia*, Scrofulariaceen *Lathraea squamaria* und *clandestina* verhalten sich ähnlich. Mattei nennt auch *Arceuthobium* als hierher gehörig. Unter den Papilionaceen ist das plötzliche schraubige Aufdrehen der Hülsen und die Fortschleuderung der Samen durch sie wohl am längsten bei dem Besenstrauch, *Sarothamnus scoparius*, bekannt (Bock 1546), es ist in gleicher Weise auffällig bei den Arten von *Orobus*, *Lathyrus*, *Lupinus*, *Dorycnemium* etc. — Bei *Wistaria chinensis* beobachtete Zabriskie, dass die Samen bis 30 Fuss weit geschleudert wurden. Am weitesten scheinen die verhältnissmässig schweren (2,5 g) linsenförmigen Samen von *Bauhinia purpurea* zu kommen, bei denen die Wurfweite bis 15 m beträgt.

„Das Aufspringen der Hülsen wird hauptsächlich durch hygroskopische Spannungen zwischen der Hartschicht und der Aussenepidermis (resp. dieser sammt dem Hypoderma) verursacht. Diese Spannungen werden nicht allein durch die grössere Quellungs-fähigkeit der Hartschicht hervorgerufen, sondern beruhen wesentlich auf der gekreuzten Stellung der in der Quere stärker als in Länge schrumpfenden Elemente beider Gewebe. Da nämlich in Folge dieser Anordnung die Schrumpfungsdifferenz in der Richtung des tangentialen Querdurchmessers der Hartfasern am grössten ist, so zwingen diese den beiden Klappen der Hülse eine einwärts gekehrte Schraubenkrümmung mit der Faserrichtung paralleler Achsen auf, die zunächst noch schwach das Aufspringen bewirkt und sich nach demselben weiter fortsetzt. Diese Krümmung wird nun je nach Gattung und Species in grösserem oder geringerem Grade dadurch unterstützt, dass die Quellungs-fähigkeit der Zellwandmassen von aussen nach innen in mehr oder minder ausgesprochenem Masse zunimmt.“ (Steinbrinck, B. d. D. B. G. 1883.)

§ 113. Durch einen wesentlich anderen Mechanismus als den bisher beschriebenen sind viele Geraniaceenfrüchte ausgezeichnet. Wir folgen in deren Erörterung der Abhandlung von C. Steinbrinck (Bot. Ztg. 1878, p. 589 etc.). Bei allen Arten von *Geranium* lösen sich die fünf Theilfrüchtchen von der Basis nach der Spitze zu fortschreitend von der Mittelsäule, die stehen bleibt, ab. Dabei winden sich die dünneren, oberen Theile der Fruchtblätter, die „Grannen“, bei *Erodium*, *Pelargonium* schraubig, bei den *Geranium*-arten dagegen spiralig in einer Ebene nach aussen. Bei *Erodium* werden durch die plötzliche Drehung der Granne die Theilfrüchtchen oft weit weggeschleudert und durch sie in den Boden eingeböhrt, bei *Pelargonium* trägt die Granne eine sich bei der Austrocknung ausbreitende Haarfahne zur Verbreitung durch den Wind; bei *Erodium*, *Pelargonium* und *Monsonia* bleibt der untere Theil des „Fruchtfaches“ geschlossen, während bei *Geranium* die Theilfrüchtchen abgeworfen und der Same aus ihnen fortgeschleudert wird. Dies gilt nach Steinbrinck jedoch nur für die grossblumigen Arten *Geranium sanguineum*, *G. palustre*, *G. pratense* und für das kleinblumige *G. dissectum*, indem sich bei diesen die bereits beim Abspringen des Faches auf der Innenseite vorhandene schmale Spalte erweitert und den Samen entlässt. Bei dem Abspringen der Grannen würde der Same, wenn das Fruchtfach bis dahin die senkrechte Stellung beibehielte, durch die Centrifugalkraft der Aussenwand (Basalwand) angepresst werden und keinen Ausweg finden. Daher ist es wichtig, dass sich die Fächer schon lange vor dem Abspringen der Granne an deren Basis von der Mittelsäule trennen und rechtwinkelig zu dieser aufrichten. Der Same wird so tangential schräg nach oben ausgeschleudert. Da jedoch die Granne nicht immer (besonders bei *G. dissectum*) sofort ganz abspringt und auch zwischen der Aufrichtung des Faches und der Loslösung der Granne der Spalt nach unten gerichtet ist, so fordert dies eine neue Vorrichtung, durch die bei weiterer Austrocknung der Same vor dem Herausfallen geschützt wird. Eine solche ist in der That vorhanden. Die Basalwand des Faches ist nach innen hin in einen Vorsprung verlängert. Dieser ist bei *G. sanguineum*, *G. pratense* und *G. palustre* zwar wegen seiner Kürze und Richtung selbst ungeeignet, das Herausfallen des Samens zu hindern, trägt aber beiderseits ein Büschel stark divergirender Haare, welche horizontal oder etwas nach innen gerichtet sind und einerseits steif genug sind, um den

ruhenden Samen festzuhalten, andererseits elastisch genug, um sein Herausschnellen zu gestatten. Bei *G. dissectum*, dem diese Haarbüschel fehlen, ist der Vorsprung selber verlängert, spitz und elastisch nach innen gegen den Samen gedrückt und der Spalt selbst durch Haare verschlossen, welche den ganzen Längsrand desselben (an der sonst kahlen Fachwand) verschliessen. Anders verhalten sich die kleinblüthigen Arten *Geranium molle*, *G. pusillum*, *G. lucidum*, *G. Robertianum*, sowie mit mittelgrossen Blumen *G. pyrenaicum*. Zwar löst sich auch hier der derbere Theil der Fachwand von dem dünnwandigeren, erweitert aber bei weiterem Eintrocknen seine Spalte nicht, sondern schliesst sie, ebenso wie bei *Erodium* und *Pelargonium*, über dem Samen zusammen. Die Granne, die sich völlig ablöst, wird durch ihre plötzliche Krümmung fortgeschleudert, wobei sich das Fach von der Granne ablöst und mit dem Samen wegschnellt. Bei *Geranium Robertianum* und *G. lucidum* bleiben die Theilfrüchtchen bis zur Ablösung in verticaler Richtung, die saftig bleibenden Kelchblätter und die Staubgefässe biegen sich aber vor dem Aufspringen (meist während der Nacht) rasch bis zur horizontalen Lage, indem ihre Basaltheile überwiegend auf der Oberseite wachsen. Bei *G. molle* dagegen bleiben die Kelchblätter aufgerichtet, wofür aber die Fächer vor dem Losschnellen wie bei den grossblumigen Arten senkrecht zum Schnabel gestellt und so bis zur Kelchspitze emporgehoben werden. Bei *Geranium Robertianum* findet sich noch eine eigenartige Verbreitungsvorrichtung nach Steinbrinck. „Jedes Fach hat nämlich an seiner Spitze etwas unterhalb der Ansatzstelle der Granne zwei dünne Stränge in der Länge des ganzen Schnabels, welche aus vielen einzelligen, dickwandigen Haaren bestehen. An der saftigen Frucht fallen dieselben nicht auf, da sie zu beiden Seiten der zugehörigen Granne in den Zwischenfurchen des Schnabels versteckt und mit dessen Aussenepidermis verklebt sind. Bei der Austrocknung lösen sie sich ebenfalls allmählich von unten her vom Schnabel ab und werden durch das Abspringen der Granne gänzlich losgerissen. Sie bleiben sowohl an ihrer Basis fest mit dem Fache verbunden, als auch in dem grösseren Theil ihrer Länge unzertheilt, trennen sich dagegen an ihrer Spitze in einzelne Haarcomplexe. Vom Schnabel losgetrennt, biegen sie sich ungefähr in ihrer Mitte fast rechtwinkelig, an den Enden unregelmässig um, so dass sie Haken darstellen, mit welchen sich das fortgeschleuderte Fach an anderen Pflanzentheilen anhängt. Hierzu ist es um so

mehr befähigt, da es vermöge der Lage seines Schwerpunktes in verticaler Stellung völlig im Gleichgewicht ist. An den Standorten der Pflanze findet man daher eine grosse Anzahl der Früchtchen aufgehängt. Sie schwanken beim leisesten Luftzug und werden von ihren Anheftungspunkten leicht wahrscheinlich durch den Wind oder durch vorbeihuschende Thiere weitergeführt.“ Eine weniger grosse Mannigfaltigkeit zeigt der anatomische Bau der Geraniaceenfrüchte. Die Granne besteht, ausser aus der Epidermis, aus engen Lagen dünnwandigen Chlorophyllparenchyms und aus einer die Hauptmasse bildenden dicken, vielreihigen Schicht von langen, verdickten, den Längsrändern der Granne parallelen Fasern. Nach Steinbrinck ist diese Faserschicht, deren innere Fasern eine geringere Quellungsfähigkeit haben, der Sitz der Krümmungen der Grannen. Die Torsionen der Grannen von *Erodium*, *Pelargonium* (Linksdrehung), wie auch an *Avena sterilis*, *Stipa pennata* (nach Nägeli, Schwendener, F. Darwin) haben ihren Grund in den selbständigen Eigentorsionen der einzelnen gestreiften Faserzellen. Die Wandungen der letzteren sind von zahlreichen Porenkanälen durchsetzt, die rechtwinkelig zur Achse verlaufen, aber nicht drehrund sind, sondern schiefe, spaltenförmige Mündungen haben. Bei heftiger Austrocknung über heissem Sand zeigen diese Faserzellen ausnahmslos eine bis fünf korkzieherartige, linksläufige Windungen. Die Umbiegungen der Fächer vor dem Loslösen der Frucht bei *G. dissectum*, *G. sanguineum* etc. finden ihre Erklärung in der Structur des Gewebes im Winkel zwischen der Grannenbasis und dem Fachgipfel. Die weniger quellbaren innersten Fasern der Granne gehen hier eine Strecke über den Scheitel des Winkels auf das Fach über. Die mittleren und äusseren dagegen ändern ihre Form und Wandbeschaffenheit. Sie werden isodiametrisch oder doch kürzer und breiter und ihre Wände bekunden eine hohe Quellungsfähigkeit. Durch ihr Schrumpfen wird das Fach in die Höhe gezogen. Bei den Arten, deren Fach vertical bleibt, fehlen die inneren resistenten Fasern an dem Gipfel des Faches. Auch der anatomische Bau der Fruchtfächer bei den samenschleudernden Arten ist leicht verständlich. Die derben Fachwände dieser Arten enthalten ausser dem Parenchym zwei Lagen verholzter, faserähnlicher Zellen, nämlich die Innenepidermis, deren Elemente quer tangential gelegt sind, und nach aussen die Hartschicht, die aus ebenso gestalteten, aber vertical gestellten Fasern besteht. Die Elemente beider Lagen sind gleich verdickt und gleich quellbar. Bei Austrocknung muss daher die

Fachspalte horizontal erweitert, vertical verkürzt werden und zwar hauptsächlich am Basaltheil, da an der Spitze der Spalte beiderlei Fasern in eine schiefere Lage übergehen. Durch die quere Auswärtskrümmung wird dem Samen für den Moment des Losschnellens an der geeignetsten Stelle ein Ausweg geschaffen, wie durch die Einwärtskrümmung in der Verticalen die Haarbüschel, resp. der stachelartige Fortsatz einwärts gekrümmt werden, um das Herausfallen des Samens zu hindern.

Ganz anders ist nach Lundström das Verhalten des einjährigen *Geranium bohemicum* in Schweden, wo es in den grösseren Wäldern des südlichen und mittleren Theiles besonders an abgebrannten Stellen spärlich auftritt und oft plötzlich an Orten erscheint, wo es früher nicht beobachtet worden ist. Die Fruchtblätter erstrecken sich hier nicht bis an die Spitze der Frucht, da die Narben bald abfallen, lösen sich daher von der Spitze an ab, drehen sich schwach schraubenzieherartig nach rechts und rollen sich von oben nach unten bis fast zu dem behaarten Fruchtfach um, das nicht abgeschleudert, sondern zwischen den Kelchblättern festgehalten wird. Die Oeffnung des Fruchtfaches ist klein und der haartragende Zahn, der sich am unteren Ende bei anderen Arten findet, fehlt. Das Fruchtfach dreht sich schliesslich, während das Fruchtblatt an seinem untersten Theil noch eine Zeit lang an der Mittelsäule haften bleibt, nach der Seite (stellt sich nicht senkrecht zur Mittelsäule), so dass die Oeffnung seitlich steht. Die Theilfrüchte bleiben also hier sitzen. Die zurückgebogene Spitze der schraubigen Fruchtgranne deutet auf eine Verbreitung durch Thiere (Hasen und Hühnervögel), womit auch das eigenthümliche Vorkommen der Pflanze in Schweden übereinstimmt. Unter den nordamerikanischen *Geranium*arten scheint nach den Abbildungen in Trelease's Monographie eine grössere Anzahl eine ähnliche Verbreitungsvorrichtung wie *G. bohemicum* zu haben.

Das bisher über die Samenverbreitung der Geraniaceen bekannt Gewordene weist bereits eine solche Mannigfaltigkeit ins Einzelne gehender nützlicher Anpassungen auf, dass es eine dankenswerthe Aufgabe wäre, die Biologie der Früchte der Geraniaceen ebenso planmässig zu bearbeiten, wie Hermann Müller und Andere ihre Blüthenbiologie bearbeitet haben, die eine nicht minder grosse Mannigfaltigkeit der Sonderanpassungen aufweist.

Allgemeine Resultate über die Schleudereinrichtungen.
1. Trockene Perikarprien.

§ 114. Von mathematisch-physikalischen Untersuchungen, welche das Aufspringen und die Schleudervorrichtungen der Trockenfrüchte erörtern, seien hier besonders hervorgehoben die von Steinbrinck (Untersuchungen über das Aufspringen einiger trockener Perikarprien. Bot. Ztg. 1878. — Ueber den Oeffnungsmechanismus der Hülsen. B. d. D. B. G. 1883, p. 273. — Ueber ein Bauprinzip der aufspringenden Trockenfrüchte. B. d. D. B. G. 1884, p. 397. — Ueber die Abhängigkeit der Richtung hygroscopischer Spannkkräfte von der Zellwandstructur. B. d. D. B. G. 1888, p. 385. — Zur Theorie der hygroscopischen Flächenquellung und -Schrumpfung vegetabilischer Membranen, insbesondere der durch sie hervorgerufenen Windungs- und Torsionsbewegungen. Bonn 1891, 128 S. u. 3 Taf.) und A. Zimmermann (Ueber mechanische Einrichtungen zur Verbreitung der Samen und Früchte mit besonderer Berücksichtigung der Torsionserscheinungen. Pringsheim's Jahrb. Bd. XII, p. 542. — Molecular-physikalische Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Quellungsfähigkeit und Doppelbrechung. B. d. D. B. G. 1883, p. 533; 1884, p. 124, p. XXXV, p. XLVII).

Nägeli hatte, um die Polarisationserscheinungen pflanzlicher Membranen zu erklären, die Theorie aufgestellt, dass diese organischen Gebilde aus Molecülcomplexen, „Micellen“, aufgebaut seien, die ebenso wie nicht reguläre Krystalle doppelbrechend wirken, während Schulze 1861 alle Erscheinungen im polarisirten Lichte auf moleculare Spannungen analog denen an erhitzten oder gezogenen Glasfäden, Gelatinestreifen etc. zurückzuführen suchte. Zimmermann lässt zunächst unentschieden, welche der beiden Theorien zu wählen sei, kommt aber zu dem Resultat, dass alle nicht cuticularisirten Zellmembranen eine solche optische Reaction geben, wie wenn sie in der Richtung der stärksten Quellungsfähigkeit, die natürlich auch mit der Richtung der stärksten Schrumpfung beim Austrocknen zusammenfällt, comprimirt wären, und weiter, dass alle untersuchten Zellmembranen, die irgendwie gestreckte Tüpfel besitzen, sich optisch so verhalten, als wenn sie in der Richtung, in die der grössere Durchmesser derselben fällt, gedehnt wären. Bei der Untersuchung der Quellungsfähigkeit und Schrumpfungen der Perikarpgewebe spielt hiernach das Polarisationsmikro-

skop eine grosse Rolle. Doch hat Steinbrinck auch andere Untersuchungsmethoden eingeschlagen, welche zu im Wesentlichen gleichen Resultaten führten.

Steinbrinck stellt als wichtigstes dynamisches Bauprinzip der Trockenfrüchte das folgende auf, das auf der Erfahrung beruht, dass die gestreckten Parenchym- oder Faserzellen im Gewebe der Perikarpn beim Austrocknen stärker in der Quer- als in der Längsrichtung schrumpfen: „Die in den aufspringenden Trockenfrüchten bei der Reife auftretenden hygroskopischen Spannungen rühren in der Mehrzahl der Fälle nicht oder nicht allein von Unterschieden in der Quellungsfähigkeit verschiedener Gewebspartien her, sondern sie sind entweder ausschliesslich, oder doch zum erheblichen Theile auf jene Schrumpfungsdifferenzen gestreckter Zellen zurückzuführen; die wirksamen Elemente sind nämlich gewöhnlich (planmässig) so orientirt, dass durch ihre Anordnung — für sich oder im Verein mit Unterschieden des Quellungsvermögens ihrer Wandungen — bei der Austrocknung Kräfte hervorgerufen werden, welche die Perikarpn an den Stellen des geringsten Widerstandes zerreißen und nunmehr für die Ausstreuung der Samen dienliche Formveränderungen verursachen.“ (Zu den dynamisch wirksamen Zellen gehören nicht allein verholzte, sondern auch durch besondere chemische und physikalische Eigenschaften ausgezeichnete dünnwandige Zellen.) Auch Leclerq du Sablon hat dieses Bauprinzip an zahlreichen Einzelfällen bestätigt gefunden.

Da wo die hygroskopischen Spannungen nicht durch die verschiedene Orientirung von Zellcomplexen bedingt werden, reicht der verschiedene Verlauf der Poren und Streifen an den Geweben aus gleichgerichteten Zellen zur Erklärung der Windungserscheinungen hin. In der Orientirung der Streifen erblickt Steinbrinck ein zweites dynamisches Bauprinzip für die mit der Aussaat der Samen betrauten Organe, wie in der hinsichtlich der Zahl und Richtung gleichsam planmässigen Anordnung der Wandflächen das erste. „Man könnte den Unterschied der beiden Principien auch dahin charakterisiren, dass die Natur nach dem ersten derselben als angreifenden Factor zur Erzeugung hygroskopischer Krümmungen unmittelbar den stärksten der Quellungscoefficienten der

Zellmembran, nämlich den radialen, verwerthet, während sie in dem zweiten sich mit der Ausnützung der tangentialen Quellungsunterschiede begnügt, resp. den Coëfficienten der Radialquellung nur unter Vermittelung der mit der Streifung zusammenhängenden Differenzen der Dehnbarkeit heranzieht.“ Es ist wahrscheinlich, dass in den Fällen, die bisher ausschliesslich nach dem ersten Princip gedeutet wurden, häufig die Streifenlage unterstützend hinzukommt. Steinbrinck hat (D. B. G. 1888) für verschiedene specielle Objecte mit parallel gestellten Zellen die Bedeutung der Streifen- und Porenrichtung bei Längskrümmung, Querkrümmung, schiefer Krümmung (Windung) und Torsion nachgewiesen. (Eine besondere Rolle spielen solche Zellen, die auf der einen Seite quergestellte, auf der anderen schiefe Tüpfel besitzen. Sie müssen beim Austrocknen winden.)

Ein Vergleich der theoretisch abgeleiteten Bewegungsformen der hier in Betracht kommenden Gebilde mit der Function dieser Gebilde in der Natur führt Steinbrinck zu dem Resultat, dass die Anordnung der die wirksamen Wandmassen der trockenen Perikarprien zusammensetzenden Micelle (Schichten und Reihen) oder — bei ungleicher Quellbarkeit der Membranen — die Verschiedenheit in den Dimensionen der Micelle durchweg in Bezug auf die die Aussaat bewirkenden hygroscopischen Bewegungen eine völlig rationelle ist, dass also alle Mittel und Wege thunlichst ausgenutzt sind.

Steinbrinck fasst einige dieser theoretischen, mathematisch-physikalischen Ableitungen in folgende Sätze zusammen:

1. Dorsiventrale Zellhüllen mit zwei opponirten Hauptwandungen von gleicher Quellbarkeit und zur Längsachse der Zelle unsymmetrischer (einseitiger oder beiderseitiger) Schrägstreifung erleiden im Allgemeinen bei der Schrumpfung eine excentrische Drehung (Windung), bei welcher die Drehungsachse derjenigen Wandfläche näher gerückt ist, deren Streifung mit der Längsachse den grösseren Winkel bildet. Der Windungscharakter der Bewegung wird versteckt, wenn die letztgenannte Wand die andere an Dicke übertrifft.

2. Die Schrumpfungs- und Quellungstorsionen schraubig gestreifter, dünnwandiger Hohlcyylinder von gleicher Steigung der Streifen, aber verschiedenem Umfang, verhalten sich unter sonst gleichen Umständen umgekehrt wie ihre Radien; ihre activen, durch

die Aenderung des Wassergehaltes entwickelten Torsionsmomente umgekehrt wie die Quadrate der Radien.

3. Das active Drehmoment einer schraubig gestreiften Zelle von gleichmässiger Wanddicke und beliebiger Querschnittsform ist von deren Lage zur neutralen Achse des Bündels, dem sie angehört, unabhängig und bei zartwandigen ihrer Querschnittsgrösse direct proportional.

4. Die hygroskopische Drehung isolirter prismatischer Zellhüllen regelmässigen oder symmetrischen Querschnitts mit einseitig beschränkter Verdickung ist wahrscheinlich auch bei gleichmässiger Schrägstreifung ihrer Wände derart excentrisch, dass die Drehungsachse der verdickten Wandfläche genähert ist.

5. Die specifischen Torsionsgrössen von Zellbündeln kreisförmigen oder ähnlich-rechteckigen und elliptischen Querschnitts, die aus gleichförmigen, zartwandigen, tordirenden Elementen zusammengesetzt sind, nehmen ab proportional ihrem Querschnitt oder, was dasselbe sagt, verhalten sich umgekehrt wie die Anzahl ihrer Zellcomponenten.

6. Steht zum Aufbau eines Zellbündels einerseits eine bestimmte Anzahl gleichartiger, tordirender, andererseits ein gewisses Quantum an zarteren, nicht tordirenden Gewebeelementen zur Verfügung, so ist diejenige Vertheilung dieser Elemente für eine energische hygroskopische Torsion am günstigsten, bei der die tordirenden Elemente dem Centrum des Bündels am nächsten gerückt sind. — Bilden die drehenden Elemente eine oder mehrere kreuzförmige Zonen, so wird die Torsion durch Verdickung der äussersten Zellwände derselben gefördert (umgekehrte Vorrichtungen finden sich bei torsionsfesten Organen).

Schon die Untersuchungen von Kraus, Hildebrand und Anderen hatten dargethan, dass der Bau der Trockenfrüchte höchst mannigfach und eigenartig ist und in merkwürdiger Weise durch die abnorme Lagerung der gestreckten Gewebeelemente sich auszeichnet. „Es giebt wohl kaum ein anderes Pflanzenorgan, in welchem so auffällige und doch für die Species, Gattung oder Familie constante Abweichungen von der gewöhnlichen, zur Achse parallelen oder senkrecht gerichteten Stellung dieser Zellen vorkommen. Dieselben kreuzen sich oft nicht allein in verschiedenen, radial hinter einander gelegenen Schichten, sondern ändern häufig ihre Richtung allmählich oder sprungweise, sogar in derselben tangentialen Schicht.“ Diese

Thatsachen fanden keine Erklärung in dem Bedürfniss einer grösseren Wandfestigung oder einer starken Verdunkelung der Fruchtknoten-
höhle. Erst die vorstehend erörterten biologischen Gesichtspunkte
haben mit einem Schlag Licht in diese bis dahin verworrenen Bau-
verhältnisse gebracht.

2. Einige sonstige allgemeine Eigenthümlichkeiten.

§ 115. Einsamige aufspringende Früchte (*Dorstenia*,
Geranium etc.) sind fast stets mit Schleudervorrichtung ver-
bunden, wenn sie unscheinbar sind; auffällig gefärbte oder glän-
zende Samen, welche den Vögeln zur Schau gestellt sind, bleiben
mit der Frucht fest verbunden (z. B. *Stromanthe* Tonckat, *Magnolia*).
Schleuderfrüchte nehmen stets eine Stellung ein, dass sie nicht
mehr vom Laube verdeckt sind (Aufrichten des Fruchstieles
bei *Oxalis*) und, wenn nicht ringsherum die Verhältnisse die gleichen
sind, dass ihre Samen nach aussen ausgeschleudert werden. Zu-
meist sind noch Vorrichtungen getroffen, welche das Abschnellen
der Samen unter einem Winkel von 45° bewirken, für
welchen bekanntlich die Wurfweite ihr Maximum erreicht. Das
Wurfgeschoss, der Same, hat Kugel-, Ei-, Bohnen-, Linsenform oder
ist ganz flach. Letztere Formen werden so abgeschleudert, dass sie
mit der Schmalseite die Luft durchschneiden. Wie bei den
anemochoren Pflanzen sind hier oft Vorkehrungen vorhanden, welche
ein leichtes Loslösen der Früchte bewirken, so z. B. bei *Sarotham-
nus scoparius*, *Cytisus*, *Lathyrus* u. a., wo durch eigenthüm-
liche Wachstumsverhältnisse des Arillus die Verbindung zwischen
Samenträger und Samen auf ein Minimum reducirt wird. Diejenigen
Schleudereinrichtungen, mit denen nicht eine Ausrüstung zur
Verbreitung durch den Wind oder durch Thiere verbunden ist, sind
meist Bewohnern von Orten eigen die für die Verbreitung durch
den Wind ungünstig sind (z. B. *Cardamine impatiens*, *Impatiens
nolitangere*, *Lathraea squamaria*, *Mercurialis perennis*, *Orobus
vernus*, *Oxalis Acetosella*, *Viola silvatica* etc. im schattigen, mehr
oder weniger windfreien Waldgrunde).

Ballisten.

§ 116. Viele Pflanzen besitzen zwar keinen selbstthätigen
Ausschleuderungsmechanismus, wohl aber Vorrichtungen, durch

welche nach äusserem Anstoss, Erschütterung etc. die Samen oft in weitem Bogen ausgeworfen werden. Hierher gehören viele Labiaten, deren eiförmige oder ellipsoidische Nüsschen ohne äusseren Eingriff nicht aus dem trockenhäutigen Kelch herausfallen können, wohl aber schon bei einer leisen Erschütterung des elastischen Kelchstieles weit hinausgeschleudert werden. Vielfach verhindern Haarbüschel oder bei *Scutellaria* die Lappen des „an einen geschlossenen Turnierhelm erinnernden“ Kelchsaumes das Herausfallen der Samen, geben aber beim Ausschleudern der Samen diesen die rechte Führung (z. B. bei *Teucrium flavum*, *Monarda*, *Galeopsis* etc.). Auch bei den nicht mit Pappus versehenen Compositen mit oder ohne Spreudeckblättchen (*Centaurea*, *Telekia* etc.) bei Sileneen, Rhinanthaceen etc. findet eine Ausschleuderung der Samen durch Erschütterung des elastischen Fruchtstieles statt. v. Kerner bezeichnet derartige Pflanzen, zu denen er noch *Polygonum Virginicum* (mit abwärts gerichtetem, starrem, hakenförmigem Griffel und leicht lösbarem Stielgelenke) stellt, als „Ballisten“.

Kriechende und hüpfende Bewegung der Früchte.

§ 117. Eine ruckweise kriechende oder hüpfende Fortbewegung zeigen einige Früchte durch Ausrüstungen, die wohl zum Theil auch der folgenden Kategorie biologischer Vorrichtungen zuzuzählen sind. Es sind diese Ausrüstungen einseitig steife, aber sehr hygroskopische Borsten in der Umgebung der Früchte, welche beim Wechsel der Feuchtigkeit die Früchte in einer bestimmten Richtung fortbewegen, bestachelte Grannen bei Gräsern (*Aegilops ovata* etc., *Elymus crinitus*, *Secale fragile*) und Restiaceen (*Hypodiscus aristatus*), Kelchborsten und hakige Pappushaare bei Scabiosen und Compositen (*Crupina vulgaris*), hakige, abstehende Kelczähne bei Papilionaceen (*Trifolium stellatum* etc.), bei denen die einseitig gerichteten Häkchen eine rückläufige Bewegung verhindern. Bei *Arrhenaterum elatius*, *Avena pratensis*, *Avena sterilis* etc. sind die knieförmig gebogenen Grannen im unteren Theil des Knies schraubig gedreht und sehr hygroskopisch, wodurch sie bei Anstimmung an einen festen Körper ruckweise emporgeschleudert werden. Es fallen bei *Avena sterilis* immer zwei stark begrannete Fruchtspelzen mit einander vereinigt ab; die gedrehten Grannen beginnen bei Befeuchtung zu rotiren, wobei sich ihre abstehenden Schenkel kreuzen, auf einander drücken und endlich mit Gewalt an einander

abgleiten, wodurch die Früchte einen derartigen Stoss erhalten, dass sie weit fortgeschleudert werden. — Nicht hierher gehörig sind die „springenden Bohnen“ der mexikanischen *Sebastiana Pavoniana* (Euphorbiacee), deren Bewegung durch die eingeschlossene Larve eines Wicklers, *Carpocapsa saltitans*, hervorgerufen wird, springende Tamariskenfrüchte, springende Eichengallen etc.

Selbstthätiges Einbohren der Früchte in den Boden und andere Ausrüstungen zur Befestigung am Keimboden.

§ 118. Viele Gramineenfrüchte besitzen an den sie umhüllenden Spitzen Werkzeuge zum Befestigen in geeignetem Boden. Die Basis solcher Spelzen ist in einen spitzen Callus verlängert, der das Eindringen erleichtert und durch die oberhalb der Spitze angebrachten aufwärtsgerichteten Borsten das Zurückziehen der eingedrungenen Spitzen erschwert. Als Bohrer wirkt oft eine sehr starke, gekniete und unterhalb des Knies gedrehte, stark hygroskopische Granne. Beim Austrocknen finden neue kräftige Windungen statt, bei Befeuchtung windet sich die Spelze auf; bei beiden Vorgängen wird die mit Widerhaaren versehene Spitze in Rotation versetzt und dringt, besonders wenn die obere Hälfte eine Stütze findet, in kurzer Zeit tief in den Boden ein. Hierher gehören Arten von *Stipa*, *Trisetum*, *Anthoxanthum*, *Deschampsia*, *Aira*, *Lagurus*, *Gastridium*, *Heteropogon contortus*, *H. melanocarpus*, *Avena elatior*, *A. fatua*, *A. barbata*, *A. sterilis*, *A. brevis*, *Aristida hygrometrica*. Gelangen solche Bohrfrüchte in das Vlies der Schafe, so bohren sie sich nach Hackel binnen Kurzem durch die Haut bis in die Eingeweide ein, wo sie tödtliche Entzündungen veranlassen. Auch Prillieux giebt an, dass die spitzen Früchte von *Stipa capillata* bei den aus Russland kommenden Schafen auf dem Markt von La Vilette oft die Haut durchbohren und in die Muskeln eindringen, und nach Bureau dringt bei den Schafen in Neucaledonien *Andropogon contortus* gleichfalls in das Fleisch. Bei *Triticum ovatum* gräbt sich die ganze Aehre mit spitzer Basis und zahlreichen abstehenden, sehr rauhen Grannen auch ohne Drehgrannen ein. Francis Darwin führt noch *Androscepia arundinacea*, *Anthesteria ciliata*, *Anemone montana* als Pflanzen mit Bohrfrüchten an, besonders sind es aber noch die Arten der Geraniaceengattungen *Erodium*, *Monsonia*, *Pelargonium*. Ueberraschend ist ein Vergleich der Bohrvorrichtung der Stipaarten mit der der

Geraniaceen, wie Ascherson besonders hervorgehoben hat. Die Bohrapparate beider haben grosse Aehnlichkeit, obwohl die Granne von *Stipa* von der Deckspelze gebildet wird, bei *Erodium* aus einem Theil des Fruchtblattes besteht. Bei den Stipeen unterscheidet man solche mit gefiederten und nackten Grannen und ein Gleiches gilt bei *Erodium* und *Monsonia* (Sect. *Barbata* und *Plumosa*). Die Sectio *Barbata* besitzt hier am unteren Grannentheil einen langhaarigen Bart, bei den *Plumosae* ist auch noch der obere Theil der Granne behaart, bei den *Pelargonien* finden sich Uebergänge. Der Verbreitungsbezirk der Geraniaceen und Aristidaarten mit gefiederten Grannen fällt zusammen (afrikanische Steppen, wie überhaupt Bohrfrüchte und kriechende Früchte vorwiegend in Steppengebieten ihre Ausbildung erhalten haben). Die Bedeutung der drei Schenkel der Granne von *Aristida* und des Bartes der *Erodien* ist dieselbe. Durch das Ausspreizen dieser Gebilde erhält die Frucht die zum Einbohren geeignete aufrechte Stellung.

Bei anderen Pflanzen finden sich die mannigfachsten Ausrüstungen, um auf andere Weise eine Befestigung des Samens am Keimboden zu bewerkstelligen: Warzen, Zapfen, Riefen und andere Unebenheiten der Frucht und Samenschale bei den einen, klebende Stoffe, welche die Samen mit dem Boden verkitten, bei den anderen (bei *Linum*, *Plantago*, *Collomia* an der ganzen Oberfläche, bei *Matricaria*, *Oxybaphus* etc. an besonderen Kanten oder reihenweise angeordneten Zellen ausgeschieden), bei der Wassernuss n. a. besondere Ankervorrichtungen etc. Wir heben von diesen Ausrüstungen hier nur diejenigen noch hervor, welche sich an den Samen einiger *Lythriaceen* finden. *Kiärskou* hatte zuerst beobachtet, dass die Samen von *Lythrum* und *Peplis* sich beim Befeuchten mit Haaren bedecken; es haben diese Erscheinung weiter *Köhne* bei *Lythrum thesioides*, *Klebs* bei *Cuphea viscosissima* beschrieben. Nach *Klebs* besteht bei *Cuphea* die Epidermis aus einer Lage kurzcyllindrischer, im Querschnitt sechseckiger Zellen. „Das Innere derselben (der Zellen) ist erfüllt von einem vielfach gewundenen, zusammengefalteten, ungefähr überall gleich dicken Faden, der an der Innenfläche der Aussenwand auf einer kleinen Verdickung derselben sitzt. Den Bau dieser eigenthümlichen fadenartigen Zellwandverdickung erkennt man erst beim Befeuchten mit Wasser. In Folge dessen stülpen sich auf eine noch nicht näher aufgeklärte Weise die Fäden hervor, sie strecken sich mehr und mehr, wobei sie sich schlangenartig hin

und her krümmen und ihre Falten sich ausgleichen. Man bemerkt jetzt deutlich, dass im Innern des gefalteten und sich streckenden Fadens ein gleichfalls gefalteter, cylindrischer Schlauch sich befindet, welcher nichts anderes als das eingestülpte Ende des Fadens selbst darstellt.* Allmählich stülpt sich der ganze Faden aus. Erst nach 24 Stunden findet man die im Wasser liegenden Samen von einem Haarfilz umhüllt. Die Haare sind an ihrer Oberfläche schleimig und kleben Erdtheilchen sehr fest und in grosser Menge an. C. Correns hat nach Klebs fast gleichzeitig mit W. Grütter den Bau der Samenschale der Lythraceen untersucht und Näheres über die Bildung der genannten Schleimhaare ermittelt (B. d. D. B. G. 1892, p. 143 ff.; Bot. Ztg. 1893, Abt. I p. 1—26). Nach Correns wird beim Anfeuchten die Cuticula der äusseren Epidermiswand zerrissen und ein über der Ansatzstelle des Haares befindliches rundes Membranstück wird wie ein im Charnier beweglicher Deckel gehoben und bei Seite geschoben. Das Haar wird dann von der Basis beginnend durch die Öffnung herausgestülpt. Dabei kommt die frühere Füllmasse des Haares nach aussen und löst sich meist sehr schnell im Wasser auf. Als treibende Kraft für die Ausstülpung der Schleimhaare dürfte die starke Quellung der inneren Zellmasse bei Wasseraufnahme zu betrachten sein. Die Entwicklung der Schleimhaare beginnt mit der Bildung des Deckels, von dem zuerst ein unregelmässiger Zapfen ins Zellinnere wächst. Am meisten entwickelt sind die Schleimhaare bei *Cuphea*, *Peplis*, *Ammania*, wo sie beträchtliche Länge, bei letzterer spiralige Falten haben, bei *Lythrum* haben sie nur die Länge der Zellen und bilden einen glatten Schlauch, bei *Heimia* und *Nesaea* erreichen sie kaum ein Viertel der Zelllänge oder sind halbkugelige Höcker.

Kapitel XIV. Amphikarpie, Heterokarpie.

Amphikarpie und Geokarpie.

§ 119. Wie bei vielen Pflanzen neben den der Fremdstäubung angepassten offenen Blumen (chasmogamen Blüten) sich nie öffnende Blüten ohne Schauapparat finden (kleistogame Blüten), welche durchaus fruchtbar sind und der Erhaltung der Art auch unter ungünstigen Verhältnissen dienen, zuweilen sogar die letzteren

ausschliesslich noch die Fortpflanzung besorgen (*Salvia cleistogama*, *Plantago virginica*, *Collomia grandiflora* an ungünstigen Standorten), so finden sich auch häufiger im Pflanzenreich neben den oberirdischen der weiteren Verbreitung der Samen dienenden Früchten (Aërokarpie) an ein und derselben Pflanze Früchte, welche ihre Samen direct in die Erde vergraben (Geokarpie). Diese „Amphikarpie“ kann dann in ähnlicher Weise in ausschliessliche „Geokarpie“ übergehen, wo nur Erdfrüchte ausgebildet werden. Häufig geht die Ausbildung der Amphikarpie mit der von kleistogamen Blüten — neben den chasmogamen — Hand in Hand, ein Beweis, dass die Veranlassung zu ihrer Ausbildung die gleiche oder eine ähnliche ist (ungünstige Wohnverhältnisse, thierische Feinde, die die Existenz der Art bedrohen). Eine übersichtliche Bearbeitung der amphikarpen und geokarpen Pflanzen verdanken wir E. Huth (Ueber geokarpe, amphikarpe und heterokarpe Pflanzen, Berlin 1890), der auch die Literatur über diesen Gegenstand sorgfältig zusammengestellt hat.

Eine der merkwürdigsten amphikarpen Pflanzen ist die im südlichen Brasilien und in Uruguay heimische Crucifere *Cardamine chenopodifolia*. Aus einer grundständigen Blattrosette entwickelt diese Pflanze oberirdische, ca. 16—20 cm lange Blüthentrauben mit offenen Blüten und linealischen Schoten, deren zahlreiche Samen durch den Wind verbreitet werden, von ähnlicher Beschaffenheit wie bei unseren einheimischen *Cardamine*-arten (*C. silvatica* etc.). Die Blattrosette, die aus der verkürzten Hauptachse entspringt, ist nach oben durch 6—10 dicht gedrängte Nebenachsen begrenzt, welche die Blütenstiele der unterirdischen Fortpflanzungsorgane sind. Die Blütenstiele dieser Dolde biegen sich, nachdem sie kaum aus der Blattrosette sichtbar geworden sind, in steilem Bogen nach unten und wachsen senkrecht bis zu einer Tiefe von ca. 2 cm in die Erde hinab. Ihre kleistogamischen Blüten sind mit unbewaffnetem Auge kaum sichtbar. Sie gleichen der stumpfen Spitze des Blütenstiels. Die Pollenschläuche treiben direct aus den Antheren in die Narbe der geschlossen bleibenden Blüten und befruchten die beiden einzigen Samenknospen des Fruchtknotens. Die in der Erde bleibenden reifen Früchte stellen kuglige zweisamige Schötchen dar, so dass also bei demselben Individuum Schoten und Schötchen erzeugt werden. Nach Griesebach, der mit Drude die Entwicklung der Pflanze

im Göttinger Botanischen Garten näher studirt hat (Bot. Ztg. 1878, S. 723—727. Eine bildliche Darstellung der Amphikarpie von Schoten und Schötchen hat zuerst St. Hilaire in seiner südbrasilianischen Flora gegeben), steht im Aufbau der Vegetationsorgane am nächsten *Cardamine axillaris*, die auf den feuchteren Anden von Catamarca bis Bolivia wächst, und dürfte es der längeren Dauer regenloser Jahreszeiten in den südamerikanischen Ebenen jenseits des Wendekreises entsprechen, dass bei *Cardamine chenopodifolia* die Keimkraft des Samens durch Versenkung in den Erdboden sicher gestellt wird. Ich habe selbst die Samen der Pflanze im Spätherbst 1882 im trockenen Zimmer ausgesät. Die alsbald daraus hervorgehenden Pflanzen trieben schon während des Winters die (Schötchen tragenden) Blütenstiele in die Erde und producirten üppig Früchte, während die oberirdischen Blütenstiele erst im Frühjahr zur Entwicklung kamen. In meinem Zimmer blühten auch die oberirdischen Blüthentrauben mit Ausnahme der ersten Blüthen kleistogamisch, trugen aber normale Schoten. Auch die Crucifere *Heterocarpus Fernandezianus* von Juan Fernandez bildet neben linealischen Schoten der Luftfrüchte (mit ca. 7 berandeten Samen) einsamige, flachgedrückte, unberandete Erdfrüchte, während von dem australischen *Geococcus pusillus* nur Erdfrüchte bekannt sind.

Ein weiteres Beispiel von Amphikarpie, die besonders häufig bei den Papilionaceen auftritt, liefert unsere einheimische *Vicia angustifolia* (obwohl hier, wie in manchen anderen Fällen, nicht überall Erdfrüchte gebildet werden, bei *V. amphicarpa* zuweilen nur unterirdische Hülsen entstehen), bei der neben den luftblüthigen Hülsen aus unterirdischen kleistogamischen Blüten hervorgehende Erdfrüchte erzeugt werden. Nach Ascherson (Die Amphikarpie der einheimischen *Vicia angustifolia*. Ber. d. D. B. G. 1884, S. 235) dürften die *Vicia angustifolia* und die dem Mittelmeergebiet eigene *V. amphicarpa* nur durch die regelmässige Amphikarpie der letzteren unterschiedene biologische Formen (der *Vicia sativa*) sein, wie *Lathyrus amphicarpus* nur eine amphikarpe Form des *Lathyrus sativus* darstellt, und auch bei *Lathyrus setifolius*, *Orobis saxatilis* finden sich gelegentlich kleistogame Blüten und Erdfrüchte. Auch *Vicia lutea*, *V. narbonensis*, *V. pyrenaica* sind amphikarp. Ausser bei *Vicia* und *Lathyrus* kommen von Papilionaceen noch die nordamerikanische Gattung *Amphicarpaea* (*A. monoica*, *A. sarmentosa*), *Galactia canescens*, *Trifolium poly-*

morphism mit kleistogamen Blüten und Erdfrüchten neben den Luftfrüchten der chasmogamen Blüten vor. Unterirdische Blüten und Früchte neben (oder nach) den oberirdischen finden sich noch bei *Linaria spuria*, *L. Elatine*, wo die kleistogamischen Blüten oft oberirdisch entspringen und sich dann in die Erde vergraben. Beim Sauerklee, *Oxalis Acetosella*, bei *Viola odorata*, *V. alba*, *V. hirta*, *V. collina* werden die kleistogamischen Blüten gleichfalls vergraben, um die Früchte dort zu reifen und meist unterirdisch zu bleiben (nach den aërokarpn Schleuderfrüchten). Amphikarpie findet sich schliesslich bei *Polygala polygama*, *Scrofularia arguta*, *Commelina bengalensis*, nach Heckel auch bei *Polygonum aviculare*, *Catananche lutea*, *Ceratantthera Beaumetzii* (anstatt der Luftblüthen finden sich Brutknollen).

Als Geokarpie im engeren Sinne bezeichnet Ascherson mit Treviranus die Erscheinung, dass die Frucht einer oberirdisch entwickelten (chasmogamen) Blüthe nur unterirdisch reifen kann, zu welchem Behuf sich der junge Fruchtknoten in den Boden einbohrt. Sie findet sich z. B. bei der corsisch-sardinischen Crucifere: *Morisia monantha*, bei den Papilionaceen: *Arachis hypogaea*, *Voandzeia subterranea*, *Trifolium subterraneum*, *Trigonella Aschersoniana*, *Astragalus hypogaeus*, *A. cinereus*, ferner bei *Phrynium micans*, *Cyclaminus europaeus*, *Mühlenbeckia hypogaea*, *Plantago cretica*, *Stylochiton hypogaeus*, *St. lancifolius*, *Okenia hypogaea*.

Als Hauptnutzen der Geokarpie wird ein Schutz der Früchte gegen Thiere und Trockenheit betrachtet.

Bei der aus Brasilien stammenden Erdnuss *Arachis hypogaea*, die in den unteren Blattachseln gelbe Blüten trägt, verlängert sich nach der Blüthezeit die Blütenachse zwischen Kelch und Fruchtknoten bis zur Länge von 16 cm und treibt den reifen Fruchtknoten in den Erdboden. Noch eigenthümlicher gräbt das in der Blüthe dem *Trifolium repens* ähnliche *Trifolium subterraneum* seine Früchte in die Erde. Von den 10—12 Blüten des Köpfchens kommen nur ca. 3 zur Entwicklung, während die übrigen einen wirksamen Bohraparat bilden. Der Stiel des Köpfchens verlängert sich und wendet sich zur Erde, während die unentwickelten Blüten zu dicken Stielen auswachsen, welche die Früchtchen umhüllen und deren Kelchgipfel am oberen Ende fünf hakenförmig gekrümmte Stacheln bilden, die sich langsam in die Erde einbohren. Linné beschreibt diese Einrichtung (nach Huth) folgendermassen: „*Pedunculus ex ala elongatus arcuatur terramque*

petit, quam quum tetigerit apex pedunculi, flores explicat coelum respicientes, respectu pedunculi vero reflexo. Hi saepius 5 sunt, prope apicem pedunculi affixi in orbem positi, calyce tubuloso oblongo cylindraceo, setis 5 villosis longis terminato. Absoluta inflorescentia ex apice summo pedunculi juxta terram adeoque intra orbitam florum, erumpunt fibrae plures lineares, quae reflectuntur versus fructificationem, mox apicibus suis, ex eodem cento 5 radios emittunt acutos fere palmatos, qui connivent versus pedunculum et tanaquam intra cancellos incarcerant maturascentem fructum qui accrescens intumescit, unde capitulum hoc globosum evadit. Maturo fructu singulum perianthium, pericarpium et semen, quod solitarium, subrotundum est.

Auch *Trifolium nidificum* gehört hierher. Bei *Trigonella Aschersoniana* wie bei *Arachis hypogaea* bildet das nach der Blüthezeit verdickte Carpopodium den Bohraparat.

Heterokarpie.

§ 120. Während es sich bei den amphikarpen Pflanzen um unterirdische Früchte neben den Luftfrüchten handelt, bezeichnet man als heterokarp solche Pflanzen, bei denen an der oberirdischen Pflanze (meist innerhalb desselben Fruchtstandes) Samen verschiedener Gestalt und Verbreitungs-ausrüstung vorkommen. In erster Linie wird durch derartige Ausrüstungen neben einer Weiterverbreitung der Samen durch den Wind oder durch Thiere eine Aussäung an Ort und Stelle gesichert, dann aber können neben den der Verbreitung durch Thiere angepassten Früchten Windfrüchte in demselben Fruchtstand auftreten. Bei *Catananche lutea* finden sich in den normalen Blüthenköpfen auf der Scheibe kleinere mit 5 Grannen versehene geflügelte Achänen, am Rande dickere nicht begrannete Achänen. Die letzteren werden aber auch an 1—2blüthigen Köpfchen unterirdisch gebildet, so dass diese Art als heteroamphikarp zu bezeichnen ist.

In erster Linie findet sich Heterokarpie bei Compositen. Bei der Regenringelblume, *Diplocarpon pluviale*, finden sich in der Scheibe zweiflügelige Windfrüchte, am Rand des Blüthenköpfchens ungeflügelte runzlige Früchte, die meist erst beim Zerfall des Köpfchens ausfallen oder durch den Regen direct zu Boden gewaschen werden und so die Erhaltung der Pflanze an Ort und Stelle be-

wirken. Ueberhaupt finden sich bei den meisten Gattungen der Section Calendulacea wie bei *Calendula*, *Othona*, *Dimorphotheca* polymorphe Früchte. A. N. Lundström unterscheidet bei den *Calendula*-arten, z. B. *C. arvensis* etc. folgende Haupttypen von Früchten desselben Köpfchens.

1. Windfrüchte, die, wenig gebogen, die äussere Fruchtwand zum Flugwerkzeug ausgebildet haben, so dass sie nachen- oder schalenförmig werden. Sie fallen bald aus, sind sehr leicht und können vom Wind weit umhergeführt werden.

2. Hakenfrüchte, die der Flugwerkzeuge entbehren, aber an ihrer Stelle an der Rückseite zahlreiche auswärts gerichtete Haken haben, die an der Spitze gekrümmt sind und sich an andere Gegenstände, z. B. an das Haarkleid vorübergehender Thiere anhaken können, da sie peripherisch angeordnet sind.

3. Larvenähnliche Früchte, die innerhalb der beiden ersteren Fruchtformen sitzen. Sie sind stark gebogen, haben keine Flügel und Haken, aber ihre äussere Fruchtwand ist wellig gefaltet, so dass sie zusammengerollten, mikrolepidopteren Raupen sehr ähnlich sind. Sie fallen früher ab und haben einen bemerkenswerthen anatomischen Bau. Ihre innere Fruchtwand hat erhöhte Längsrippen. Die äussere Fruchtwand, deren Form und Bau auch bei den anderen Fruchtformen der *Calendula*-arten mit der Verbreitungsweise in Zusammenhang steht, besitzt unter der Epidermis langgestreckte, senkrecht gegen die Aussenseite stehende Zellen, zwischen denen sich grosse luftführende Zwischenräume finden; sie ist weicher und nicht so trocken als bei den Windfrüchten, von seidenartigem Glanz, der die Aehnlichkeit mit gewissen Schmetterlingsraupen noch erhöht.

Die „Segmentirung“ der Aussenwand und ihre zusammenge- wickelte Form macht es Lundström wahrscheinlich, dass es sich hier um einen Fall von Mimikry handelt, dass insectenfressende Vögel diese Früchte für Larven halten und mit den Excrementen verbreiten. Derselbe hat beobachtet, dass Bachstelzen sich gerne in der Nähe dieser Pflanzen aufhalten, oder dass dieselben, wie dies für andere raupen- oder blattlausähnliche Früchte nachgewiesen ist, durch Ameisen verschleppt werden. Doch sind hier um so mehr weitere Beobachtungen nöthig, als Battandier gefunden hat, dass Hühner, Enten und zahme Drosseln sich nicht durch das raupenähnliche Aussehen der Früchte täuschen lassen; man muss aber zugeben, dass die Aehnlichkeit in der Heimat der Pflanzen

anderen Vögeln gelten kann. (Bei *Calendula officinalis* scheint die Kultur die Unterschiede in den Fruchtformen verwischt zu haben.) Bei einigen vom Cap stammenden Arten von *Dimorphotheca* finden sich ohne Uebergänge zwei deutlich unterschiedene Fruchtformen, platte Windfrüchte von Form und Grösse der Theilfrüchte des Pastinak (vgl. *Diplocarpon pluviale*) und — am Rand larvenähnliche — Früchte, welche den Curculionidenlarven gleichen und von einem Bau, der im höchsten Grade für die Verbreitung durch insectenfressende Vögel geeignet sein würde. Die innere Fruchtwand wird nämlich von einer mächtigen Schicht von Steinzellen und Zellen mit porigen verdickten Wänden gebildet und ist 5 bis 6 Mal dicker als die entsprechende Wand der Windfrüchte. Da der Same der Windfrucht schon einen hinreichenden Schutz durch die sehr dünne Fruchtwand erhält, so würde es unerklärlich sein, warum die Samen in diesen Früchten eine 5—6 Mal dickere Fruchtwand brauchen sollten, wenn es sich nur darum handelte, sie gegen die schädlichen Einflüsse der Atmosphärien zu schützen. Die Hypothese Lundström's erhält auch eine Stütze durch das weitere Vorkommen von „verkleideten“ Früchten (vgl. das Kapitel über die Verschleppung der Samen durch Ameisen. Die grossen Samen des brasilianischen *Ischnosiphon leucophaeus* gleichen täuschend einem Käfer mit schwärzlichem Kopf- und Halsschild und schmutzig gelbbraunen schwarzgesprenkelten Flügeldecken, etwa einem *Elater*). *Dimorphotheca polyptera* hat trimorphe Früchte.

Ein eigener Fall von Mimikry findet sich bei *Calla palustris*. In den ganz reifen rothen Beeren sind die Samen gleichfarbig, in den noch grünen, die ich öfter von Vögeln angehakt fand, liegen die käferähnlichen, violetten, gerieften und mit Grübchen versehenen Samen in einer klebrigen hyalinen Gallerte (durch die sie wie die Samen der Nymphäen den Thieren angeklebt werden. Die Samen haben zinnoberrothen Arillus [Schutzvorrichtung]).

Huth führt von heterokarpen Compositen noch auf *Heterotheca*, *Heteropappus*, *Minuria*, *Brachyris dracunculoides*, *Stenactis annua*, *Ximenesia* mit Scheibenfrüchten, die geflügelt oder mit Pappus versehen der Windverbreitung dienen, neben kahlen Randfrüchten, *Heterospermum* mit Windfrüchten in der Scheibe, Klettfrüchten am Rand, ähnlich *Sanvitalia procumbens*, *Anaëtis acapulcensis*, *Synedrella nodiflora*, umgekehrt sind bei Endoptera die Achänen des Randes einflügelig und kurzgeschnäbelt, die der Scheibe ungeflügelt und lang geschnäbelt.

Die Papilionacee *Desmodium heterocarpum* hat oben 5- bis 7-gliedrige Hülsen, unten 1-gliedrige. Von Umbelliferen hat *Torilis nodosa* randständige Früchte mit Klettvorrichtungen, die den centralen fehlen. Bei vielen anderen *Torilis*arten findet sich ein Dimorphismus innerhalb der Merikarprien derselben Frucht, ähnlich bei *Turgenia heterocarpa*, wo das äussere Merikarp jeder Frucht an den 3 rückenständigen Hauptriefen 2—4 breite Stacheln trägt, während die des inneren Merikarps keine Stacheln besitzen. Bei den Fumariaceen *Ceratocarpus palaestina* und *C. umbrosa* sind die oberen Fruchtkapseln der Traube lanzettlich zweisamig, die der unteren eiförmig, einsamig, sich nicht öffnend (Aussaat an der Stelle).

§ 121. Den erörterten Fällen der Amphi- und Heterokarpie schliessen sich einige seltene Fälle an, in denen ein und dieselbe Frucht gleichzeitig verschiedene Ausrüstungen besitzt. So besitzt die Frucht der Judenkirsche, *Physalis Alkekengi*, einen blasig abstehenden Kelch, der sich mit ihr ablöst und welcher ihre Verbreitung durch den Wind vermittelt; die Frucht ist ausserdem fleischig lebhaft gelb gefärbt und auch der Kelch zeigt lebhaft orangerothe Färbung, so dass auch eine Verbreitung durch Vögel stattfindet. Bei der Composite *Asterothrix asperrima* finden sich zweierlei Einrichtungen für die Verbreitung durch den Wind und eine für die Thierverbreitung. Der untere rauhe Theil des *Achaenium*s haftet sich den Thieren an, während der obere einen blasigen Anhang hat und zudem in einen gestielten federigen Pappus übergeht. Auch *Gyrocarpus* besitzt eine geflügelte Steinfrucht. Hier findet also eine nützliche Häufung von Ausrüstungen statt, die die Verbreitung der Früchte auch an windstillen Standorten (oder da, wo die nöthigen Thiere fehlen) sichert. (Im Gegensatz zu dieser Häufung steht z. B. das Fehlen der Verbreitungs-ausrüstungen an den männlichen Blütenständen diclinischer Pflanzen, wie bei dem Hopfen, wo die blasigen Deckblätter, bei *Gynerium argenteum*, wo die Seidenhaare der Spelzen der weiblichen Blüten in der männlichen Blüthe fehlen, ferner bei *Uncinia*, *Schoenoxiphium*, *Acicarpa tribuloides*, *Buchloë dactyloides*, *Zea Mays* (?).

Kapitel XV. Verbreitung durch Thiere (zoochore Ausrüstungen).

§ 122. Die Verbreitungsausrüstungen der Pflanzen, welche der Verbreitung durch Thiere angepasst sind, sind in der Hauptsache doppelter Art. Entweder bewirken sie, dass die Samen von den Thieren gefressen werden und unbeschadet ihrer Keimfähigkeit wieder nach aussen gelangen (mit dem aus dem Kropf der Vögel ausgebrochenen „Gewölle“, oder mit den Excrementen), oder indem die Früchte sich den Thieren äusserlich anheften und so von denselben verschleppt werden. Der ersteren Verbreitungsweise sind die Früchte und Samen hauptsächlich dadurch angepasst, dass sie eine fleischige Beschaffenheit haben, vor der Reife mehr oder weniger versteckt und ungeniessbar sind oder Gifte als Schutzmittel haben, zur Reifezeit aber durch lebhaftes Färbung, auffallende Gerüche etc. auffällig gemacht werden und meist harte Samenschalen besitzen; der letzteren Verbreitungsweise sind sie durch Hakenanhänge, Klebrigkeit u. dergl. angepasst. Besonders bei den Früchten und Samen der ersteren Art finden sich weitgehende Anpassungen an die besonderen Verbreitungsvermittler aus dem Thierreich.

Beeren, Steinfrüchte und sonstige Formen fleischiger Verbreitungsausrüstungen.

§ 123. Bei diesen, den Thieren, in erster Reihe den Vögeln zur Nahrung dienenden Früchten und Samen, sind besondere Anlockungsmittel nöthig, wie bei den zoophilen Blumen. Beide gleichen einander daher in vieler Beziehung, in den auffälligen Formgestaltungen wie in den weithin leuchtenden Farben, in den weithin duftenden, leicht flüchtigen Geruchstoffen in der Vereinigung kleinerer Formen zu lebhaften Genossenschaften, und beide concurriren mit einander in gewissen Beziehungen. Die Zeit der Blumen ist im Grossen und Ganzen das Frühjahr und der Sommer, die Zeit der buntgefärbten Fruchtformen der Spätsommer und Herbst, während Früchte anderer Verbreitungsausrüstungen (anemochore etc.) das ganze Jahr reifen und verbreitet werden. In besonderer Häufigkeit reifen die ornithochoren Früchte zur Zeit, da das Laub unscheinbar wird und abfällt.

Fleischige Verbreitungsausrüstungen können wieder an den

verschiedensten Organen auftreten (vgl. Hildebrand l. c.). Am seltensten sind es die Samen selbst, die fleischig werden. Es wird dann entweder die äussere Schicht der Samenknospe fleischig, wie bei Stachelbeeren, Granaten, Magnoliaceen, *Iris foetidissima* etc., oder es entsteht ein fleischiger Arillus um den Samen herum, so bei *Passiflora*, *Evonymus*, *Renggeria*, *Quapoga*, *Taxus* und *Salisburya*. Am häufigsten wird die Fruchtknotenwand fleischig, entweder ganz, wie bei den Beeren von *Asparagus*, *Convallaria*, *Ruscus*, *Berberis*, *Aurantiaceen*, *Ampelideen*, vielen *Solaneen*, *Phytolaceen*, *Rhamnus*, *Ligustrum*, *Vaccinium*, *Myrtus*, *Cacteen*, *Lonicera*, oder nur in der äusseren Schicht, während die innere eine harte Steinhülle um den weichhäutigen Samen bildet, wie bei den Steinfrüchten der *Drupaceen* (*Kirschen*, *Schlehen* etc.), *Rosaceen* (*Rubus*) und einigen *Rubiaceen* (*Pomax*, *Morinda*, *Opercularia*). Der Blütenboden ist fleischig, z. B. bei den *Erdbeeren*, die Blumenkrone bei *Coriaria myrtifolia*, das Perigon bei den *Maulbeeren* (*Morus*), (vgl. *Erdbeere*, *Brombeere*, *Maulbeere*!), bei *Blitum*, *Coccoloba*, *Mühlenbergia*, *Hippophaë*, *Sheperdia*, *Elaeagnus* etc., Kelch und Blütenboden sind fleischig bei den *Pomaceen* (Samen wie die einer Beere bei *Sorbus*, *Cydonia*, *Pirus*, wie die einer Steinfrucht bei *Crataegus*, *Mespilus*. Bei *Pirus communis* entsprechen die Steinkerne der Steinschale der *Drupaceen*). Der Stiel ist fleischig bei *Anacardium*, *Hovenia dulcis*, *Borbonia*, *Exocarpus*, den *Coniferen* *Podocarpus* und *Dacrydium*, auch der fleischige Fruchttheil der *Rose* lässt sich als Blütenstiel betrachten. Bei *Phyllocladus* sind die Deckblätter fleischig und sowohl unter einander als mit der fleischigen *Rhachis* verwachsen.

Eine fleischige Hülle haben *Antiaris* und *Sorocea*, fleischige Hüllchen *Leptolaena*. Der gemeinsame Fruchtboden ist fleischig bei den *Feigen*, bei *Elastostemma*, *Gundelia Tournefortii*. Während die Trockenfrüchte, die einen Ausschleuderungsmechanismus besitzen, oder Ausrüstungen zur Windverbreitung etc., ebenso wie ihre Samen unscheinbar grau, bräunlich oder schwärzlich gefärbt sind, sind die meisten fleischigen Früchte zur Reifezeit lebhaft gefärbt, und zwar die mit immergrünem Laub (*Vaccinium* *Vitis* *Idaea*, *Gaultheria*, *Arctostaphylos uva ursi*, *Arbutus unedo*, *Taxus baccata*, *Ilex* etc.) oder zur Fruchtzeit noch nicht herbstlich gefärbtem Laube (*Erdbeeren*, *Himbeeren*, *Johannisbeeren*, *Vogelbeeren*, *Kirschen*, *Traubenhollunder*), am häufigsten in der rothen complementären Farbe oder weiss (wie *Morus alba*, *Symphoricarpus ra-*

cemosa, *Vaccinium Myrt. leucocarpum*, *Cornus suecica*, *Viscum album*) oder gelb (*Loranthus europaeus*), dagegen die zur Laubverfärbung (in roth, gelb) reifenden am häufigsten blau, schwarz, dunkelroth oder violett (*Vaccinium Myrtillus*, *Cornus sanguinea*, *Arctostaphylus alpina*, *Prunus Padus*), oft bereift (Pflaumen, Schlehen) oder einseitig rothbäckig (Äpfel, Birnen), oder auf rothen Fruchtstielen schwarz (*Sambucus nigra* etc.). Zuweilen finden sich sehr auffällige bunte Farben; so bei *Lonicera quinquelocularis* durch deren opalartig mattweisse Fruchtschale die blauschwarzen Samen hindurchschimmern, bei *Majanthemum bifolium*, deren Beeren anfangs weiss, roth gesprenkelt und erst später ganz roth werden. Zuweilen auch werden durch einen Farbenwechsel die Fruchtgenossenschaften verschiedenfarbig und so in ähnlicher Weise augenfällig, und es werden in ihnen reife und unreife Beeren für die Vögel gekennzeichnet, wie dies bezüglich der Blumen und Blumengenossenschaften in Bezug auf die bestäubungsvermittelnden Insecten der Fall ist (mehrfarbige Blüthenköpfe der Compositen, z. B. *Chrysanthemum leucanthemum*, *Aster Amellus* etc., Farbenwechsel der Blumen der Rosskastanie, von *Ribes aureum*, *Weigelia* etc., *Pleroma Sellowianum* — hier die Blumen erst weiss, dann purpurroth). So werden bei *Viburnum Lantana* die Beeren erst weisslich, dann hochroth, zuletzt schwarz und die schwarzroth-weissen Fruchtstände sind sehr augenfällig (vgl. unten *Stromante Tonckat* und *Campelia*). Auch hier finden sich innerhalb derselben Gattung oft die verschiedensten Farben, z. B. bei *Lonicera tatarica* gelblichroth, bei *L. Xylosteum* scharlachroth, *L. coerulea* blau, *L. orientalis* schwarz. Der Duft reifer fleischiger Früchte ist bekannt, so bei der Erdbeere, Himbeere, Aprikose, Pfirsiche, Quitte, Ananas.

Bei unserem Pfaffenhütchen, *Evonymus europaeus*, springen die rothen Kapseln auf und die lebhaft gelbroth gefärbten Samen treten an Fäden aufgehängt sehr wirksam an der anders gefärbten Kapsel hervor, auch bei *Magnolia* hängen die rothen fleischigen Samen an langen Fäden (einem Strang von Spiralgefässen) aus den aufgesprungenen Fruchtfächern hervor, ähnlich die schwarzen Samen der fleischigen aufspringenden Kapseln der *Euphorbiacee Macaranga Tanarius*, und bei *Paeonia Russi*, *Rhodotypus kerrioides* etc. werden die stahlblauen und schwarzgefleckten oder schwarzglänzenden Samen oder Steinfrüchte erst nach dem Aufspringen einer Kapsel, in der sie fest sitzen bleiben, sichtbar. Bei *Anthurium Scherzerianum*

findet das Reifen der Beeren des Fruchtstandes scheinbar ganz unregelmässig statt. Wenn sie angeschwollen und aus dem Grün in Hochroth übergegangen sind, werden sie von den umgebenden Beeren derartig gepresst, dass sie an ihrer Basis sich loslösen und zwischen den Perigonblättern hervorglitschen, dabei lösen sich von der inneren Perigonwand zwei oder mehrere riemenartige Streifen los und bilden elastische, mit der Basis der Beere in fester Verbindung bleibende Fäden, an denen die reifen Beeren lang aus ihren früheren Behältern hervorsehen, daher den Vögeln leicht sichtbar werden. Sind die einen Beeren ganz hervorgepresst, so wird ihr Platz durch die nachreifenden bald völlig eingenommen, bis der gegenseitige Druck der letzteren die zunächst reifenden in gleicher Weise hervorpresst, so dass die Darbietung der zweiseamigen mit stark verdickter Samenwand versehenen Beeren allmählich geschieht (vgl. die allmähliche Aussäung der Windverbreitung der Samen angepasster Fruchtkapseln). Besondere Schaausrüstungen finden sich noch bei den Arten von *Exocarpus* und *Heistera*, wo das in der Fruchtreife sehr vergrösserte scharlachrothe Perigon (bei *Exocarpus* fleischig) im Innern eine schwarzglänzende Nuss trägt. Bei der Muskatnuss wird beim Aufspringen der Kapsel der fleischige, rothe Mantel (*Arillus*) — die bekannte „Muskatblüthe“ — sichtbar. Bei *Stromanthe Tonckat* sitzt dem glänzend schwarzen Samen unten ein grosser schneeweisser Mantel (*Arillus*) an. Sobald sich die vorher schwärzlichen Früchte röthen, spreizt sich der Mantel aus einander, sprengt die Frucht, reisst den Samen los und treibt ihn aus der geöffneten Frucht hervor. Der Same bleibt aber durch den von den Fruchtklappen eingeklemmten *Arillus* hängen, bis er durch Vögel aus den Fruchtklappen hervorgezogen wird, was am Blumenau in Brasilien nach Fritz Müller die Vögel so fleissig thun, dass man nur verhältnissmässig selten die Samen zu sehen bekommt, nach Entfernung des Samens schliesst sich die Frucht wieder und sieht aus wie eine unreife Frucht, statt zu welken wird sie noch lebhafter roth und erhöht so die Augenfälligkeit des Fruchtstandes. Bei einer brasilianischen Art der *Amarantacee Chamissoa* färben sich die ganzen Blüthenrispen zur Zeit der Fruchtreife roth und machen die Pflanze weithin sichtbar, das deckelartige Abspringen der oberen Fruchthälfte enthüllt einen schneeweissen saftigen süssen Mantel, aus dessen Mitte der glänzende schwarze Same hervorglukt. Aehnlich wie bei der Muskatnuss ist es bei einer brasiliani-

schen *Bicuiba* und bei *Copaifera*, wo die zweiklappige Frucht einen einzigen grossen Samen mit lebhaft rothem fleischigen Arillus enthält. In den Kronen dieser Waldbäume sammelt sich zur Fruchtreife eine Schaar lärmender Vögel. Von Marantaceen hat Fritz Müller (Kosmos 1883, S. 277 ff.) eine *Ctenanthe* und eine *Calathea* (fälschlich als *Phrynium*) mit grossen flügelartig sich ausspreizenden Fortsätzen des Samenstieles und verschiedene *Ctenanthe*-arten (z. B. *Ct. Kummeriana* etc.) beschrieben, wo diese Fortsätze schmale, lange, zungenförmige Springfedern darstellen, welche bedeutend länger als der Same, diesen anfänglich umwickeln, beim Oeffnen der Frucht losschnellen und den einen Samen heraus schleudern. Ihre Samen dürften gleichfalls der Verbreitung durch Thiere angepasst sein. Bei den nächsten Verwandten der Marantaceen, Zingiberaceen und Musaceen, haben die Samen in den vielsamigen aufspringenden Früchten meist einen sie völlig umhüllenden weissen, rothen, gelben oder blauen Mantel (*Costus* *Hedychium*, *Strelitzia*, *Ravenala*, z. B. *Ravenala madagascariensis* einen prächtigen blauen Samenmantel).

Bei der Commelinacee *Campelia* entwickelt sich nach Fritz Müller der Kelch zu einer saftigen farbigen Beere. „Die langen Blütenstiele tragen einen von zwei Deckblättern gestützten dichtgedrängten Blütenstand. Nach dem Welken der weissen Blumen beginnen die Kelchblätter sich fleischig zu verdicken und eine anfangs blassviolette, dann immer dunkler werdende und bei der Reife in glänzendes Schwarz übergehende Farbe anzunehmen. Es gibt nichts Hübscheres als einen solchen Blütenstand, der in der Mitte schon reife, glänzend schwarze Beeren trägt, denen nach beiden Seiten immer hellere folgen, während an beiden Enden noch weisse Blumen sich entfalten.“ Das Merkwürdigste ist, dass die Entwicklung des Kelches zu einer saftigen farbigen Beere auch dann eintritt, wenn die Blumen unbestäubt, die Früchte samenlos bleiben. Meist finden sich nur sehr wenige samenhaltige Früchte zwischen vielen tauben. „Wie die geschlechtslosen Blumen des Schneeballs den Blütenstand augenfälliger machen und durch Anlockung von Insecten die Bestäubung der fruchtbaren Blumen fördern, so wird hier durch taube Früchte die Augenfälligkeit des Fruchtstandes gesteigert und die Wahrscheinlichkeit der Verbreitung der Samen durch Vögel erhöht. Aehnliches kommt auch bei anderen wildwachsenden Früchten vor. An dem Fruchtstande einer Butiápalme fand ich alle von mir

untersuchten Samen taub, aber alle Blüthen hatten sich zu im übrigen vollkommen ausgebildeten wohlschmeckenden gelben Früchten entwickelt. Später untersuchte Fruchtstände derselben Pflanze hatten guten Samen. Man sollte demnach, scheint mir, die Samenlosigkeit so mancher Früchte angebaute Pflanzen nicht ohne Weiteres auf Rechnung des Anbaues setzen, namentlich nicht bei solchen Arten, wo, wie bei den Bananen, die Fruchtbildung ohne vorherige Bestäubung erfolgt.*

Bei der Bromeliacee *Aechmea calyculata* finden sich rothe und schwarze süssliche Beeren. Nach Fritz Müller sind es aber nicht die unreifen, sondern die tauben samenlosen Früchte der dichten Aehre, welche sich roth färben; die Farbe der samenhaltigen geht unmittelbar aus grün in schwarz über. So dienen auch hier die ziemlich zahlreichen leeren Früchte dazu, die Fruchthöhle weithin sichtbar zu machen.

Bei der grossen Mannigfaltigkeit der Anpassungen lässt sich — schon aus der Analogie mit den entsprechenden Verhältnissen der Blüthenbiologie — von vornherein erwarten, dass auch nicht-fleischige und unscheinbare Früchte, welche so gegen die übrigen Fruchtfresser geschützt sind, besondere Anpassungen an bestimmte Thiere zeigen. So sind mehrere Fledermäuse Brasiliens sehr gierig nach süssen Früchten (z. B. Bananen, Peperomien), und Fritz Müller fand, dass solche es sind, welche die Früchte der *Billbergia zebrina* und *B. speciosa* verbreiten, die bei der Reife ihre Farbe nicht ändern und ganz unscheinbar bleiben. Die Verbreitung dieser Früchte war Fritz Müller lange räthselhaft, da Vögel, welche die bunten Fleischfrüchte anderer Bromeliaceen verbreiten (die Tillandsieen sind windfrüchtig) und sich hier so regelmässig einstellen, dass die Aehren einer *Aechmea* bei Beginn der Reife mit Papierhüllen zum Schutz gegen Vögel umgeben werden mussten, sich bei diesen Arten nie einfanden.

Von welchen Thieren werden die fleischigen Früchte und Samen verbreitet?

§ 124. In erster Linie sind es die Vögel, welche als Verbreiter der geniessbaren fleischigen Früchte und Samen anzusprechen sind, doch finden sich, wie die vorstehenden Fälle von *Billbergia* beweisen, auch Anpassungen an fruchtfressende Fledermäuse, die mit ihrem Koth z. B. Arten von *Anona*, *Canarium*, *Mangifera*,

Eugenia, *Nauclea*, *Achras*, *Ficus* und *Artocarpus* (nach Huth) aussäen. Flugthiere können wie der Wind eine weitere Verbreitung bewirken, daher hat sich die Pflanzenwelt sie besonders zu Nutzen gemacht. Unter den Säugethieren dürften die durch ihre Behendigkeit sich auszeichnenden Affen zuerst in Betracht kommen, besonders bei Verbreitung der Steinfrüchte. Besondere Anpassungen der Samenverbreitung sind nur noch die an die Ameisen, oder bei anderen Thierabtheilungen doch nur an bestimmte Arten. So verbreitet in Ostindien der Rollmarder oder Palmroller, *Paradoxurus hermaphroditus* (zu den Zibeththieren, *Viverridae*, gehörig), die Bohnen des Kaffees, dessen Beeren er frisst (die Javanesen suchen sich die unverdauten Bohnen aus seinem Koth wieder aus). Auch die taubeneigrossen Früchte von *Durio zibethinus* werden ausser den Vögeln wohl durch die Zibethkatze verbreitet. Im Uebrigen findet vielfach die Verbreitung beiläufig durch Thiere statt, ohne dass besondere Anpassungen vorliegen. So verbreiten Rinder und Pferde z. B. (nach Huth) in Chile den Apfelbaum, in Nordamerika Arten von *Lespedeza*, *Prosopis*, *Panicum*, auf Jamaica eine *Pithecolobium*-art und *Anona*-arten, in Ostindien *Eläocarpus*-arten durch den Koth, in Südafrika werden die *Mesembryanthemum*-arten vielfach durch den Mist der Schafheerden verbreitet. So werden Erdbeeren nach Beyerinck gelegentlich durch Schnecken verbreitet etc.

Bei den Vögeln, denen die Mehrzahl der fleischigen Verbreitungsrüstungen angepasst sind, findet die Verbreitung der Samen theils dadurch statt, dass die festschaligen Kerne als unverdauliches „Gewölle“ in Klumpen wieder ausgebrochen werden, theils durch die Excremente. Kerner v. Marilaun hat, um zu entscheiden, ob die Keimlinge, nachdem sie den Darmkanal der Thiere passirt, noch lebensfähig wären, Fütterungs- und nachfolgende Culturversuche vorgenommen, über die er das Folgende (Pflanzenleben II, p. 799) berichtet: „Es wurden zu diesem Zwecke Früchte und Samen von 250 verschiedenen Pflanzenarten verwendet und folgende Thiere mit denselben gefüttert. Von Vögeln: Amsel, Singdrossel, Steindrossel, Rothkehlchen, Dohle, Rabe, Tannenhäher, Zeisig, Stieglitz, Girlitz, Meise, Gimpel, Kreuzschnabel, Taube, Huhn, Truthahn und Ente; von Säugethieren: Murmelthier, Pferd, Rind und Schwein. Der mit Rücksicht auf seinen Gehalt an Samen untersuchte Koth wurde nach jeder Fütterung in ein besonderes Keimbett gegeben. Gleichzeitig wurden in einem benachbarten Keimbette Früchte und Samen derselben Pflanzen, welche nicht

zur Fütterung gedient hatten, eingesetzt. Es ist hier nicht der Ort, die vielen Vorsichtsmassregeln, welche sonst noch bei diesen mühsamen Versuchen nothwendig waren, auseinanderzusetzen, und ich beschränke mich darauf, die aus 520 Einzelversuchen gewonnenen wichtigsten Ergebnisse mitzutheilen.

„Was die Säugethiere anlangt, so kann ich mich kurz fassen. Fast sämmtliche von diesen Thieren gutwillig als Nahrung angenommenen oder in ihre Nahrung eingeschmuggelten Früchte und Samen wurden entweder schon beim ersten Angriff oder beim Wiederkäuen zerstört. Aus dem Kothe des Rindes hatten allerdings einige der Zermalmung beim Wiederkäuen entgangene Hirsekörner, aus jenem des Pferdes vereinzelte Linsensamen und Haferfrüchte und aus jenem des Schweines *Cornus alba*, *Hippophaë rhamnoides*, *Ligustrum vulgare*, *Malva crispa*, *Rhaphanus sativus* und *Robinia Pseudacacia* gekeimt, doch war die Zahl dieser Keimlinge im Verhältniss zur Zahl der gefütterten keimfähigen Samen eine kaum nennenswerthe, und die Früchte und Samen von ungefähr 60 anderen Pflanzenarten hatten sämmtlich auf dem Wege durch den Darmkanal ihre Keimkraft vollständig eingebüsst. Die Vögel können mit Rücksicht auf die in Rede stehende Frage in drei Gruppen geschieden werden: erstens in solche, welche alle, auch die härtesten Früchte und Samen, in ihrem muskulösen, mit Reibplatten versehenen und gewöhnlich mit Sand und kleinen Steinchen versehenen Magen zermalmten, und von denen einige schon beim Ergreifen die Früchte und Samen enthülsen und zu Grunde richten. In diese Gruppe gehören von den Versuchsthieren der Truthahn, das Huhn, die Taube, der Kreuzschnabel, der Gimpel, der Stieglitz, Zeisig, Girlitz, Meise, Tannenhäher und die Ente. In dem Kothe dieser Thiere ist unter gewöhnlichen Verhältnissen kein keimfähiger Same enthalten, nur bei den Enten und dem Huhne, welchen die Nahrung einige Male zwangsweise beigebracht wurde, bei welcher Gelegenheit der Magen eine Ueberladung erfahren haben dürfte, fanden sich einige nicht zerriebene keimfähige Samen im Kothe. Eine zweite Gruppe bilden die Raben und Dohlen, bei welchen die Steinkerne und hartschaligen Samen der als Nahrung angenommenen Fleischfrüchte den Darmkanal unbeschädigt passirten, während die weichschaligen Samen und Früchte insgesamt zerstört wurden. Besonders hervorzuheben ist, dass sich im Kothe dieser Vögel nach der Fütterung mit Kirschen, Kirschenkerne im Durchmesser von

15 mm befanden, welche keimfähig waren. In die dritte Gruppe gehören von Versuchsthieren die Amsel, die Singdrossel, der Steinröthel und das Rothkehlchen. Unter diesen zeigte sich die Amsel in Betreff der Nahrung am wenigsten wählerisch. Sie verschlang selbst die Früchte der Eibe, ohne die Kerne wieder aus dem Kropfe auszuwerfen, und lehnte überhaupt keine einzige ihrem Futter beigemengte Frucht ab. Die Singdrossel verschmähte alle Trockenfrüchte, welche einen Durchmesser von 5 mm erreichten, und zwar selbst dann, wenn diese dem fein zerschnittenen, als Futter benutzten Fleische beigemengt waren. Auch mehrere stark duftende Früchte, z. B. die der Schafgarbe, wurden von ihr gemieden. Die aromatischen Früchte der Doldenpflanzen (z. B. *Bupleurum rotundifolium* und *Carum Carvi*) wurden dagegen mit grosser Begierde gefressen. Die Samen von Tabak, Bilsenkraut und Fingerhut, welche der anderen Nahrung beigemengt waren, wurden nicht verschmäht und hatten ebensowenig nachtheilige Folgen, wie die mit grosser Gier verzehrten Beeren der Tollkirsche. Dagegen erkrankte eine Singdrossel nach dem Genusse der Schminkbeere (*Phytolacca*). Die Fleischfrüchte, deren Samen einen Durchmesser von über 5 mm besitzen, namentlich jene von *Berberis*, *Ligustrum*, *Opuntia* und *Viburnum*, wurden in den Kropf gebracht; das Fruchtfleisch gelangte von dort in den Magen, aber sämtliche Samen wurden aus dem Kropfe wieder ausgeworfen. Manche Samen, wie z. B. jene von *Lychnis flos Jovis*, wurden von dem anderen Futter, dem ich sie beigemengt hatte, sorgfältig entfernt. Von den sehr begierig gefressenen Fleischfrüchten wurden die Samen der Steinkerne, welche einen Durchmesser von 3 mm besaßen, aus dem Kropfe wieder ausgeworfen. Die Zeit zwischen Fütterung und Entleerung war bei den Thieren der dritten Gruppe eine überraschend kurze. Bei einer Drossel, welche um 8 Uhr Morgens mit *Ribes petraeum* gefüttert wurde, fanden sich bereits nach $\frac{3}{4}$ Stunden zahlreiche Samen in dem Kothe, und die Samen von *Sambucus nigra* hatten schon nach $\frac{1}{2}$ Stunde den Darmkanal passirt. Die meisten Samen brauchten zu dieser Wanderung $1\frac{1}{2}$ —3 Stunden. Am längsten wurden merkwürdigerweise die kleinen, glatten Früchte von *Myosotis silvatica* und *Panicum diffusum* zurückgehalten. Von den Früchten und Samen, welche durch den Darmkanal gegangen, keimten bei der Amsel 75, bei der Drossel 85, bei dem Steinröthel 88 und bei dem Rothkehlchen

80 %. Im Vergleich zu den gleichartigen Früchten und Samen, welche bei der Fütterung keine Verwendung fanden und nur zur Controlle angebaut wurden, war das Keimen der durch den Darmkanal gegangenen Früchte und Samen meistens verzögert (bei 74 bis 79 %). Nur bei einigen Fleischfrüchten (z. B. Berberis, Ribes, Lonicera) war das Keimen früher eingetreten.“

In der That ist die Verbreitung der Samen durch Ausspeien wie durch Excremente in der Natur eine häufige; oft kommen beide Verbreitungsweisen neben einander vor. Beispiele für die erste Art des Auswurfes liefert die Gewürztaube, *Columba oceanica*, die auf diese Weise die Verbreitung der Muscatnuss bewirkt. Bei uns speit das Rothkehlchen die Kerne des Rothkehlchenbrodes, *Evonymus europaea*, in Ballen wieder aus und verbreitet sie fast ausschliesslich, so dass die Verbreitung der Pflanze mit der des Rothkehlchens übereinstimmt; ähnlich verfahren Bachstelze und Drossel, Hänflinge, Rothkehlchen und andere mit den rothen Beeren des Kellerhalses (*Daphne Mezereum*). Heben wir im Folgenden noch eine Reihe von Beispielen für die Verbreitung der Samen durch die Excremente (und Ausspeien) der Vögel (und Fledermäuse) hervor (vgl. E. Huth, Die Verbreitung der Pflanzen durch die Excremente der Thiere. Berlin 1889).

Der Wachholder wird verbreitet durch Drosseln, Krammetsvögel, Seidenschwanz, Birkhuhn, Haselhuhn, in Nordamerika besonders durch die Wandertaube, die täglich das Zwei- bis Dreifache ihres Eigengewichtes frisst und die in solchen Zügen auftritt, dass ein Zug täglich 575½ Millionen Pfund Wachholderbeeren braucht, deren Samen keimfähig verbreitet werden; von der Eibe, *Taxus baccata*, beobachtete Marshall, dass die (nicht giftigen) Früchte von ganzen Schaaren von Amseln geplündert wurden. Die Verbreitung des Spargels, *Asparagus officinalis*, ist nach Godron in den Wäldern Lothringens, wie auch in unseren Wäldern durch Vögel geschehen, ebenso die der Smilaxbeeren. Die Banane, *Musa sapientium*, soll durch Affen verbreitet werden, doch wirken auch Vögel mit, wie die *Musophaga violacea* und andere „Musophagiden“ oder Bananenfresser. Die Zingiberacee *Clinogyne grandis* wird von Tauben (*Carpophaga rhodinolaena*) gefressen und, wie auch mehrere Marantaarten, über das Meer verbreitet. Von Urticaceen wird *Sponia timorensis* durch Vögel gefressen und ausgesät, und jedenfalls auch *S. amboinensis*, die in Indien und China, auf Java, Amboina, Buro, Luzon und auf den oceanischen Inseln

bis Australien verbreitet ist. Auch die gelblichen Früchte von *Maclura tinctoria* fressen die Vögel. Die Früchte der Feigen, *Ficus Carica*, die in verwildertem Zustande in Südeuropa, wie bei uns die Eberesche etc., aus Mauerspaltten und Felswänden wächst, wird besonders durch Fliegenschnäpper (*Muscicapa luctuosa*) und Papageitauben (*Treron Waalia*), *Ficus religiosa* auf Java durch Gewürztauben (*Columba aromatica*) und die Feigen der Philippinen durch verschiedene Nashornvögel (*Buceros cavatus*, *Hydrocorax* etc.) verbreitet. Der Fliegenschnäpper mästet sich förmlich mit Feigen und die Papageitaube „siedelt sich auf den Feigenbäumen sozusagen dauernd an“; zur Zeit der Fruchtreife ist oft das ganze Gesicht mit dem gelben Fruchtsaft bekleistert und das Fett der Thiere nimmt eine gelbliche Färbung an. Auch Fledermäuse gelten bei den Feigen (auch *Ficus pumila*, *F. racemosa*) neben den Vögeln als Verbreiter. Auch bei den Brodfruchtbäumen wirken Vögel und Fledermäuse gemeinsam, so bei *Artocarpus integrifolia* und *A. incisa* neben den letzteren Paradiesvögel. Von den Mistelgewächsen werden die süßlichen, weissen Beeren von *Viscum album* durch Misteldrosseln, Schwarzdrosseln, Wachholderdrosseln, Seidenschwänze, nach Plinius auch durch Holztauben verbreitet, und zwar theils durch Ausbrechen der Samen als „Gewölle“, theils durch Excremente. Sie sind auch direct keimfähig, aber erst nach einer Ruhepause von mehreren Monaten. Die Meinung der Alten, dass die Samen erst keimfähig würden, wenn sie den Darmkanal passirten, ist damit widerlegt. Auch durch Abwetzen des Schnabels können die klebrigen, aussen sich anklebenden Samen gelegentlich verbreitet werden. Aus den Beeren wurde früher Vogelleim gemacht.

Die Gewohnheit der Drosseln, sich auf bestimmten Bäumen vorwiegend niederzulassen, erklärt wohl die fast ausschliessliche Bevorzugung bestimmter Baumarten an manchen Orten. So findet sich die Mistel (die Unterscheidung als *Viscum austriacum* ist unhaltbar) z. B. im Erzgebirge und im Vogtland (um Greiz ausschliesslich aber sehr gemein) wie auch im Schwarzwald vorwiegend auf der Weisstanne, um Berlin, an der pommerschen Ostküste, in der Niederlausitz und bei Halle, in der Dörlauer Heide vorwiegend auf der Kiefer (um Berlin in zweiter Linie auf Schwarzpappeln, in dritter auf Birken), in der Dresdener Gegend besonders auf der Linde, in vielen Gegenden Deutschlands und der Schweiz besonders häufig auf Obstbäumen (um Schleusingen auf Apfelbäumen, Kastanien, Schwarzpappeln), um Paris am häufigsten auf der Sch warz-

pappel, in der Dauphiné auf Mandelbäumen. Verhältnissmässig selten findet sich *Viscum album* unter den Bäumen auf Eichen. Dagegen findet es sich auch auf *Prunus spinosa*, *Crataegus*, *Rosa*, *Vitis*, *Loranthus* etc. (Vgl. Ascherson, Verh. d. Bot. V. d. Pr. Brdb. XIII, 1871. Eine Zusammenstellung der bis dahin beobachteten Wirthspflanzen: Liebe, Geographische Verbreitung der Schmarotzergewächse, im Progr. für die Friedrichs-Werder'sche Gewerbeschule in Berlin 1862, p. 13.)

Der gelbbeerige *Loranthus europaeus*, welcher nur auf dem höchsten Gipfel der Eichen zu wachsen pflegt und besonders im Süden und Osten Europas heimisch ist, aber neuerdings auch bei Teplitz von Ascherson, bei Dohma nahe Pirna im Königreich Sachsen von Hippe gefunden wurde, wird jedenfalls auch durch Vögel verbreitet. Von *Loranthus* wachsen gegen 200 Arten hoch auf Bäumen, bei denen allen vermuthlich die klebrigen Beeren durch Vögel verbreitet werden, und von *L. incarnatus* und *L. indicus* erwähnt dies Rumph besonders. Auch bei den 12 Arten der Santalaceengattung *Henslowia*, die, ähnlich wie *Viscum* und *Loranthus*, auf Bäumen Südasiens und des malayischen Archipels leben, erfolgt die Aussäung sicher durch Vögel, bei *Santalum album* ist eine Staarart als Verbreiter beobachtet. Von Polygonaceenfrüchten werden die blauschwarzen, schleimig süssen Beeren des *Polygonum chinense* (Epiphyt auf Bäumen) von Vögeln gefressen. Die Kermesbeeren oder Schminkbeeren (*Phytolacca decandra*) sind im südlichen Frankreich seit 1770 von Bordeaux aus, in den Thälern der westlichen Pyrenäen, wo sie jetzt ganz gemein sind, auf den Felsen an der Adria in Oesterreich, durch Vögel verbreitet worden, nach Hildebrand hauptsächlich durch Schwarzdrosseln. Von Solanaceen ist *Solanum pseudocapsicum* nach Godron im ganzen Baskenlande durch Vögel verbreitet worden und nach Amadeo *S. straminifolium* auf der Insel Porto Rico ausgesäet worden, ebenso dürften andere *Solanum*arten, wie *S. nigrum* bei uns, *S. Balbisii* in Nordamerika, durch Vögel ihre weite Verbreitung gefunden haben. Die dem Menschen und dem Weidevieh so giftigen Früchte der Tollkirsche, *Atropa Belladonna*, werden besonders durch Drosseln gierig gefressen und verbreitet. Auch *Nicotiana*arten werden durch Vögel (*N. Tabacum* durch die Guacharovogel *Steatornis caribaeus*) verbreitet. Unser *Vaccinium Myrtillus* und *Ilex* werden durch Tauben, Drosseln, Rebhühner verbreitet. *I. paraguayensis*, der „Matestrauch“, gehört zu den Pflanzen, deren Samen durch das

Passiren des Vogeldarmes an Keimfähigkeit gewinnen. Die Früchte werden vor der Aussaat der Samen mit zerstoßenem Mais den Hühnern verfüttert. Auch von *Crataegus oxyacantha* berichten De Candolle und Henslow, dass man die Früchte, um leicht keimende Samen zu erhalten, vorher an Truthühner verfüttert. Bei *Eugenia Malaccensis* sollen nach Rumph die Samen leichter keimen, die den Fledermausmagen passirt haben, und bei einer brasilianischen *Eugenia* verschluckt man die Kerne, damit sie bald aufgehen. Ebenso pflegt man sich nach Morris in Indien der Gänse zu bedienen, um die Keimung der Samen von *Acacia arabica* („Babul“) zu beschleunigen. Die Gänse werden einige Tage mit Babul gefüttert. Die Excremente enthalten dann immer noch unverletzte Samen, welche den Vorzug haben, noch in derselben Jahreszeit zu keimen, während die nicht so behandelten Samen dies erst später thun. Bei *A. homalophylla* trägt der Same einen beide Seiten umziehenden, glänzend rothen Nabelstrang. Unter den Compositen, die sonst Windfrüchte oder Klettorgane haben, ist die Gattung *Osteospermum* mit einem sehr harten, starken Kern und dünner fleischiger Aussenschicht versehen, daher der Verbreitung durch den Darmkanal der Thiere angepasst. Die myrmekophilen Rubiaceengattungen *Hydnophytum*, *Myrmecodia*, *Myrmedonia*, *Myrmephytum* leben ähnlich den Misteln hoch auf Bäumen und haben lebhaft gefärbte, kleine klebrige Beeren mit steinharten Samen.

Von Rubiaceen wird weiter *Nuclea elegans* durch Vögel und Fledermäuse, *Psychotria arborea* durch Guacharovögel *Steatornis caribaeus* (die im Kothe sich findenden „Guacharosamen“ werden als Arzneimittel gegen Magenbeschwerden, Krampf und Malaria gesammelt), *Faramea odoratissima* durch die beiden Tauben *Columba leucocephala* und *Columba carensis* verbreitet. Von Caprifoliaceen bilden die Arten von *Sambucus* (*S. racemosa* und *S. ebulus* mit schwarzen Beeren, *S. racemosa* mit rothen) die Nahrung zahlreicher Vögel, wie *Lusciola*arten, *Ruticilla Tithys*, *Motacilla Orphea*, *M. atricapilla*, *Ficedula hypolaïs*, *F. trochilus*, Drosseln, Pirol, Wendehals, ebenso die Beeren der *Viburnum*arten.

Bei der Verbreitung des Nelkenpfefferbaumes, *Pimenta vulgaris* (Myrtacee), spielen die fruchtfressenden Vögel eine wichtige Rolle. „Die getrockneten Früchte“, sagt Huth nach Morris, „kommen in solcher Menge in den Handel, dass Jamaica allein eine jährliche Einnahme von etwa 2 Millionen Mark durch die-

selben erhält, und diesen mächtigen Absatz verdankt die Insel ausschliesslich der unfreiwilligen Thätigkeit der Vögel. Schon 1814 beschrieb dieses Lunan etwa folgendermassen: Will Jemand eine Pimentplantage anlegen, so hat er nur nöthig, ein Stück Land in der Nähe einer bereits bestehenden Plantage urbar zu machen. Nach einem Jahr hat sich dann die ganze Strecke mit jungen Pimentpflanzen bedeckt, die durch Vögel daselbst ausgesäet und zur Keimung tüchtig gemacht wurden.“ Die Farmer glauben, dass nur so gute Pimentbäume zu erhalten sind. Bei dem echten Gewürznelkenbaum *Eugenia caryophyllata* werden die Früchte von Tauben, Kasuaren und dem Jahrvogel *Rhyticeros plicatus* gefressen und es werden durch sie die Samen verbreitet. Bei dem zu den Combretaceen gehörigen Baum des tropischen Amerikas *Bucida Buceras* werden die Samen durch *Columba leucocephala* und *C. carensis* in neue Gegenden ausgesäet. Bei den Pomaceen wird die „Vogelbeere“ *Sorbus Aucuparia* durch zahlreiche Vögel verbreitet und nach den unzugänglichsten Orten verschleppt (Thürmen, Mauern, hohen Bäumen etc., deren Vegetation nur aus Windfrüchtlern oder Beerenfrüchtlern besteht); die abgefallenen Beeren werden auch vom Wild und anderen Thieren gerne gefressen und gelegentlich verbreitet. Marshall schreibt die Entstehung ganzer Wälder von Apfelbäumen in Chile den Papageien zu, welche die durch das Kernhaus geschützten Samen ausspeien (nach Philippi findet unfreiwillige Aussäung durch das Vieh statt). Wie die Eberesche, so werden Johannisbeeren und besonders Stachelbeeren von den Vögeln überall hin verschleppt. Die Erdbeeren werden hauptsächlich durch den Pirol, Waldhühner etc., die Himbeeren durch *Motacilla atricapilla* und den Pirol, die Brombeeren durch Rebhühner und krähenartige Vögel ausgesäet, doch dürften noch eine Reihe anderer Thiere, vor allen die Marder, bei der Verbreitung der Waldbeeren (bei niederen auch Mäuse) mitwirken. Ein Steinmarder, der gezähmt in meinem Haus und Hof frei umherlief, verschmähte zur Fruchtzeit die Fleischkost, nahm dagegen gierig allerlei Früchte an, von denen er nach ihrer eigentlichen Entwicklungszeit bei uns nichts mehr wissen wollte. Unsere Kirschen (*Prunus avium* und *P. Cerasus*), ebenso wie die Ahlkirsche (*Prunus Padus*) und der Faulbaum (*Frangula Alnus*) werden besonders durch Drosseln und Sylvien, *Rhamnus cathartica* durch den Seidenschwanz aufgesucht und verbreitet, die Beeren des Epheus durch *Motacilla*-arten etc., der Hornstrauch *Cornus sanguinea* durch Singdrosseln etc.

In Amerika wird die Chicasapflaume, *Prunus Chicasa*, die aus dem Indianerterritorium und dem Westen von Arcansas stammt, durch Wandervögel verbreitet und hat sich über sämtliche Südstaaten bis zur Atlantischen Küste verbreitet. Sie findet sich zwar nur in den Ansiedelungen, stellt sich aber meist ohne menschliches Zuthun ein, indem die Samen von den nach Südosten ziehenden Wandervögeln, mit den Excrementen ausgeworfen, in dem neu aufgebrochenen Boden die günstigste Entwicklungsbedingung finden.

Der Wein, *Vitis vinifera*, wird nach Pallas zwischen dem Kaspischen und Schwarzen Meere hauptsächlich durch Grünspechte verbreitet, durch Vögel ist derselbe z. B. im Rheinthal bei Speyer und Strassburg, im Donauthal bei Wien verwildert. *Vitis vinifera* var. *silvestris* mit kleinen säuerlichen Beeren findet sich im Lösnitzgrund bei Dresden, in Thüringen um Rudolstadt, bei Zossen in der Mark gleichfalls durch Vögel, Rebhühner etc. verbreitet.

Die harten trockenem, aber grellrothen und oft schwarz genabelten oder gesprenkelten Samen verschiedener Leguminosen, wie die Korallenerbsen (*Adenanthera pavonica*), die Samen von *Pongamia Corallaria* Miq. und die bekannten Paternostererbsen von *Abrus precatorius* dürften gleichfalls durch Vögel verbreitet werden. Doch sind die letzteren ungeniessbar (gegen andere Thiere durch ein heftiges Gift, das den Schlangengiften ähnlich wirkt, geschützt), während die Samen von *Adenanthera* von Papageien aufgebissen werden. Bei *Potentilla anserina* werden die Früchte mit dem Kraut von Gänsen gefressen und verbreitet ohne besondere Anlockungsmittel.

§ 125. Nüsse und ähnliche Früchte

werden hauptsächlich durch Vorrath eintragende Thiere, oder Thiere, die die Früchte verstecken, um sie nachdem wieder zu holen, verbreitet. Einmal verlieren diese Thiere unterwegs viele der fortgeschleppten Samen, dann legen sich manche derselben an vielen Stellen Vorrathskammern an, die sie nachträglich nicht benutzen. Hierher gehören die Nusshäher, Eichelhäher, Eichhörnchen, Hamster etc. Der Eichelhäher verbreitet auf diese Weise z. B. die Eicheln, Bucheckern, Haselnüsse, der Tannenhäher die Nüsse der Zirbelkiefer (*Pinus Cembra*). R. Blasius und v. Dalla Torre haben den Nachweis geliefert, dass bei dem Tannenhäher besondere Anpassungen an die Nahrung stattgefunden haben, in Folge deren

sich zwei Rassen ausgebildet haben, die sich in der Verbreitung, Lebensweise, Schnabelbildung und Färbung des Schwanzes mit Sicherheit unterscheiden lassen. Blasius bezeichnet die in den Wäldern Lapplands, Skandinaviens, der russischen Ostseeprovinzen, Ostpreussens, des Harzes, Riesengebirgs, Schwarzwalds, der Karpathen, Alpen und Pyrenäen nistende, also bei uns endemische Form als *Nucifraga Caryocatactes f. pachyrhynchus*, dagegen die im Osten der paläarktischen Region, im nördlichen Theil der gemässigten Zone, in den Wäldern Asiens von Kamtschatka und Japan östlich bis nach dem Ural und den Gouvernements Perm und Wologda im europäischen Russland brütende Form als *N. Caryocatactes f. leptorrhynchus*. Die letztere Form streicht alljährlich im Herbst und Winter aus dem Gebirge in die Vorberge und Ebenen, dagegen macht die letztere in Zwischenräumen von mehreren Jahren im Herbst grosse Wanderzüge in westlicher und westsüdwestlicher Richtung durch Russland, Deutschland bis England und Frankreich hin. In den letzten 85 Jahren haben etwa 53 solcher Wanderzüge stattgefunden. Diese Form lebt in ihrer Heimath von der Zirbelkiefer, die sie verbreitet (*P. Cembra sibirica*). Da diese nur etwa alle 4—5 Jahre reichliche Samenjahre haben, dazwischen sich Missernten finden, so erklärt sich das mehr oder weniger periodische Wandern. Nach Blasius ist der östliche, schlankschnabelige Tannenhäher durch seinen schlanken, dünnen Schnabel völlig ausgerüstet, die zartschaligen Zirbelzapfen in Sibirien zu entsamen, während der westliche dickschnabelige Tannenhäher zum Aufknacken der Haselnüsse und Zerkleinern der hartschaligen Zirbelzapfen der Alpen und Karpathen einen dicken, kräftigen Schnabel braucht. Diese Anpassungen gewinnen noch dadurch an Interesse, dass nach den Magenuntersuchungen durch K. W. v. Dalla Torre die durch das Fehlen der sibirischen Zirbelnüsse verdrängten eingewanderten Tannenhäher bei uns fast (ich fand bei dem letzten Wanderzug 1893 neben Insectenresten und Spinnen Wachholderkerne) ausschliesslich von Insectenkost leben, während die einheimischen vorwiegend von Pflanzenkost (Nüssen, Zirbelnüssen, Wachholderbeeren) und nur nebenbei von Insecten leben. Unser Eichelhäher wird in eichel- und nussarmen Jahren ein arger Räuber der Singvögel etc. — Bei dem asiatischen Steppen- huhn, das Ende des vorigen Jahrzehnts in beträchtlichen Mengen in Deutschland auftrat, fand man im Kropf hauptsächlich Gras-

samen von *Panicum lineare*, *Setaria viridis* und *Setaria glauca* vor. — Die Wanderstrassen und Wanderzüge der Vögel sind nicht nur vom ornithologischen Standpunkt aus ein sehr interessantes Gebiet, sondern auch vom Standpunkt der Fruchtbiologie und der Pflanzengeographie.

Verbreitung von Samen und Sporen durch Ameisen.

§ 126. Lundström hat zuerst beobachtet, dass die Ameisen, welche durch die Nektar absondernden Trichome des Wachtelweizens, von *Melampyrum pratense* und anderen Arten (an der Ober- und Unterseite der Laub- und Hochblätter) angelockt werden und wohl in erster Linie eine Schutzgarde der Pflanze bilden, die coconähnlichen Samen von *Melampyrum* verschleppen (*M. silvaticum* besitzt keine Nektarien und lockt keine Ameisen an). Auch G. Adlerz hat gefunden, dass die Ameisen die Samen von *Melampyrum pratense* eintragen und gleichzeitig mit Larven und Puppen in Sicherheit bringen. Nach Lundström handelte es sich hier um eine Art Mimikry, durch die die Pflanze die Ameisen täuscht und zur Verbreitung ihrer Samen veranlasst. Die Samen gleichen an Grösse, Form, Farbe, Gewicht durchaus den Ameisencocons. Die Samenschale umschliesst das Endosperm und den Embryo in Form eines weichen Häutchens, das dem des Cocons ähnlich ist. Die Samenschale wird abgeworfen, sobald der Same in die Erde gelangt, ist also auf die Zeit des Fruchtverbreitens beschränkt. Es findet sich an den Samen bei der Chalaza auch eine sackförmige, dunklere Bildung, ähnlich dem Excrementensack am Cocon; sie enthält eine eigenthümliche Flüssigkeit, die wahrscheinlich durch ihren Geruch die Ameisen anlockt, da sie diesem Theil des Samens die grösste Aufmerksamkeit schenken. Diese Bildung verschwindet gleichfalls, wenn der Same in die Erde gekommen, oder wird abgefressen. Die Samen werden dann von den Ameisen nicht weiter angerührt. Nach Kerner v. Marilaun findet aber eine Verbreitung von Samen durch Ameisen in ausgedehntem Masse statt, besonders schleppt die Rasenameise *Tetramorium caespitum* verschiedene Samen in ihren Bau und speichert sie dort auf, auch andere Arten, wie *Lasius niger*, *Formica rufibarbis*, tragen Samen ein. Es sind besonders Samen mit grosser Nabelschwiele, die eingetragen werden, so von *Asarum europaeum*, *A. Canadense*, *Chelidonium majus* (im Wiener Botanischen Garten eine stete Be-

gleiterin der Ameisenstrassen), *Cyclaminus europaeus*, *Galanthus nivalis*, *Möhringia muscosa*, *Sanguinaria Canadensis* (für die die Rasenameise wegen der auffallenden Nabelschwiele besondere Vorliebe zeigt), *Viola odorata* und *V. austriaca*, *Vinca minor*, *V. herbacea*, *Euphorbia*arten, *Polygala vulgaris* etc., *P. Senega*. Die Ameisen fressen nur die Nabelschwiele ab, lassen dann aber die Samen liegen, die dadurch in ihrer Keimfähigkeit nicht beeinträchtigt werden.

Hierher gehören auch die samensammelnden Ameisen des tropischen und subtropischen Amerika, unter denen die Ackerbauameisen, *Pogomyrmex barbatus* auf den Savannen von Texas und Mexiko, die Cultur des Ameisenreises, *Aristida oligantha*, betreiben, indem sie die Vegetation um ihre Nester mit Ausnahme dieser Grasart ausrotten, angeblich sogar das Gras aussäen, dessen Samen sie einern und verbreiten.

Anheften der Samen und Früchte durch Wasser und Erde.

§ 127. Wird in den bisherigen Fällen das Forttragen der Samen durch Thiere beabsichtigt, so findet in anderen Fällen der Samentransport unbeabsichtigt durch Anheften an die wandernden Thiere statt. So bedürfen viele im Wasser und am Schlamm in Sümpfen und feuchter Moorerde wachsenden Pflanzen keine besonderen Ausrüstungen und dieselben fehlen ihnen. So haben die Früchte der Wasserarten der Gattungen *Alisma*, *Butomus*, *Carex*, *Batrachium*, *Phelandrium*, *Polygonum*, *Potamogeton*, *Sagittaria*, *Sparganium* weder Kletterorgane noch klebrige Organe, nur die Fähigkeit, an der Wasseroberfläche schwimmend zu bleiben. Sie haften an jedem im Wasser benetzbaren Gegenstand durch das Wasser an und werden durch Wasservögel und andere Wasserthiere von Gewässer zu Gewässer verbreitet. Besonders werden aber, wie von Kerner dargethan hat, mittelst Schlammes und feuchter Moorerde den zur Tränke an das Ufer der Gewässer kommenden Vögeln, besonders Dohlen, Reiher, Schnepfen, die nicht viel auf Reinlichkeit halten, zahlreiche Samen und kleine Früchte angeheftet. Auch die sonst reinlichen Vögel, wie Schwalben und Wasservögel, vergessen zur Wanderzeit die Entfernung anhängender Schlammtheile. Darwin zog aus $6\frac{3}{4}$ Unzen Schlamm 537 Pflanzen, und v. Kerner's Untersuchung des von den Schnäbeln, Füßen, dem Gefieder der Schwalben, Schnepfen, Bachstelzen und

Dohlen abgelösten Schlammes lieferte eine etwa halb so grosse Ausbeute. v. Kerner fand in dem angeklebten Schlamm besonders Früchte und Samen folgender Pflanzen:

<i>Centunculus minimus.</i>	<i>J. lamprocarpus.</i>
<i>Cyperus flavescens.</i>	<i>Limosella aquatica.</i>
<i>C. fuscus.</i>	<i>Lindernia pyxidaria.</i>
<i>Elatine Hydropiper.</i>	<i>Lythrum Salicaria.</i>
<i>Erythraea pulchella.</i>	<i>Nasturtium amphibium.</i>
<i>Glaux maritima.</i>	<i>N. palustre.</i>
<i>Glyceria fluitans.</i>	<i>N. silvestre.</i>
<i>Heleocharis acicularis.</i>	<i>Samolus Valerandi.</i>
<i>Isolepis setacea.</i>	<i>Scirpus maritimus.</i>
<i>Juncus bufonius.</i>	<i>Veronica Anagallis.</i>
<i>J. compressus.</i>	

Sie sind meist auch über alle Welttheile verbreitet, was bei der grossen Schnelligkeit der Wandervögel (Tauben und Kraniche 60—70 km, Schwalben und Wanderfalken 180 km in der Stunde) nicht auffällig ist. Besonders an Stellen, an denen die Wandervögel auf ihren Zügen regelmässig Rast halten und zur Tränke gehen, finden sie sich oft ein, sie bleiben aber meist nicht lange an derselben Stelle. Kerner erklärt so das Vorkommen des einzigen in Indien einheimischen *Coleanthus subtilis* an den Teichrändern im südlichen Böhmen und dessen plötzliches Auftreten vor zwei Jahrzehnten im westlichen Frankreich, das Auftreten des tropischen *Scirpus atropurpureus* am Ufer des Genfer Sees und der südlichen *Anagallis tenella* am Ufer des Schwarzsees bei Kitzbühel in Nordtirol.

Bei einigen Wasserpflanzen hat man eine Eigenschaft der Samen wahrgenommen, welche den Vorkehrungen, welche die Aussäung an Ort und Stelle verhindern oder beschränken, entspricht und eine Entwicklung der Sämlinge in demselben Gewässer (wenn dieses nicht austrocknet) unmöglich macht. Die Samen dieser Pflanzen keimen nämlich nicht, wenn sie im Wasser bleiben, sie müssen zuvor ausgetrocknet sein, wenn sie keimen sollen. Dies ist z. B. nach Fritz Müller der Fall bei *Eichhornia* und *Heteranthera*, wie bei der kleinen zierlichen Schwimmpflanze *Mayaca fluviatilis*. Am 7. Februar 1887 sandte Fritz Müller von der letztgenannten Pflanze frisch gerentete Samen an mich ab, während er gleichzeitig in Brasilien

solche aussäete. Die letzteren keimten nicht, während die meinigen nach sechswöchentlicher Reise und Eintrocknung bereits 1 bis 2 Tage nach der Aussaat keimten. Bei einer anderen brasilianischen Schwimmpflanze, *Pistia*, ist es nötig, dass die Samen erst an der Oberfläche umherschwimmen, ehe sie keimen, untergetaucht bleibende Samen keimen nicht.

Klebrige und schleimige Ausrüstungen.

§ 128. Klebrige Samen finden sich bei *Pittosporum undulatum*. Bei der Herbstzeitlose wird die Nabelschwiele der Samen bei Befuchtung klebrig, und die letzteren werden durch Rinder, Schafe, Pferde verbreitet. So sah Kerner einen mäusejagenden Steinkauz (*Athene noctua*) über und über von den klebrigen Früchten der nach einem Regen klebrigen Früchte des *Wermuthes* bedeckt. Auch die Samen saftiger Früchte wie der *Cucurbitaceen*, *Solaneen*, werden häufig den vorbeiwandernden Thieren angeklebt, so die der *Rafflesiaceen*, welche besonders an den von grossen Dickhäutern besuchten Orten wachsen. Bei den Misteln wurde die schleimig klebrige Beschaffenheit bereits erwähnt, die gleichfalls die Verbreitung durch Vögel bewirken kann.

Aehnlich werden nach Noll die Teichrosen durch Wasserhühner von Teich zu Teich verbreitet, indem die klebrigen Samen an ihrem Gefieder hängen bleiben. Bei Anfeuchtung klebrige Samen besitzen *Collomia*, *Linum*, *Teesdalea* etc. Klebrige Perigone haben die *Nyctagineen* *Boerhavia* (*B. scandens*, *B. erecta*), *Pisonia* (*P. aculeata* etc.), bei *Plumbagoarten* etc. Die Frucht ist hier ringsum dicht mit gestielten Klebdrüsen besetzt. So besitzt eine australische *Pisonia*, die uns vorliegt, kurzgestielte trockene, mit 5 hervortretenden und 5 schwächeren Kanten versehene, einsamige Früchte, deren Drüsen schliesslich die Früchte mit einer schwarzen, zähklebrigen Masse von der Consistenz des Vogelleims bedeckt. Die Vögel, welche sich in diesen Leimruthen fangen, brechen beim Befreiungsversuch die Früchte ab, und schleppen sie an ihrem Gefieder mit fort. Bemerkenswerth ist es, dass unsere Sperlinge in Australien zahlreich in den Leimruthen der *Pisonien* gefangen werden, da sie nicht hinreichend Kraft haben, sich zu befreien. Um Blumenau in Brasilien findet sich eine ähnliche *Pisonia*, deren Fruchtstände ausser durch Vögel auch durch Affen und andere baumbewohnende Säugethiere verbreitet werden.

Bei *Salvia glutinosa* ist der Kelch klebrig, bei *Adenostemma* (Composite) der Kelchzipfel. Bei *Drymaria cordata* haftet der klebrige Fruchtsiel leicht mit der ihm festansitzenden Frucht an vorbeistreifenden Körpern, bei *Siegesbeckia* sind es die Deckblätter, und auch bei *Linnaea borealis* die der Frucht dicht anliegenden Deckblätter, welche an der Aussenseite dicht mit klebrigen Drüsenhaaren besetzt sind. Dieser Einrichtung verdankt die *Linnaea borealis* ihre weite Verbreitung. Ihre Beeren sehen bei voller Reife noch frisch grün aus, da sie durch Klebmittel und nicht durch Excremente etc. verbreitet werden.

Klettvorrichtungen.

§ 129. Eine der häufigsten Ausrüstungen zur Verbreitung durch Thiere — pelztragende in erster Linie, aber auch durch das Federkleid der Vögel — sind Widerhaken und krallenförmige Fortsätze. v. Kerner schätzt die Zahl der Pflanzen, welche diesen Verbreitungsmodus haben, auf etwa ein Zehntel der sämtlichen Phanerogamen. Diese Verbreitung seitens der Säugethiere und Vögel findet unfreiwillig, ja oft zur grossen Last der Thiere, denen die klettenden Früchte und Samen anhängen, statt, daher fehlt solchen Früchten der Schauapparat der Kategorie der fleischigen Früchte und ähnlicher Verbreitungsausrüstungen. Die betreffenden Ausrüstungen bestehen entweder in krallenförmig gebogenen Organen, oder aus steifen mit Widerhaken oder steifen rückwärts gerichteten Borsten und Haaren besetzten steifen Stacheln, oder wenigstens in einer rückwärts gerichteten Rauigkeit, die wie in den früher behandelten Arten von Verbreitungsausrüstungen (Flügel, Federanhängsel, fleischige buntgefärbte wohlschmeckende Gebilde etc.), wieder an den verschiedensten Theilen des Samens, der Frucht oder ihrer Umgebung zur Ausbildung gelangt sind. Die mannigfachen Formen hakiger und stacheliger Verbreitungsausrüstungen sind besonders untersucht und beschrieben worden von Hildebrand (l. c.) von Kerner (Pflanzenleben Bd. II, S. 805—811), Huth (Die Klettpflanzen mit besonderer Berücksichtigung ihre Verbreitung durch Thiere *Bibliotheca botanica*. H. 9. Cassel 1887; die Wollkletten. Berlin 1892) und Anderen.

Huth unterscheidet von den der Verbreitung der Früchte und Samen dienenden Klettausrüstungen die eigentlichen Kletten oder

Wollkletten, Ankerkletten, Schleuder- oder Schüttelkletten und Bohrkletten, denen Ascherson noch die Trampelkletten hinzugefügt hat. Die verschiedenen Mittel und Wege, die die Natur gefunden hat, die Früchte und Samen durch deren Anklebung an Thiere zu verbreiten, sind nahezu dieselben, wie bei den verschiedenen Klemmvorrichtungen der Hakenkletterer etc. Auch die Ankerkletten (*Trapa natans*, *T. bicornis*, *Ceratophyllum* etc.), welche zur Verankerung der Wasserpflanzen im Schlamm dienen, bestehen in ähnlichen Ausrüstungen. Die Schleuder- oder Schüttelkletten schliessen sich den Vorrichtungen der Ballisten (s. oben) an, sie bewirken ein Festhalten der Früchte, und bei ihrem Loslassen ein elastisches Wegschnellen der Samen. Die grossen Widerhaken der *Martynia*-arten, die hakig gekrümmten Griffel mancher *Papilionaceen*, die Vorrichtungen bei *Lappa*, die hakig gebogenen Fruchtsiele bei *Uncaria Unona* etc., gehören hierher und ersetzen die Schleudervorrichtungen anderer Gewächse.

Als Trampelkletten werden von Ascherson eine Anzahl von Kletten bezeichnet, die wie z. B. *Harpagophyton* durch ihre mit hakigen Anhängseln versehenen Früchte sich in den Hufen der Thiere festhaken, und die indem sie den letzteren heftige Schmerzen verursachen, durch heftiges Trampeln zertreten werden, so dass die Samen frei werden.

Die eigentlichen Verbreitungskletten oder Wollkletten (*eriochore* Ausrüstungen) werden hauptsächlich durch wollhaarige Thiere aber auch durch den Menschen (*Sanicula*, *Torilis*, *Agri-monia*, *Cynoglossum*, *Echinosperrum*, *Marrubium*, *Bidens*, *Geum urbanum*, *Galium Aparine*); ferner durch Pferde, Schweinetransporte etc. verbreitet. Vögel besorgen die Verbreitung der Kletten von *Uncinia jamaicensis*, *Villarsia ovata*, *Limnanthemum*-arten, *Aeschinanthus*, *Leersia*, einigen *Polygonum*-arten, nach H. Hoffmann auch bei *Sparganium*, *Scirpus compressus*, *S. Tabernaemontani*, ebenso bei *Stellaria glauca*, *Teucrium Scordium* (Wasservögel), *Senebiera Coronopus* (Ackervögel), deren Verbreitung mit den Wanderstrassen der Vögelzüge häufig zusammenfällt.

Die Früchte und Samen deren hakige Verbreitungsausrüstungen den Thieren angepasst sind, werden ebenso häufig als durch diese, auch durch den Transport der aus dem Thierreich stammenden Rohstoffe, und durch Waaren und Frachtstücke der verschiedensten Art verbreitet. Besonders sind durch die Wollindustrie zahl-

reiche Früchte und Samen verbreitet worden, die den Wollwaarenfabrikanten in unliebsamer Weise als Ringelkletten (*Medicago*), Steinkletten (*Xanthium*), Wollspinnen (*Harpagophyton*), Gemshörner (*Martynia*) etc. bekannt geworden sind. So hatte sich nach Godron der Port Juvenal, ein Brachfeld bei Montpellier, das lange Zeit zum Trocknen ausländischer Wolle diente, in einen wahren botanischen Garten verwandelt (seit 1870 jedoch fand das Feld andere Benutzung und die Flora verschwand wieder). Es fanden sich daselbst mehrere hundert Arten spanischer, italienischer, russischer, nordafrikanischer und anderer Pflanzen, besonders auch Arten der Gattungen *Medicago*, *Daucus*, *Centaurea*, *Erodium*, *Micropus* etc. vor, ein ähnliches Wollfeld mit meist texanisch-mexikanischen Pflanzen hat Mohr bei Prattville in Central-Alabama untersucht, und die meisten Städte, in welchen Wollindustrie getrieben wird, weisen eingebürgert oder sporadisch solche Wollklettenspflanzen in ihrer Flora auf.

In der Nähe der Gerbereien finden sich in gleicher Weise oft fremdländische Klettspinnen, die durch thierische Häute eingeführt worden sind, in der Nähe grösserer Brauereien Pflanzen, die mit Hopfen durch die Hopfensäcke verschleppt wurden etc.

Eine eigenthümliche Verbreitung habe ich für *Chrysanthemum suaveolens* constatirt. Dasselbe findet sich häufig auf Schützenplätzen und Dorfplätzen, wohin es durch Zelttuch und Buden herumziehender Caroussells, Menagerieen, Verkäufer verschleppt wird und ich konnte feststellen, dass der Weg, den wegen der zeitlichen Folge der Markttage und Schützenfeste, in der Regel die Gefährte dieser herumwandernden Budenbesitzer nahmen, auch der Weg der Verbreitung dieser und einiger anderer Pflanzen war. Am häufigsten benützen indessen derartige Pflanzen das moderne Verkehrsmittel, die Eisenbahn, und längs der Bahnstrecken, besonders aber an den Güterbahnhöfen findet sich mancher Einwanderer aus fernen Landen.

Holler hat z. B. auf der ca. 25 km langen Bahnstrecke Augsburg—Haspelmoor in den Jahren 1882—1890 44 neue Einwanderer in der Augsburger Flora beobachtet, darunter besonders viele Culturpflanzen und Ackerunkräuter die durch die Getreidetransporte zwischen Ungarn, Galizien und der Schweiz verschleppt wurden (die Einwanderer wurden seltener, als diese Transporte die nähere Route München—Buchloe—Lindau einschlugen). Unter diesen Einwanderern waren z. B. *Caucalis daucoides*, *C. muricata*, *Anthemis*

mixta, *Centaurea solstitialis*, *Crepis setosa*, *Coronopus Ruellii*, *Xanthium strumarium*, *Echinosperrum*, *Datura Stramonium*, *Amaranthus retroflexus*, *Bromus sterilis* und *B. tectorum*, *Moenchia mantica*, *Galium Pedemontanum*, *Achillea setacea* (die meisten in den Bahnhöfen verbreitet).

§ 130. Einige der wichtigsten Kletten und deren Verbreitung durch Thiere besprechen wir im Folgenden an der Hand des systematischen Verzeichnisses von E. Huth (Bibl. Bot. Cassel 1887).

Gramineen. Eine der merkwürdigsten Verbreitungsausrüstungen findet sich nach der Beschreibung von Fritz Müller bei *Streptochaeta spicata* (*Lepideilema lancifolium*), einem brasilianischen Gras, dessen Blütenbau und Blühfolge auch sehr seltsam ist. Der Fruchtstand gleicht zur Reife einer Ruthe, an der eine Anzahl Angelhaken befestigt ist.

„Von den 3 äusseren Spelzen (vgl. Fritz Müller, Kosmos 1885, H. 6, S. 441) sind die beiden von der Achse des Blütenstandes abgewendeten kürzer als die inneren und laufen in eine etwas nach aussen gebogene Spitze aus; die dritte Spelze dagegen, die äusserste von allen, die der Achse anliegt, setzt sich in eine überaus lange, schraubenförmig gewundene Granne fort, die sich an der Spitze der Aehre befestigt. Die Spindel der Aehre nämlich verlängert sich über die oberste Blüthe hinaus, und endigt in einen keulenförmigen Knopf, der dicht mit in mannigfacher Weise (S-förmig, hakenförmig etc.) gebogenen dicken, steifen Haaren bedeckt ist. Zwischen diese verwickeln sich nun auch die schraubenförmigen Grannen. Die Grannen der obersten Blüten wachsen oft weit über den Endknopf der Aehre hinaus, um dann zu ihm zurückzukehren. Zur dieser Umkehr werden sie, wie man an Knospen sieht, dadurch gezwungen, dass die sie umschliessende Scheide ihnen nicht gestattet, weiter aufwärts zu wachsen. Wie bei Ranken und Kletterpflanzen, die eine Stütze gefunden, scheinen auch von den überaus zahlreichen Umläufen der schraubig gewundenen Granne ebensoviele nach rechts wie nach links zu laufen; eine genaue Zählung ist kaum auszuführen. Bald folgen sich die Wendepunkte ziemlich rasch, bald sind lange Strecken der Schraube in gleicher Richtung gewunden. Wenn die Samen reif sind, lösen sich die Aehrchen und hängen nun mit ihren langen Grannen von dem Endknopfe der Aehre nieder, bis ein vorüberstreifendes Pelzthier sie entführt. Mir selbst ist es begegnet, als ich in meinem

Walde eine *Streptochaeta* ausgrub, an der ich gar keine Früchte bemerkt hatte, dass ich daheim in meinem Barte eine solche Frucht entdeckte. Ein Barthaar hatte sich fest zwischen die inneren Spelzen, und die beiden kürzeren mit der Spitze auswärts gekrümmten Spelzen geklemmt und so das Aehrchen losgerissen.“ Die ganze Vorrichtung ist schon lange vor der Blütezeit vollständig ausgebildet.

Bei *Leersia oryzoides*, das nach Ebeling durch Steissfüsse Wasserhühner, Enten etc., aus Südeuropa nach Norddeutschland verbreitet sein dürfte, sind die Spelzen mit Wimperhaken dicht be-



Fig. 13.

Reife Aehre von *Streptochaeta*. Nach Fritz Müller.

setzt. *Pharus glochidiatus* und *Ph. scaber* besitzen hakig gekrümmte Deckblätter, *Optismenos hirtellus*, hakig gekrümmte klebrige Granen, *Setaria verticillata*, das „Klebgras“, besitzt eine starke Granne mit vielen rückwärts gerichteten Stacheln, dem es seine weite Verbreitung in Europa, dem Orient, Ostindien und Nordamerika verdankt. — Bei *Tragus racemosus* trägt die oberste Spelze mehrere Längsreihen hakig gekrümmter Stacheln. *T. Berteronianus* und *T. koelerioides* sind nach dem Cap, und von da durch Wolle 1876 nach Sommerfeld verschleppt worden. *Bromus unioloides* gehört zu den Wollkletten, und ist aus der Heimat Ecuador nach Südafrika und von da nach der Mark Brandenburg (1864 bei Eberswalde, 1866 und 1876 bei Sommerfeld) und nach Montpellier verschleppt worden. Bei *Hordeum murinum* haften die Aehrchen

leicht durch die etwas umgekrümmte Spitze (auch an den Kleidern), woher seine weite Verbreitung über Europa, den Orient, Südafrika, Südamerika zu erklären.

Zu den Bohrkletten mit sich selbst eingrabenden Früchten gehören *Stipa*, *Aristida* und viele *Andropogoneen*. Von *Heteropogon contorta*, *H. melanocarpus*, *Anthistiria ciliata*, *A. arundinacea*, *Andropogon acicularis* werden die Reisenden oft durch die Klettfähigkeit der Früchte belästigt. Rumph erzählt, dass das letztere Gras z. B. auf die Insel Ternate verschleppt worden sei, als dem Könige dieser Insel einst ein Büffel geschenkt wurde, dessen Rücken ganz

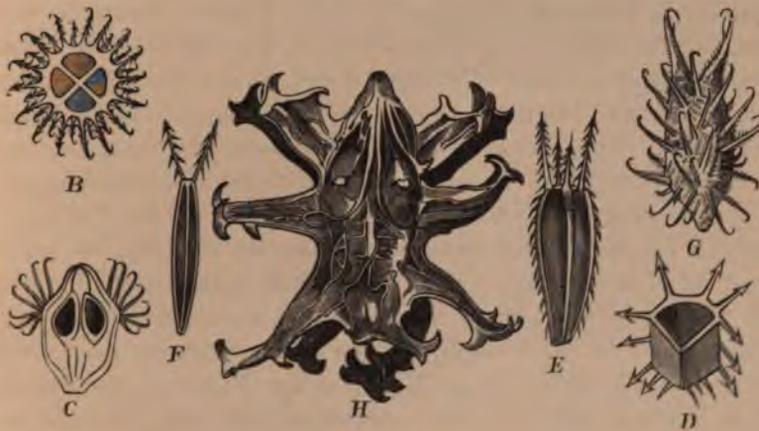


Fig. 14.

Klettfrüchte: *B* von *Triumfetta Lappula*, *C* von *Agrimonia Eupatoria*, *D* von *Echinopspermum Lappula*, *E* von *Bidens tripartita*, *F* von *Bidens cernuus*, *G* von *Xanthium italicum*, *H* von *Harpagophytum* (Trampelklette). Nach Huth, Die Klettpflanzen (Bibl. bot. H. 9) Cassel 1887.

mit dem Samen bedeckt war, und dass es sich bald über die ganze Insel verbreitet habe. — In Brasilien wird nach Fritz Müller keine Pflanze so leicht und viel verschleppt als *Paspalum conjugatum*, das selbst an der nackten Hand haften bleibt, und von dem den Kühen und Pferden die Beine oft ganz bedeckt sind. Bei *Leptaspis Banksii*, *L. urceolata*, wie auch bei *Pharus brasiliensis* lösen sich die ganzen Aeste des Blütenstandes, die mit hakigen Härchen dicht besetzt sind, los und haften den Vorübergehenden an.

Cyperaceen. Mit hakig gekrümmten Deckblättern sind viele *Cyperus*arten, *Isolepis squarrosa* und *hamulata*, *Fuirens uncinata* versehen. Bei vielen *Scirpus*arten wird das *Perigon* von 6 mit zahlreichen Widerhaken versehenen Borsten gebildet, wie *Scirpus*

lacustris, *S. palustris*, *S. compressus*, *Rhynchospora alba*, während die nahe stehenden Arten *Scirpus rufus* und *Rhynchospora fusca* vorwärts rauhe, daher zur Verschleppung ungeeignete Borsten haben. Bei *Uncinia* (Süd- und Mittelamerika) besitzt jede weibliche Blüthe eine starke hakige, die Blüthe an Länge weit überragende Granne. Die lange linealische Blütenähre erhält hierdurch ein eigenthümliches Aussehen. Die *Uncinia jamaicensis* (wahrscheinlich auch *U. microglochis*), fand durch Wasservögel Verbreitung, die sich oft mit einer solchen Unzahl von Früchten beladen, dass sie nicht weiterfliegen können. Die Pflanze findet sich reichlich verbreitet in der Richtung des Fluges jener Vögel auf Jamaica, in Venezuela, Ecuador etc. Die Aracee *Remusatia vivipara*, besitzt nach Hildebrand klettende Brutknöllchen. Dieselben bestehen aus einer fleischigen Achse, an der über 10 Blättchen sitzen, während ihre abstehende feine Spitze eine hakige Verlängerung trägt. Alle Haken sind so nach aussen umgekrümmt, dass ein vorüberstreichendes Thier sie leicht losreisst und fortschleppt.

Sehr ausgeprägte Klettapparate finden sich bei den Polygonaceen. So mit Hakenborsten dicht besetzte Früchte, bei vielen Arten der Steppengattung *Calligonum*, z. B. *C. polygonoides*, *C. comosum* (Persien, Syrien, ganz Nordafrika), *C. erinaceum*, *C. flavidum*, *C. acanthopterum*, *C. Calliphysa*. Von letzterer dienen die Früchte den Steppenmäusen (*Cricetus*, *Meriones*) zur Nahrung, und werden grosse Vorräthe davon in den unmittelbar unter dem Strauche angelegten Wohnungen angehäuft. Die hakig gebogenen äusseren Zähne des Fruchtperigons bilden bei den als Wollkletten häufigeren Arten, *Emex Centropodium* und *Emex spinosa*, den Klettapparat.

Amarantaceen. Durch eigenthümliche widerhakige, vielarmige Hakenbüschel werden die Fruchtknäuel von *Pupalia* verbreitet. Bei *Pupalia lappacea* sind die Knäuel mit 4 Büscheln von je 15—16 Haken versehen, durch die sie leicht und fest sich anhängen. Bei *Pupalia atropurpurea* lösen sich zur Fruchtreife kuglige Knäuel ab, die aus einem Gewirr von Haken bestehen, zwischen denen 1—3 Tröpfchen mit je einem glänzenden Samen eingebettet liegen. Beim Abfallen der Köpfchen tragen dieselben etwa 20 Hakengruppen. Beide Arten haben eine weite, dieser Ausrüstung völlig entsprechende Verbreitung, auch *P. velutina*, *Cyathula globulifera*, *C. prostrata*, *C. achyranthoides*, besitzen in der Hauptsache ähnliche Ausrüstungen, während bei *C. triuncinata* die Stacheln an der Spitze dreihakig sind. *Pupalia orthacantha* und andere *Pupalia*arten sind

geradstachelig, die Stacheln haben aber eine rückwärts gerichtete Rauigkeit.

Bei der Salsolacee, Echinopsilon, wie auch bei den Labiaten *Ballota* (*B. rupestris*), *Marrubium*, *Hyptis*, wirken die erhärtenden hakigen Kelchzähne als Klettapparat (*Echinopsilon hyssopifolius*, *E. eriophorus*, *E. muricatus*, kommt als Wollklette aus Nordafrika nach Europa).

Von Verbenaceen haben *Priva hispida* und *P. echinata* dichten Hakenfilz auf den Früchten.

Scrofulariaceen. *Torenia asiatica* hat dicht mit Widerhaken versehene Samen, die wahrscheinlich durch Wasservögel verbreitet werden. *Manulea uncinata* hakige, erhärtende Kelchzähne. Nach Godron sind auf dem Port Juvenal 20 *Verbascum*-arten, meist aus den Mittelmeergegenden eingeschleppt worden, z. B. *V. crassifolium* (Spanien), *V. glomeratum* (Griechenland), *V. gnaphaloides* (Küsten des Schwarzen Meeres), *V. speciosum* (Oesterreich-Ungarn). Die dichtfilzige Behaarung giebt hier den Klettapparat ab.

Bei den Borragineen sind die Theilfrüchte meist mit Klettapparat versehen. Derselbe besteht aus Stacheln, die entweder hakig gekrümmt oder mit Hakenkrone versehen sind. *Caccinia strigosa* hat vierhakige kurze Stacheln. Bei *Rochelia stellulata*, *R. rectipes*, *R. peduncularis* sind die Theilfrüchte klettig, bei *R. leiocarpa* glatt, bei *R. persica* sind die Kelchblätter krallenförmig gekrümmt. Von *Cynoglossum* zeigen *Cynoglossum officinale* und gegen 40 andere Arten Stacheln mit Hakenkrone an den Früchten.

Echinosperrum Lappula und zwei andere Arten haben zweireihige, etwa 30 andere Arten der Gattung einreihige doppelhakige Stacheln. Bei *Myosotis* sind nur schwache, hakenförmig gekrümmte Haare vorhanden, vermuthlich ohne Klettwirkung. *Asperugo procumbens* zeigt am Stengel rückwärtsgerichtete Stacheln, durch die es sich wie *Galium Aparine* anklettet.

Sesamaceen. Die grössten Klettfrüchte kommen bei den Pedalineen vor. Bei *Martynia*, den „Gemshörnern“ oder „Teufelskrallen“ sind die holzigen, stacheligen Kapseln mit 2 langen umgebogenen, scharf zugespitzten elastischen Krallenhaken versehen, sie werden ganz verschleppt, wirken aber in erster Linie wohl als Schüttelkletten, indem die elastischen Krallen bei plötzlichem Loslassen die Samen ausschleudern helfen. *Martynia lutea* gelangt öfter durch Wolle nach Europa, so wurde sie 1862 in der

Nähe von Frankfurt a. O. etc. gefunden. *M. proboscidea* trat in gleicher Weise bei Döhren in der Nähe Hannovers auf. *M. diandra* und *M. triloba* besitzen Schnäbel, die kürzer sind als die Frucht, auch *Craniolaria annua*, *C. unibracteata* und *C. fallax* haben einen ähnlichen Bau der Frucht.

Die „Wollspinne“ der Tuchfabrikanten ist das einem plattgedrückten Frosch nicht unähnliche *Harpagophyton procumbens*, das häufig vom Kap her bei uns eingeschleppt wird. Ihre Krallenhaken erreichen die Grösse bekrallter Krähenfüsse. Biologisch gehört die Wollspinne zu den Trampelkletten. Sie ist eine wahre Landplage für die zahmen und wilden Wiederkäuer. v. Kerner sagt: „Wenn die in Transvaal und am Oranjeffluss heimischen Springböcke unversehens ihre Füsse auf dieselben setzen, so werden die Hufe von den spitzen Krallen umklammert, und die armen Thiere laufen, von Schmerz getrieben, wie rasend dahin, ohne sich doch von den Marterwerkzeugen befreien zu können. Es dauert oft mehrere Tage, bis die Kapsel zerbricht und, morsch geworden, abfällt.“ Livingstone berichtet, dass die Frucht sich leicht in die Schnauzen der weidenden Rinder einbohrt und dass diese dann, da sie sich selbst nicht davon befreien können, geduldig stehen bleiben und warten, bis der Hirt ihnen das Folterwerkzeug wieder abgenommen. John Lubbock erzählt, dass die mit schrecklichen, über zolllangen Haken ausgerüsteten Früchte bisweilen den Löwen verderblich werden. Sie rollen sich auf der sandigen Ebene umher. Heftet sich dann eine dem Felle des Löwen an, so versucht das unglückliche Thier, sie loszureissen, und geht, wenn es dieselbe in den Mund bekommt, elendiglich zu Grunde.

Bei den *Gentianaceen*, *Villarsia ovata*, *Limnanthemum nymphaeoides*, *L. cristatum* etc., sind die Samen mit hakig stacheligen Anhängseln versehen.

Compositen mit Klettvorrichtungen finden sich in den mannigfachsten Anpassungen. Bei *Micropus supinus* sind die Schuppen des Hüllkelches der Frucht auf dem Rücken mit Stacheln versehen, die rückwärts gerichtete Haare tragen, und gehörte die Pflanze mit *M. bombycinus* zu der oben erwähnten Flora advena des Port Juvenal. Eine *Verbesina*, *V. euealioides* mit borstiger Frucht, die am Scheitel einen schwachgebogenen Stachel und einen längeren Widerhaken trägt, gehört zu der Flora advena von Prattville in Central-Alabama, und stammt aus dem Thal des Rio grande. Ebenso würde *V. alata*,

Acanthospermum xanthioides mit Widerhaken auf der ganzen Frucht, *A. humile* durch Schafe und deren Wolle binnen kurzer Frist von der atlantischen Küste durch Georgia und West-Florida bis nach Süd-Alabama verbreitet. Aus der Gruppe der Ambrosieen sind die „Steinkletten“ den Wollwaarenfabrikanten gefürchtet, die *Xanthium*arten, deren Fruchthüllen dicht mit hakig gekrümmten Stacheln besetzt sind, die oft selbst wieder bestachelt sind. Bei *Xanthium macrocarpum*, *X. italicum* etc. sind auch noch die beiden Fruchtschnäbel hakenförmig, während sie bei *X. spinosum* gerade, bei *X. strumarium* nur leicht gekrümmt sind. *X. spinosum*, dessen Wanderungen Egon Ihne bearbeitet hat, war vor 1814 in der Krim noch unbekannt, 1856 auf der ganzen Halbinsel verbreitet, 1853 überzog es in enormer Menge die Weideflächen der Moldau. 1828 brachten es die Pferde der russischen Truppen in Mähnen und Schweifen in die Wallachei, von da kam es nach Serbien und mit serbischen Schweinen nach Ungarn, 1830 mit Wolle nach Wien, und verbreitete sich in ganz Oesterreich, 1861 war es in Bayern, 1871 bei Paris, 1873 in England an Wollwäschen. Nach Schottland kam es mit Häuten und verbreitete sich 1871 bei Edinburg plötzlich ausserordentlich auf einem Weidegrund. In Deutschland findet es sich an zahlreichen Orten theils mit Wolle, theils durch Häute etc. eingeschleppt. 1860 sah Frauenfeld in Chile Pferde, deren Schweife und Mähnen von Tausenden von Früchten des *X. spinosum* zu Klumpen von Mannesdicke verfilzt waren, so dass die Thiere der Last fast erlagen. Australien, wo es 1850 zuerst constatirt wurde, hat durch Verringerung des Wollwerthes durch *Xanthium* nach Shaw jetzt einen Verlust von etwa 50 %. — Bei *Tragoceras zinnioides* bildet die erhärtende zu zweihakigen Hörnern auswachsende Blumenkrone den Klettapparat. Viele *Calendula*arten tragen gebogene Stacheln als Klettvorrichtung, so *C. stellata*, *C. aegyptiaca*, *C. persica*. Nach dem Port Juvenal waren 7 Arten verschleppt worden. Bei *Rhagadiolus stellatus*, *R. hedypnois*, *Koelpinia linearis* (Port Juvenal!) sind die wurmförmig gekrümmten Früchte rückwärts stachelig, *Koelpinia* hat ausserdem noch eine aus dem Kelch gebildete Hakenkrone.

Bei *Centaurea* bilden die Anhängsel des Hüllkelches bei vielen Arten Klettvorrichtungen. So wurden auf dem Port Juvenal 15 fremde *Centaurea*arten mit Wolle eingeführt. Besonders zahlreich werden Vertreter der Gruppe der *Calcitrapeae* mit starken oft rückwärts gerichteten Stacheln verschleppt, so *Centaurea*

verutum, *C. sinaica*, *C. aegyptiaca*, *C. pallescens*, aus dem Orient, *C. sulfurea*, *C. fuscata*, *C. iberica* von den weitesten Mittelmeerlandern.

Bei den eigentlichen Kletten, *Lappa*, ist der Hüllkelch mit zahlreichen elastischen Widerhaken versehen; ebenso *Carduus hamulosum*, *C. uncinatus*, *C. arctioides*, *C. Personata*, *Cirsium lappaceum*, *C. involucratum*, *C. cernuum*, *Helichrysum pentzoides*, *H. excisum*, *H. hamulosum*; sie gehören aber alle in erster Linie zu den Schüttelkletten. Bei der Gruppe der Bidentideen geschieht die Verbreitung der Früchte durch wollhaarige Thiere und Wasservögel. Die Früchte sind entweder nur an den den Pappus vertretenden Grannen, oder auch an den Seitenkanten mit rückwärts gerichteten Stacheln versehen. So bei unserem *Bidens tripartitus* mit 2 oder 4 Grannen, während *B. cernuus* nur zwei hakige Grannen hat, sonst unbewehrt ist. *Bidens cernuus* ist, jedenfalls durch Wasservögel verschleppt, aus Europa zur Anfang dieses Jahrhunderts nach Amerika gekommen, *B. pilosus* von Nordamerika nach Teneriffa und Neuseeland, *B. leucanthus* aus Mittelamerika nach Madeira und der Insel Mauritius, und der in Nordamerika heimische *B. bipinnatus* ist jetzt in Tirol eine wahre Landplage geworden. Auch bei *Pinillosia tetranthoides*, bei *Heterospermum* (heterokarp!) an den Randfrüchten, bei *Glossogyne pinnatifida*, *Delucia ostruthioides*, *Thelesperma scabioides* etc., finden sich rückwärtsstachelige Grannen.

Bei den Valerianaceen zeigt die Gattung *Valerianella* (von denen Krok 46 Arten beschreibt), die allmähliche Ausbildung der Klettausrüstung. *V. tridentata* etc. zeigen am Fruchtrand 3 stumpfe Lappen, bei *V. brachystephana* etc. gegen gewisse Varietäten 6 gerade Kelchzähne, bei wieder anderen sind die Kelchzähne bereits etwas gekrümmt, und bei *V. coronata*, *V. Kotschyi* u. a. finden sich weit über den Kelchrand hinausragende starke Haken. Bei *V. discoidea* ist der Kelchrand 7—14zählig, bei *V. obtusiloba* trägt jeder der 6 Kelchlappen an der Spitze 3—5 Haken. Noch abweichendere Formen zeigt die Section *Cornigera* mit dreihörnigem Kelch. Es scheint jedoch bei den nicht ausgerüsteten Arten schon die haarige Fruchtbekleidung hinreichende Ausrüstung zu bilden (so hat *V. chlorodonta*, das sich auf dem Port Juvenal fand, keine hakigen Ausrüstungen).

Rubiaceen. Die Früchte des Waldmeisters sind mit deutlichen Widerhaken besetzt. Bei *Galium* treten Klettvorrichtungen als Verbreitungsmittel der Früchte, neben denen an Stengeln und

Blättern, die zum Klettern dienen, auf, so bei *G. Aparine*, *G. ellipticum*, *G. scaberrimum*; ohne Kletterkletten bei *G. rotundifolium*; wogegen sich glatte Früchte neben Klimmstengeln bei *G. retrorsum* etc. finden.

Umbelliferen mit kletthakigen Verbreitungsausrüstungen sind die Arten von *Sanicula*, z. B. *europaea*, *Orlaya grandiflora*, *Daucus*. Bei *Daucus Carota* tragen nach Huth die Stacheln nur in der Jugend Widerhäkchen, nicht aber mehr an den reifen Früchten. Trotzdem ist die Verbreitung der wilden Möhre eine sehr weite (von China durch Cochinchina, den Kaukasus, ganz Europa bis Amerika), und auf dem Port Juvenal fanden sich eingeschleppt *D. muricatus*, *D. parviflorus*, *D. maximus*, *D. hispidus*, *D. aureus*, *D. gracilis*. *Caucalis daucoides* und andere Arten haben an den Nebenrippen hakige Stacheln, *C. leptophylla* hat gerade, an der Spitze mit Widerhaken versehene Stacheln, *Torilis japonica*, *T. scabra*, *T. nodosa* besitzen Stacheln mit Endhäkchen, *T. Anthriscus* nur wenig gekrümmte Stacheln, ähnlich *Turgenia latifolia*. Bei den Laosaceen finden sich (neben den Brennhaaren) vielfach noch Klimmhaare mit Widerhäkchen, durch die ganze Stengel (die sehr spröde sind, und nach Kuntze bei *Mentzelia aspera* bei Berührung zerspringen) verschleppt werden. *Blumenbachia Hieronymi* etc. besitzen Klettfrüchte.

Von Rosaceen zeigt unser *Geum urbanum* wie andere Geumarten eine vorzügliche Klettvorrichtung, die im Köpfchen stehenden Früchte haben einen geknickten Griffel, dessen Narbenende später abfällt, worauf sich das neue Ende häkelt, und bei sämtlichen Früchten nach unten wendet. Bei *Agrimonia odorata*, *A. Eupatoria* etc. ist der Kelch oben dicht mit hakenförmig gekrümmten Borsten besetzt. Bei *Acaena lappacea*, *A. latebrosa* ist der ganze Kelch mit widerhakigen Borsten besetzt, während *A. Sanguisorbae* nur 4 steife mit Widerhaken besetzte Kelchzipfel hat. Die dichtgedrängten Früchte bilden ein igelartiges, kugliges Köpfchen. Nach H. Will zeigen die Sturmvögel (*Ossifraga gigantea*) auf Süd-Georgien die Brust oft völlig von den reifen Früchten der *Acaena ascendens* bedeckt, und auch andere Vögel, wie *Majaqueus aequinoctialis* und *Prion turtur*, dürften zur Verbreitung beitragen.

Papilionaceen. Wie die Compositen („Steinkletten“) etc., so liefern die Papilionaceen viele Wollkletten. So besonders die Gattung *Medicago* (Schneckenklee), welche die Ringelkletten der Wollwarenfabrikanten etc. darstellen. Unsere gemeinsten Schnecken-

kleearten (*Medicago lupulina* und *M. sativa*) sind unbewehrt, auch manche bewehrten Arten haben unbewehrte Varietäten; dagegen besitzen die schneckenhausartig gewundenen Früchte von *Medicago minima*, *M. hispida*, *M. disciformis*, *M. laciniata*, *M. Tenoreana* etc. am Rand der Frucht hakig gekrümmte, *M. arabica*, *M. intertexta* etc. an der Spitze fast gerade, aber sehr lange Stacheln. Die Wanderungen der Ringelkletten gleichen denen der Steinkletten. Auf dem Port Juvenal fanden sich 8 *Medicago*-arten, und unter 190 in Paris 1871 durch die Kriegstransporte eingeschleppten algerischen etc. Pflanzenarten waren 11 *Medicago*-arten. Besonders häufig findet sich *M. hispida* mit seinen Varietäten, z. B. *M. denticulata*, verschleppt. Es stellt die gemeinste Wollringelklette vor, ihm folgt *M. arabica*. *M. Aschersoniana*, durch Capwolle eingeführt, wurde bei Sommerfeld und Spremberg (1878) gefunden. *M. minima* findet sich auch an Eisenbahndämmen. Der bei den Papilionaceen häufige hakig gekrümmte Griffel dient meist als Schüttelklettapparat, öfter aber auch zur Verschleppung. Er findet sich z. B. bei *Trifolium strictum*, *T. parviflorum*, Arten von *Glycine*, *Oxytropis*, *Crotalaria*, *Astragalus*, *Anthyllis*, *Stylosanthes*, *Dolichos*, *Teramnus* etc. Hakige Stacheln und Borsten der Hülse bilden die Verbreitungsmittel bei *Scorpiurus muricata*, *S. sulcata*, *S. subvillosa*, *Hedysarum grandiflorum*, *H. asperum*, *H. spinosissimum*, *H. capitatum* (die beiden letzteren auf dem Port Juvenal durch Wolle eingeführt).

Unter den Tiliaceen zeigen besonders schön ausgebildete Klettvorrichtungen die ca. 50 Triumfettaarten, deren Kapsel dicht mit an der Spitze hakig gekrümmten Stacheln besetzt ist. Die Hakenstacheln sind bei *T. annua* etc. nackt, bei *T. Lappula*, *T. althaeoides* mit rückwärts gerichteten Borsten besetzt. *Triumfetta procumbens* fand Betche unter der geringen Zahl von 56 Pflanzenarten auf den Lagunenriffen der Marshall-Inseln eingeschleppt.

Malvaceen. *Urena Lappago* besitzt Früchte, die mit einfachen gekrümmten Haken versehen sind, bei *U. lobata* sind gerade widerhakige Stacheln vorhanden. Bei *Pavonia*-arten finden sich Theilfrüchte mit 3 rückwärts bewehrten Stacheln, auch bei Arten von *Sida* finden sich Klettvorrichtungen.

Polygalaceen. Die *Krameria*-arten haben rundliche Früchte, die ringsum mit rückwärtshakigen Stacheln besetzt sind (*K. triandra*, *K. Ixina*, *K. secundiflora*). Bei *Polygala glochidiata* sind die Samen hakig borstig, bei *P. gracilis*, *P. asperuloides*, *P. scoparia* rückwärts rauhaarig. Die letzteren, welche in Amerika am Rand der Flüsse

und Stümpfe wachsen, werden vermuthlich durch Wasservögel verbreitet.

Dasselbe gilt für die Caryophyllacee *Stellaria glochidiata*, deren Samen gleichfalls Hakenborsten tragen. — Unter den Cruciferen hat das orientalische *Euclidium syriacum* in seinem bleibenden hakigen Fruchtschnabel einen guten Klettapparat, dem es seine Verbreitung bis Wien, Mähren und in die Mark Brandenburg verdankt. Bei den Ranunculaceen zeigen die *Ranunculus*-arten der Gruppe *Echinella*, ähnlich wie die Papilionaceen, die stufenweise Entwicklung des Klettapparates deutlich. Bei *Ranunculus tuberculatus* trägt die Fruchtbläche nur Höcker, bei *R. Chius* daneben einen hakig gekrümmten Fruchtschnabel, bei *R. arvensis* finden sich anstatt der Höcker lange Stacheln, und bei *R. muricatus* sind auch die letzteren wie der Schnabel hakig gekrümmt (2 *Ranunculus*-arten gehörten auch zur Flora advena des Port Juvenal).

Kapitel XVI. Verschiedenheit der Verbreitungsapparaturen innerhalb derselben Familie oder derselben Gattung.

§ 131. Obwohl gewisse Verbreitungsapparaturen sich auf einzelne Familien beschränken und hier durchweg zur Ausbildung gelangt sind, gilt doch für die Verbreitungsapparaturen mehr als sonst der allgemeine Satz, dass biologische Eigenthümlichkeiten in Bau, Farbe, Geruch, im physikalischen und chemischen Verhalten, in der Bewegung etc. von der systematischen Verwandtschaft unabhängig zur Ausbildung gelangt sind und innerhalb der gleichen Verwandtschaftskreise die grösste Mannigfaltigkeit zeigen können.

Schon die ältere hier folgende Zusammenstellung Hildebrandt's (Die Verbreitungsmittel der Pflanzen, Leipzig 1873, p. 137 ff.) zeigt dies deutlich.

Familien, deren Gattungen verschiedene Verbreitungsapparaturen zeigen:

Gramineen.

Kleine nackte Früchte: *Eragrostis*.

Haarige Anhänge an den Paleae: *Tricholaena*, *Lasiagrostis*, *Melica ciliata*, *Gynerium argenteum*.

394 Verschiedenheit der Verbreitungsausrüstungen in derselben Familie etc.

Haarige Anhänge an der Aehrchenspindel: *Avena pubescens*, *Phragmites communis*.

Haarige Anhänge an den Glumae: *Imperata saccharifera*, *Lygaeum Spartum*.

Die ganzen Glumae in Haare verwandelt: *Hordeum jubatum*.

Haarige Anhängsel am Aehrchenstiel: *Gymnothrix*, *Erianthus*, *Pogonopsis*, *Pennisetum villosum*, *Stipa elegantissima*.

Flügelbildungen an den Paleae: *Poa*, *Holcus*, *Phalaris* etc.

Flügelbildungen an den Glumae: *Gastridium australe*, *Maizilla stolonifera*.

Rauhigkeit an den Grannen: *Hordeum*, *Elymus*, *Aegilops*.

an der Oberfläche der Paleae: *Pharus latifolius*.

an den Glumae: *Aegilops*, *Lappago racemosa*.

am Involucrum: *Cenchrus*.

am Fruchtstandstiel: *Cornucopiae cucullatum*.

Klebrigkeit: an einem noch unbestimmten, von Fritz Müller in Brasilien gefundenen Grase.

Hygroskopische Grannen: bei Avenaarten, z. B. *Avena sterilis* etc.

Bromeliaceen.

Same mit Flügelrand: *Encholirion*, *Pourretia*.

Same an jedem Ende mit haarartiger Verlängerung: *Brocchinia*, *Pitcairnea*, *Bonapartea*.

Same am Grund mit Haarbüschel: *Guzmania*, *Tillandsia*, *Caragnata*.

Fleischiger Fruchtknoten: *Ananassa*, *Bromelia*, *Aechmea*, *Billbergia*.

Dioscoreen.

Einsamige einflügelige, nicht aufspringende Frucht: *Raiania*.

Same geflügelt in aufspringender Kapsel: *Dioscorea*.

Beerenfrucht: *Tamus*, *Oncus*.

Chenopodiaceen.

Kleine Früchte: *Chenopodium*, *Teloxys*.

Früchte mit Flügelrand: *Corispermum*.

Perigon verschiedene Flügelanhänge bildend: *Atriplex*, *Kochia*, *Cyclolepis*, *Anredera*, *Salsola*, *Halogeton*, *Anabasis*.

Perigon aufgeblasen: *Suaeda*.

Perigon haarig: Eurotia, Lonesia.

Perigon hakig oder stachelig: Ceratocarpus, Anisacantha, Spinacia,
Echinopsilon, Cornulaca.

Perigon fleischig: Blitum, Basella.

Amarantaceen.

Kleine einsamige, nicht aufspringende Frucht: Iresina, Alternanthera,
Polycnemum.

Kleine Samen: Celosia, Amarantus.

Perigon ganz wollig: Gomphrena, Froelichia.

Perigonzipfel federig: Trichinium.

Aufgeblasene Beere: Deeringia.

Polygoneen (s. unten).

Frucht ringsum geflügelt: Oxyria.

Frucht dreiflügelig: Rheum, Calligonum.

Perigon flügelbildend: Rumex, Tragopyrum, Atraphasus.

Involucrum flügelbildend: Pterostegia.

Griffel hakig: Polygonum virginianum.

Perigon hakig dornig: Ceratogonum, Emex.

Compositen.

Kleine Früchte; Achillea, Anthemis, Artemisia.

Früchte mit Flügelrand: Dimorphotheca, Anacyclus, Actinomeris.

Früchte dreiflügelig: Tripteris.

Flügelkelch: Chardinia, Sphenogyne, Achyropappus.

Blumenkrone flügelbildend: Melampodium paludosum.

Spreublätter flügelbildend: Dahlia.

Flügelkelchblätter flügelbildend: Lindheimeria Texana, Moscharia
pinnatifida.

Frucht(knoten) wollig: Cryptostemma, Lasiospermum.

Fruchtkelch haarig oder federig: Hieracium, Crepis, Taraxacum,
Silybum etc. etc.

Frucht(knoten) hakig: Calendula, Koelpinia.

Kelch hakig: Bidens, Heterospermum.

Blumenkrone hakig: Tragoceras.

Spreublätter mit Haken bedeckt: Centrospermum.

Hüllkelchblätter hakig: Lappa, Acanthocephalus.

Kelchblätter klebrig: Adenostemma.
Hüllkelchblätter klebrig: Siegesbeckia.
Frucht(knoten) fleischig: Wulffia, Osteospermum moniliferum.
Fruchtstandboden fleischig: Gundelia Tournefortii.

Oleaceen.

Geflügelte Samen: Syringa.
Flügel Frucht: Fraxinus.
Fleischfrucht: Olea, Ligustrum.

Apocynen.

Same membranös geflügelt: Plumeria.
" an der Mikropyle mit Haarschopf: Echiteae.
" am Chalazaende mit Haarschopf: Wrightieae.
" an beiden Enden mit Haarschopf: Alstonia.
Beerenfrucht: Ophioxyleae.
Steinfrucht: Carisseae.

Borragineen.

Kleine glatte Nüsschen: Echium, Pulmonaria, Lithospermum.
Nüsschen mit membranösem Rand: Omphalodes, Rindera, Mattia.
Hakige Nüsse: Cynoglossum, Echinosperrum.
Ganze Pflanze hakig: Asperugo.
Fleischfrucht: Eretia, Tournefortia.

Solaneen.

Kleine Samen in längs aufspringender Kapsel: Nicotioneae.
" " " quer " " Hyoscyamus, Anisodus, Scopolia.
Same mit Flügelrand: Sesseae.
Beerenfrucht: Solanaceae, Cestrineae.

Gesneriaceen.

Sehr kleine Samen: Chirita, Streptocarpus, Episcieae.
Same einflügelig: Tromsdorffia.
Same geschwänzt: Aeschinanthus, Lysionotus.
Beerenfrucht: Eucyrtandreae, Beslereae.

Umbelliferen.

Kleine Früchte: Apium, Pimpinella, Ammi.

Flache unberandete Früchte: Didiscus.

Früchte ringsflügelig berandet: Peucedaneae.

„ mit mehreren Längsflügeln: Angelica, Archangelica, Thapsicae (Laserpitium etc.).

„ mit hohlen Längsriefen: Astrantia, Pleurospermum.

„ mit Schuppen: Eryngium.

Schwammige Fruchtrinde: Actinacanthus, Hohenackeria, Aethusa, Libanotis.

Früchte raubhaarig: Actinotus, Holostome, Oliveria, Magydaris.

Kelch und Involucrum federig: Lagoecia.

Fruchtriefen hakig: Sanicula, Orlaya, Daucus, Caucalis, Torilis.

Involucrum und Involucellum stachelig: Exoacantha, Arctopus.

Theilfrüchte elastisch abspringend: Scandix.

Ranunculaceen:

Kleine Samen: Die meisten Helleboreen.

Kleine Früchte: Anemone nemorosa, Myosurus, mehrere Ranunculusarten.

Frucht rings geflügelt: Anemone narcissiflora, Ranunculus asiaticus.

Frucht dreiflügelig: Thalictrum aquilegifolium.

Frucht wollig behaart: Anemone baldensis, Anemone silvestris.

Griffel federig: Pulsatilla, Clematideae.

Frucht stachelig: Ranunculus Abt. Echinella.

Beerenfrucht: Actaea.

Cruciferen.

Kleine Samen: Arabideen (Nasturtium, Erysimum, Sisymbrium etc.).

Kleine einsamige geschlossene Schötchen: Neslia, Calepinia.

Schötchen in kleine Glieder zerfallend: Sterigma.

Same mit Flügelrand: Farsetia, Platyspermum, Cheiranthus etc.

Schötchen flach mit Flügelrand: Clypeola, Isatis, Peltaria, Thysanocarpus, Dipterygium.

Schötchen kahnförmig mit Flügelrand: Tauscheria.

„ vierflügelig: Tetrapterygium.

„ sechsflügelig: Hexaptera.

Schötchen schwammig: Zilla.

„ mit blasigen Höhlungen: Myagrum.

Aufspringende mehrsamige Schötchen mit Flügel auf dem Rücken
der Klappen: Iberis, Thlaspi, Aethionema.

Flachgedrücktes aufspringendes Schötchen: Lunaria.

Schötchen hakig und stachelig: Bunias aspera, Condylocarpus, Pugnionium.

Schötchenklappen elastisch abspringend: Cardamine, Dentaria, Pteroneuron.

Phytolaccaceen.

Kleine Frucht: Mohlana.

Frucht einflügelig: Sequieria.

Frucht stachelig oder hakig: Microtea.

Beerenfrucht: Phytolacca.

Malvaceen.

Kleine Samen: viele Hibiscusarten.

Kleine Theilfrüchte: Malopeae.

Theilfrüchte flachgedrückt: Althaea.

Frucht blasig: Abutilon.

Same ganz wollig: Gossypium, Fugosia, Serraea.

„ mit Haaren umrandet: Hibiscus syriacus.

Theilfrucht mit Widerhaken: Pavonia spinifex, Urena.

Frucht fleischig: Malvaviscus.

Polygaleen.

Frucht einflügelig: Securidaca.

Zweiflügeliger Fruchtkelch: Polygala.

Stachelig hakige Frucht: Krameria.

Fleischfrucht: Mundia, Monnina.

Onagrarien.

Kleine Samen: Jussieueae und die meisten Epilobieae, z. B. Godetia,
Clarkia.

Kleine wenigsamige, geschlossen bleibende Frucht: Gaura, Stenosisiphon.

Same einflügelig: Montinia, Hauya.

Same mit Haarschopf: *Epilobium*, *Zauschneria*.
Frucht(knoten) mit Haken bedeckt: *Circaea*.
Beerenfrucht: *Fuchsia*.

Rosaceen.

Kleine Samen: *Spiraeaceen*.
Kleine Früchte: *Potentilla*, *Sibbaldia*, *Waldsteinia*.
Same einflügelig: *Kageneckia*, *Quillaia*, *Vauquellinia*, *Euphronia*.
„ flügelig umrandet: *Lindleya*.
Federiger Griffel: *Geum montanum*, *G. reptans*, *Dryas*, *Cowania*,
Fallugia, *Cercocarpus*.
Flügelkelch: *Tetraglochin*.
Schwammiger Kelch: *Margyricarpus*.
Kelch mit hakigen Zipfeln: *Acaena*.
„ mit hakiger Aussenseite: *Agrimonia*.
Früchtchen fleischig: *Rubus*.
Fruchtboden fleischig: *Fragaria*.
Kelch und Blütenstiel fleischig: *Rosa*, *Hulthemia*.

Leguminosen.

Kleine Früchte: *Melilotus*.
Kleine Theilfrüchte: *Ornithopus*, *Coronilla*.
Flache oder ringsflügelige Früchte: *Pocockia*, *Dalea*, *Pterocarpus*.
Flache Theilfrüchte: *Desmodium* sp., *Hedysarum* sp.
Frucht einflügelig: *Mochaerium*.
„ fünfflügelig: *Phelocarpus*.
„ vierflügelig aufspringend: *Edwardsia*.
Blumenkrone flügelbildend: *Trifolium* sp.
Kelch blasig: *Trifolium fragiferum*.
Frucht schwammig: *Medicago* sp.
Fruchtglieder heuhaarig: *Oxyrrhamphis*.
Frucht hakig: *Glycyrrhiza echinata*, *Medicago* sp., *Echinodiscus*.
Theilfrüchte hakig: *Desmodium* sp., *Hedysarum* sp.
Griffelspitze hakig: *Stylosanthes*.
Same mit fleischiger Hülle: *Copaifera*, *Fillaea*.
Frucht(knoten) fleischig: *Andira*, *Tamarindus*, *Ceratonia* etc.
Frucht elastisch aufspringend: *Lupinus*, *Lathyrus* etc.

§ 132. Die neueren monographischen Bearbeitungen einzelner Pflanzenfamilien haben eine noch weit grössere Mannigfaltigkeit

verschiedener Verbreitungs-ausrüstungen innerhalb derselben Familie und selbst derselben Gattung zu Tage gefördert. Es mag dies noch an einem Beispiel, den Polygonaceen, gezeigt werden, bei welchen die obige Liste nur sechserlei Ausrüstungen aufzählt. Udo Dammer unterscheidet in seinen „Polygonaceenstudien I. Die Verbreitungs-ausrüstungen der Polygonaceen“ (Engler's Bot. Jahrb., 15. Bd., 2. Heft, 1892, p. 260—285) ausser den Ausrüstungen zur vegetativen Vermehrung (Ausläufern, Flagellen, Stolonen, Rhizomen, Brutknospen im Blütenstand, an Laubblättern und unterirdischen Organen, Fähigkeit, bei Knickungen des Stengels am Blattknoten leicht Wurzeln zu bilden, Stengelstücke, die durch Widerhaken der Verschleppung durch Thiere angepasst sind), noch folgende Verbreitungs-ausrüstungen der Sexualproducte der Polygonaceen:

A. Anemochore Ausrüstungen.

1. Flügelbildungen. Als solche wirken

- a) Leistenartige Vorsprünge an Samen (*Erigonum alatum*) und Frucht (*Rumex vesicarius*, *Triplaris Benthamiana*). Sie treten stets in Gemeinschaft mit anderen Flugeinrichtungen auf.
- b) Häutige Flügelfortsätze an der Frucht (bei *Oxyria digyna* zwei Flügel, bei Rheumarten drei Flügel, *Calligonum*arten drei bis vier Flügel, bei *Pteropyrum* mit zwei über einander stehenden Flügeln an jeder Fruchtkante), am Perigon (bei *Podopterus*, *Polygonum*arten der *Cuspidatum*gruppe), am Fruchtstiel (*Brunnichia cirrhosa* mit einem Flügel, *B. africana* mit zwei grossen und einem kleinen Flügel. Bei *B. cirrhosa* tritt hierzu noch die Ausbildung einer luftführenden Schicht im Fruchtstiel. Bei *Rumex bucephalophorus* trägt der stark abgeplattete Fruchtstiel an seinen Rändern zwei auf- und einwärts gebogene Flügel, so dass der Querschnitt einem liegenden grossen lateinischen \subset gleicht. Die Flügel sind am stärksten an der Spitze des Stieles ausgebildet. Die zwischen ihren Rändern bleibende Oeffnung bildet mit einem herabgebogenen Perigonzipfel einen an der Stielbasis offenen, an der Stielspitze geschlossenen Kanal, der als Windfang dient.
- c) Während der Fruchtreife heranwachsende und später trockenhäutig werdende Perigonzipfel

finden sich in mannigfacher Ausbildung bei *Rumex vesicarius* (drei Flügel), *Atraphaxis*arten (zweiflügelig), *Triplaris* und *Ruprechtia* (federballähnliche Gebilde) etc. Bei den Früchten von *Rumex Acetosa* und *R. thyrsoides* wachsen nur drei Perigonzipfel zu Flügeln aus, die übrigen

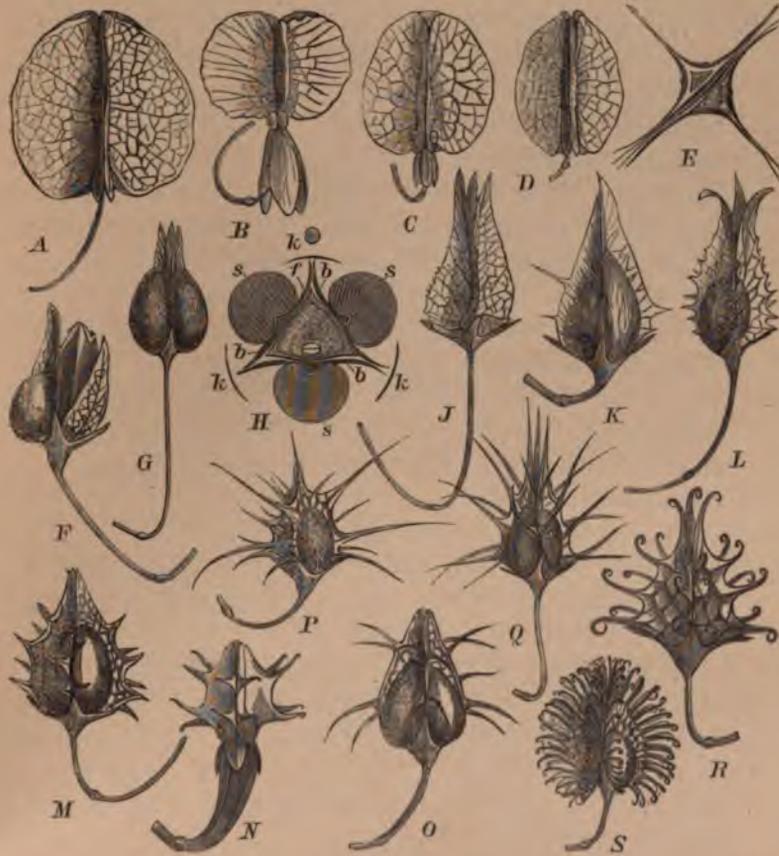


Fig. 15.

Verbreitungsmittel der Rumexfrüchte nach U. Dammmer. — *A* *Rumex venosus*. — *B* *R. thyrsoides*. — *C* *R. Acetosa*. — *D* *R. vesicarius*. — *E* derselbe, zwei verwachsene Früchte im Querschnitt, die verschiedene Lage der Früchte zeigend. — *F* *R. sanguineus*. — *G* *R. brasiliensis*. — *H* derselbe im Querschnitt; *k* äussere, *b* innere Blütenhülltheile; *s* Schwielen; *f* Frucht. — *J* *R. obtusifolius*. — *K* *R. callosissimus*. — *L* *R. pratensis*. — *M* *R. Klotzschianus*. — *N* *R. bucephalophorus*. — *O* *R. dentatus*. — *P* *R. garipensis*. — *Q* *R. ucranicus*. — *R* *R. Brownii*. — *S* *R. nepalensis*.

biegen sich vollständig zurück, wachsen aber hauptsächlich in die Breite, bis sie sich fast berühren. Die grossen aufwärts gerichteten Flügel dienen dem Wind als An-

Ludwig, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen. 26

griffsflächen, die drei kleineren abwärts gesenkten wirken entweder gleichsinnig oder fallschirmartig.

- d) Während der Fruchtreife heranwachsende und später trockenhäutig werdende Vorblätter und Tragblätter. Sie finden sich z. B. bei *Pterostegia*, *Harfordia*, *Eriogonum Plumatella*, *Centrostegia Thurberi*.
2. Windsäcke, Luftsäcke, die dazu dienen, den Wind zu fangen und die Frucht in der Schwebelage zu erhalten, andererseits das Gewicht der Luft im Verhältniss zur Oberfläche herabdrücken. Windsäcke finden sich bei *Rumex bucephalophorus* am Fruchtsiel bei denjenigen *Rumex*- und *Atraphaxis*-arten, deren Blütenhüllblätter während der Fruchtreife zum Theil zurückgebogen sind, bei *Polygonella*-früchten, ferner bei *Eriogonum Plumatella*, *Chorizanthe*-, *Oxytheca*- und besonders *Centrostegia*-arten. Bei *Harfordia* bilden die umgerollten Ränder der Vorblätter Windsäcke. Luftsäcke bilden bei *Centrostegia* die Sporne am Involucrum, bei *Pterostegia* und *Harfordia* die Säcke am Vorblatt, schwammige Bildungen bei *Brunnichia cirrhosa*, Schwielen an der Basis einzelner Blumenblätter bei zahlreichen *Rumex*-arten.
3. Oberhautbildungen.
 - a) Haare bei *Nemacaulis* und *Hollisteria*.
 - b) Stacheln, die in grosser Zahl dicht zusammen auftreten. Solche Stachelüberzüge haben die Früchte von *Calligonum*, Sect. *Eucalligonum* und *Calliphysa*.
 - c) Schwielen von grosser Dimension bei *Rumex*.
- B. Hydrochore Ausrüstungen (Schwimmorgane, Schutzorgane gegen eindringendes Wasser und Trieborgane, die eine Einwirkung des Windes gestatten, Haftorgane zur Verankerung).
 1. Schwimmorgane treten z. B. bei *Rumex* als Flügelbildungen, Schwielen u. dgl. auf.
 2. Glatte, unbenetzbare Oberhaut bei den wasserbewohnenden *Polygonum*-arten.
- C. Zoochore Ausrüstungen.
 1. Haftorgane.
 - a) Haare bei *Hollisteria*, *Nemacaulis* etc.
 - b) Stacheln an der Frucht (bei *Calligonum* Sect. *Eucalligonum*), an der Fruchthülle (*Oxygonum*, *Emex*, *Rumex* etc.).
 - c) Haken (*Polygonum virginianum*).

2. Fleischige Ausbildung der Fruchthülle (bei *Coccoloba*arten und einigen *Polygonum*arten).
3. Glatte Oberfläche (wenn ohne sonstige Ausrüstungen wie bei den hydrochoren Arten), z. B. *Polygonum aviculare* (Schutz gegen die Darmwände der Thiere).

Schliesslich kommen bei mehreren *Polygonaceen* combinirte Verbreitungs-ausrüstungen vor, so bei *Rumex*arten, die an grossen Flügeln starke Schwielenbildungen und mit Haken versehene Stacheln besitzen.

§ 133. Anker- und Klettvorrichtungen finden sich auch bei niederen Kryptogamen nicht selten. So haben einige im Haarkleid oder an den Federn der Flugthiere schmarotzende höhere Pilze mit Widerhaken besetzte besondere Anhängsel, wie die *Laboulbeniaceen*, welche auf Fliegen, Käfern, Fledermausläusen schmarotzen, das ringsum mit Krallenhaken besetzte Dauermycel von *Chenomyces serratus* auf Vogelfedern etc. Ferner finden sich derartige Beispiele bei den Teleutosporen der Rostpilze, z. B. bei *Triphragmium*. Während unser *Triphragmium Ulmariae* noch glatte Teleutosporen hat, sind sie bei *Triphragmium echinatum* mit langen, hakig gekrümmten Stacheln versehen (die auch zur Verankerung in den haarfedrigen Blättern der Wirthspflanze *Meum Mutellinum* dienen dürften); *T. clavellusum* (Amerika) und *T. Thwaitesii* (Asien) auf *Araliaceen*, sowie *Sphaerophragmium Acaciae* besitzen Sporen, deren 3 Zellen mit am Ende 1—2 mal dreigabligem Stacheln besetzt sind. Die letzten Spitzen dieser Stacheln sind hakenförmig zurückgekrümmt. Bei *Puccinia appendiculata* finden sich ähnliche Anhängsel am Stiel. Auch bei *Ravenalia*arten finden sich Stacheln mit handförmigen Fortsätzen. Hierher gehören ferner die Anhängsel, welche denen der *Clavellusum*spore ähneln, bei *Uncinula adunca* und anderen Mehlthaupilzen, die eigenthümlichen Sporen von *Helicomyces*, z. B. *H. mirabilis*. Einfache lange Stacheln finden sich z. B. an den Teleutosporen von *Puccinia Prostii*, fingerförmige Fortsätze bei *Puccinia coronata*, *Uromyces digitatus*, *U. Halstedii* etc.

Tabellarische
über
Verbreitungsausrüstungen der

	Vegetative Verbreitungsausrüstungen.						Verbreitungsausrüstungen für die Verbreitung											
	Ausläufer		Brutknosp.		niedergedrückte kriechende Stengel	Wurzelbildung am Stengel	Rückwärts gekrümmte Borsten	Leisten	Flügelbildungen				Windsäcke					
	Oberirdische	Unterirdische	am Blütenstand	an der Wurzel					Häutige Flügel	an der Frucht	a. d. Blh.	a. Frstiel.	Blh. trockenhäutig	an Vor- u. Tragblättern	vollkommene	unvollkommene	Fr. mit Borstenpelz	Blhzipfel zurückgeschlagen
1. Koenigia L.
2. Pterostegia F. et M.	+
3. Harfordia Greene et Parry
4. Nemacaulis Nutt.	+	+
5. Hollisteria S. Watson
6. Lastarriaea Remy	+	+
7. Chorizanthe R. Br.
8. Centrostegia A. Gray
9. Oxytheca Nutt.
10. Eriogonum Michx.	+	+
11. Emex Neck.	+
12. Rumex L.	+	.	+	+
13. Oxyria Hill.	+
14. Rheum L.	+
15. Atraphaxis L.
16. Pteropyrum Jaub. et Spach	+
17. Calligonum L.	+
18. Oxygonum Burchell
19. Polygonum L.	+	+	.	+	+	+	.	.	+	+
20. Fagopyrum Gärtn.
21. Polygonella Michx.
22. Antigoneon Endl.
23. Brunnichia Banks
24. Podopterus Humb. et Bonpl.
25. Muehlenbeckia Meißn.
26. Coccoloba L.
27. Triplaris L.
28. Ruprechtia C. A. Mey.
29. Symmeria Benth.
30. Leptogonum Benth. ¹⁾	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

¹⁾ Frucht unbekannt.

Kapitel XVII. Culturpflanzen und Pilzgärten der Ameisen.

§ 134. Culturpflanzen der Ameisen.

Wie der Mensch durch Zuchtwahl der Ausgestaltung aller jener Pflanzenformen, die wir Culturpflanzen nennen, die Entwicklungsrichtung vorgezeichnet hat und wir in den mannigfachen Formgestaltungen, chemischen und physikalischen Umwandlungen derselben nichts anderes als Anpassungen an die Bedürfnisse des Menschen erblicken, so haben auch intelligentere Thiere besondere Pflanzenarten als Futterpflanzen cultivirt und durch Jahrtausend lange Zuchtwahl besondere Formen der Anpassung geschaffen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die sogen. ackerbautreibenden Ameisen auf den Savannen von Mexico und Texas (*Pogomyrmex barbatus*), die die Vegetation um ihre Nester herum, mit Ausnahme des Ameisenreises, *Aristida oligantha*, ausjäten, dieses Gras sogar aussäen sollen und die Samen einernten, um sie theils zur Nahrung, theils zu neuer Aussaat zu verwenden, durch fortgesetzte Zuchtwahl besondere Eigenthümlichkeiten dieses Getreides geschaffen haben oder schaffen werden, die ihren Bedürfnissen entsprechen. Sicher begründete Abänderungen haben aber gewisse Pilzspecies erfahren, die von pilzfressenden und pilzzüchtenden Ameisen in den Tropen in aller Form als Nahrungsmittel cultivirt werden, in den sogen. „Pilzgärten“ der Blattschneideameisen (*Atta*) und der ihnen morphologisch nahe stehenden (mit ihnen zu der Familie Attini der Myrmiciden gehörigen) Haarameisen (*Apterostigma*) und Höckerameisen (*Cyphomyrmex*).

Schon Thomas Belt und Fritz Müller betrachteten die Blattschneideameisen als Pilzfresser und kamen zu dem Schlusse, dass sie die von ihnen eingetragenen Blattstücke etc. (vgl. auch den Abschnitt über Schimper's Untersuchungen über Myrmicophilie) als Substrat für ihre Pilzculturen benutzen; eine eingehendere Untersuchung der obwaltenden Verhältnisse verdanken wir jedoch erst Alfred Möller, der in seinem Buche „Die Pilzgärten süd-amerikanischer Ameisen (Jena 1893) die diesbezüglichen Verhältnisse nach allen Richtungen völlig klargelegt hat.

Nach den Untersuchungen Möller's wird von den sämtlichen von ihm in Brasilien beobachteten Schleppameisen (*Atta*) ein und derselbe Pilz gezüchtet und als ausschliessliche Nahrung verwendet, die Agaricinee *Rozites gongylo-*

phora, deren Fruchtkörper jedoch unter normalen Verhältnissen in den Nestern, den „Pilzgärten“, der Ameisen eben so wenig zur Entwicklung gelangt, wie die zu demselben gehörigen Conidienformen. Unter der die Entwicklung des Pilzes einschränkenden Thätigkeit der kleinen Arbeiter dieser Ameisen, die sowohl alle fremdartigen Pilzarten ausjäten, als auch eine Conidienbildung durch das Mycel hintanhaltend, kommen vielmehr nur eigenartige Bildungsabweichungen in den Pilzgärten zu regelmässiger üppiger Ausbildung, die Möller als „Kohlrabibildungen“ passend bezeichnet hat.

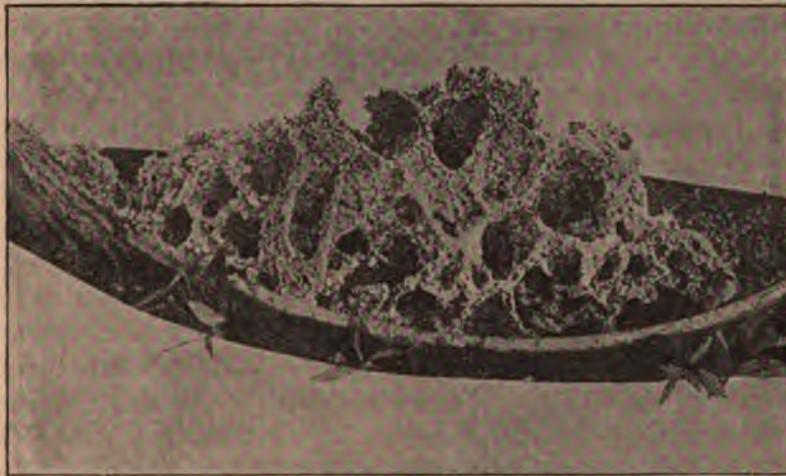


Fig. 16.

Pilzgarten der Blattschneideameisen, von *Atta*, in der Gefangenschaft innerhalb dreier Tage erbaut (aus den Blattstücken von *Cuphea* etc.). Natürliche Grösse. Nach A. Möller, Die Pilzgärten einiger südamerikanischer Ameisen (Jena 1893).

Die häufigsten Blattschneide- oder Schleppameisen bei Blumenau, wo Möller seine hauptsächlichsten Untersuchungen in Brasilien anstellte, *Atta* (*Acromyrmex*) *discigera*, die sich überall in Gärten und an Wegen findet, und *Atta* (*Acromyrmex*) *hystrix*, die den Wald und die angrenzenden Pflanzungen aufsucht. Seltener findet sich sind *Atta* (*Acromyrmex*) *coronata* und eine vierte Art, die Möller vorläufig als *Atta* IV bezeichnet, und welche im Walde nur in verhältnissmässig kleinen Gesellschaften auftritt, richtet kaum erheblichen Schaden an. Die Zahl der Pflanzenarten, deren Blätter zerschnitten und als Substrat für die Pilzcultur in die Nester getragen werden, ist nach Möller's Beobachtung eine sehr grosse,

doch schien es diesem Forscher, dass sie meist zum Nährboden des Pilzes eine gewisse Abwechslung wünschen, „dass sie von dieser Pflanze einige Blätter holen, dann von der nächsten und wieder einer anderen, ohne eine einzige ganz kahl zu schneiden, dass sie weite Wege zurücklegen, um von einem bestimmten Baum Blätter zu holen, und auf ihrem Wege rechts und links Pflanzen unberührt lassen, die zu anderen Zeiten zerschnitten werden.“ Die Zerstörungen sind in Brasilien zwar bedeutend, aber nicht so gross, wie nach Belt im Norden Südamerikas, in Nicaragua. Ausser Blättern werden Stückchen aus dem Fruchtfleisch der Goyaba, reife Bananen, die inneren Theile hingeworfener Orangeschalen, Melastomaceen- und Myrtaceenfrüchte, Staubgefässe, Zucker, Mehl (besonders das Mandiocamehl, die Farinha), ganze Maiskörner, Maischrot, Bohnen, Stücke verrotteten Kuhmistes weggeschleppt und als Düngemittel für die Pilzzucht verwendet. Bei dem Herbeischaffen dieser Substrate für den Pilz haben die Ameisen oft mehr als eine halbe (englische) Meile Wegs zurückzulegen, es werden besondere Hauptstrassen gebildet, die bei den von Belt in Nicaragua beobachteten Arten 7—8 Zoll Breite haben. „Nahe bei den Ameisenhügeln sieht man, wie von allen Seiten der Windrose Ameisenwege dorthin führen, alle gedrängt voll von eifrigen Arbeitern, die ihre Blätterlast tragen. Soweit das Auge ihre zarten Formen unterscheiden kann, bewegen sich Blätterhaufen über Haufen nach dem Mittelpunkt hin und verschwinden in den zahlreichen Schachten. Die herauskommende, unbeladene Schaar ist zum Theil verborgen zwischen den grossen Lasten der herankommenden und kann nur unterschieden werden, wenn man ganz nahe zusieht. Die rastlos sich abmühenden Schaaren machen durch ihre Kraft einen gewaltigen Eindruck, und man fragt sich, welche Wälder können solchen Eindringlingen Stand halten? Wie ist es möglich, dass die Vegetation nicht vom Erdboden weggefressen wird? Sicherlich konnte solcher Zerstörung nur die Tropennatur mit ihrem ungeheuren und ununterbrochenen Wiedererzeugungsvermögen Stand halten.“ Wie schon erwähnt, sind um Blumenau die Verheerungen nicht so ausserordentliche, wie sie Belt in Nicaragua beobachtet, dem entsprechend erscheinen die von Möller beobachteten Attaarten nur im Gänsemarsch mit ihrer Last, die Strassen haben etwa nur 1,5 cm Breite und 1,5 cm Höhe und geringere Länge (etwa 100 m).

Ausser den Schleppameisen finden sich die Wegeverbesserer, welche zu Seiten des Weges auf und ab patrouilliren,

nicht Blätter tragen (zuweilen sich aber mit den Blättern durch die Schlepper forttragen lassen), aber jedes Hinderniss, das die Strasse ungangbar macht, binnen kurzer Frist beseitigen. Wird die Strasse so stark verchüttet, dass die Schlepper nicht mehr



Fig. 17.

Kohlrabihäufchen (Culturform des Pilzes) aus den Pilzgärten: *A* der Schleppameisen, *Atta*, *B* der Haarameisen, *Apterostegma Wasmanni*. Nach A. Möller, l. c.

durchzukommen vermögen, so dauert es nicht lange, bis die Wegeverbesserer dieselbe wieder völlig gangbar gemacht haben.

Nur bisweilen fand Möller die Nester von *Atta hystrix* und *discigera* frei auf dem Waldboden aufgebaut in Gestalt eines aus welken Laub- und Zweigstücken zusammengesetzten, von Ranken etc.

durchsetzten, abgestumpft kegelförmigen Haufens. Meist dienen beliebige Hohlräume der verschiedensten Art zur Anlage der Nester, die nur da, wo sich keine natürliche Deckung findet, wie in morschen Baumstämmen, unter Steinen u. dgl., mit welchen, zerschnittenen Blättern und Zweigen überdacht werden. Im Inneren aber findet man stets bei allen Attaarten eine lockere weiche, grauflockige Masse, die nach Art eines grobporigen Badeschwammes von grösseren und kleineren Höhlungen durchsetzt ist, in denen Eier, Larven, Puppen und Ameisen sich befinden. Diese Masse, die Belt und Cook (bei *Atta fervens*, *Atta septentrionalis*) als „ant-food“ und „mushroom-garden“ bezeichnen, bildet Möller's „Pilzgarten“.

Die Pilzgärten lassen in der Regel einen Theil von mehr gelbröthlicher und einen solchen von blauschwärzlicher Farbe erkennen, die aber beide nicht scharf von einander abgegrenzt sind. Der blauschwärzliche Theil ist der jüngste, zuletzt angebaute. Die lockere Masse setzt sich aus zahllosen weichen Klümpchen von bis $\frac{1}{2}$ mm Durchmesser zusammen, die erst dunkelgrün, dann schwarz, zuletzt gelbbraunlich aussehen und durch Pilzfäden zusammengehalten werden. An allen Theilen der Oberfläche finden sich regelmässig in diesen Pilzgärten weisse rundliche Körperchen von $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$ mm Durchmesser, die unter der Lupe wie Wassertröpfchen erscheinen, die ausschliessliche Nahrung der Attaarten, Möller's „Kohlrabihäufchen“. Bei mikroskopischer Untersuchung erkennt man in den formlosen dunkelgrünen bis gelbbraunlichen Klümpchen Epidermisreste, Haargebilde, Chlorophyll- und Stärkekörner etc., die Trümmer der eingetragenen Blätter, die aber derartig zerkleinert sind, dass fast keine Zelle unverletzt geblieben ist. Die Pilzfäden, welche diese Klümpchen durchziehen, sind stets dieselben, von 5—6 μ bis 8 μ Dicke, reich an Vacuolen in dichtkörnigem Plasma, spärlich septirt und oft anastomosirend. Die zu kugeligen Keulen anschwellenden Seitenverzweigungen dieses Mycels (von 10—24 μ) bilden, in grosser Menge zu Häufchen vereinigt, die Kohlrabihäufchen, die aber immer nur an der Oberfläche des Nährbodens auftreten. Durch Fütterungsversuche hat Möller nachgewiesen, dass die Attaarten nur diese Kohlrabihäufchen (die bei allen Attaarten die gleichen waren) als Nahrung verwenden, von den eingetragenen Blättern etc. nichts geniessen, dass sie auch nur die Kohlrabihäufchen ihres eigenen Pilzes (*Rozites gongylophora*) fressen, die Kohlrabihäufchen aus den Pilzgärten

der Haar- und Höckerameisen dagegen auch im ausgehungerten Zustande nicht anrühren, so wenig als andere beliebige Schimmelconidienköpfe. Die Kohlrabiköpfe (auch



Fig. 18.

Fruchtformen der Pilze der Ameisengärten (Agaricineen), welche erst nach Entfernung der Ameisen in den Pilzgärten auftreten, vorher nicht zur Entwicklung gelassen werden. — *A* Junger Hutpilz (*Rozites gongylophora*), aus einem verlassenem Attanest hervorgewachsen; im Durchschnitt. — *B* Basidien desselben, unten mit einer reifen Spore. — *C, D* Nebenfruchtformen des Pilzes der Schlepperameisen (*Atta*). — *E* Nebenfruchtform des Pilzes der Haarameisen (*Apterostigma*).

die Huttheile) des *Rozites gongylophora* fressen die gefangenen Ameisen so zu sagen aus der Hand. Bei einem Umzug nehmen die Ameisen ihren Pilzgarten bis aufs kleinste Stäubchen mit.

Die Anlage der Pilzgärten konnte Möller bei den Attaarten, die er in der Gefangenschaft hielt, beobachten. Wir folgen seiner Beschreibung. „Ich nahm eine nicht zu weite Krystallisirschale (etwa 12 cm Durchmesser), füllte sie zur Hälfte mit feuchtem Sand und höhnte dann in der Mitte von vornherein eine Vertiefung aus, während ich rings herum den Sand als Schutzwand bis nahe zum oberen Rand reichen liess. Die Schale wurde mit einem blank geputzten Glasdeckel bedeckt. Dann that ich so viel Pilzgarten mit zugehörigen Ameisen hinein, dass, wenn derselbe ordnungsmässig aufgebaut war, die obersten Theile vom Deckglase sich in einer Entfernung befinden mussten, welche ihre genaue Beobachtung durch eine auf das Deckglas gestellte Lupe gerade ermöglichte. Die zum Schneiden bestimmten Blätter legte ich an den Rand, so dass der innere Raum nicht verdeckt wurde. Wenn dann die Schale dunkel gehalten wurde, so begannen die Ameisen zunächst, wie immer, mit dem regelrechten Aufbau des Pilzgartens und liessen sich später bisweilen herbei, den Bau weiter zu führen. Ich kann keine bestimmten Angaben darüber machen, unter welchen Bedingungen die Ameisen in der Gefangenschaft zum Gartenbau zu bringen sind. Nur das eine ist sicher, dass es nicht geschieht, wenn im Verhältniss zur Ausdehnung des verfügbaren Gartens zu viel Ameisen vorhanden sind. In diesem Falle wird der Pilzgarten recht schnell aufgezehrt.“

„Die Art der Behandlung der Blattstücke ist bei allen beobachteten Attaarten dieselbe. Die Ameise schneidet zunächst das eingetragene Blattstück mitten durch und beschäftigt sich weiterhin nur mit der einen Hälfte, von der sie abermals ein Stück abschneidet u. s. f. Hat das Blattstück, welches sie übrig behält, genügende Kleinheit erreicht, so dass sie es nun zwischen den Vorderfüssen mit Zuhilfenahme der Kinnbacken drehen und wenden kann, so befühlte sie es von allen Seiten und dreht es in allen Richtungen. Danach schneidet sie ein noch kleineres Stück ab und fährt so fort, bis das Stück, welches sie übrig behält, wenig grösser als ihr Kopf ist. Die abgefallenen Schnittstücke werden von anderen Arbeiterinnen aufgenommen und in gleicher Weise behandelt. Jetzt nimmt die Ameise das kleine Schnittstückchen zwischen die Vorderfüsse, so dass es die scharfe Kante dem Munde

zuwendet, und beginnt dasselbe mit den Kinnbacken ringsum in kürzesten Abständen einzukneifen, jedoch schneidet sie hierbei niemals durch. Das so bearbeitete Stückchen zeigt ringsum am Rande unter einer guten Lupe feine, radial gerichtete Riefen. Auch von der Fläche wird dann das Blattstückchen mit den Spitzen der Kinnbacken angekratzt, gleichsam wund gemacht, und bei dieser Behandlung wird es bald weich. Die Ameise knetet es nun mit den Füßen zusammen und fasst wiederum mit den Kinnbacken in das nun entstandene Kügelchen hinein, um es gründlich zu durchkneten. Immer von Neuem öffnen sich die Kinnbacken, die Füße geben dem Kügelchen einen neuen Druck und eine neue Stellung und wieder wird es geknetet. Diese Bearbeitung wird mit grossem Bedacht und vieler Sorgfalt ausgeführt, und ich fand zu verschiedenen Malen, dass die betreffende Ameise eine Viertelstunde Zeit auf die Herstellung eines solchen Kügelchens verwendet. Ist dasselbe endlich zu einem ganz weichen Klümpchen verarbeitet, so nimmt es die Arbeiterin zwischen die Kinnbacken und sucht an der jeweiligen Baustelle noch einem geeigneten Platz zur Einfügung. In einem Falle sah ich sie, als sie einen solchen gefunden hatte, das Klümpchen mit einem Ruck des Kopfes und gleichzeitigem Loslassen der Kinnbacken förmlich einhauen und dann noch mit den Vorderfüßen sorgfältig andrücken; in einem anderen Falle legte sie ihr Werkstück auf die Lücke eines eben angelegten neuen Ringwalles, in welche es hinein sollte, fasste dann mit den Füßen zu und schüttelte und drückte es in die Lücke nicht anders, wie der Maurer den letzten Ziegelstein in eine eben aufgelegte neue Schicht eindrückt. Bei all dieser Arbeit sind, ebenso wie beim Essen, die Fühler fortwährend in Thätigkeit und tasten an den Blattstückchen umher. — Die Leichtigkeit, mit welcher die Pilzfäden des Gartens in den so sorgsam vorbereiteten Nährboden eindringen, ist bemerkenswerth. Blattstückchen, welche am Morgen eingebaut waren, fanden sich schon am Nachmittag nach allen Richtungen von dem Mycelium durchwachsen.“

„Ein einziges Mal, und zwar bei der Atta IV, beobachtete ich das Bauen des Pilzgartens ganz frei auf einem blanken Teller. Ich hatte den Inhalt eines Nestes auf einen Blechteller geschüttet, welcher ringsum durch eine etwa 2 cm breite, 1 cm tiefe, mit Wasser und ein wenig Petroleum gefüllte Rinne abgeschlossen war. Auf dem Teller lag etwas Erde und Laub, und ich erwartete, die Ameisen würden, wie gewöhnlich, im Schutze derselben ihren Pilz-

garten zusammentragen und aufbauen. Anstatt dessen fand ich sie am folgenden Morgen auf dem freien Raum des Tellers beschäftigt. Sie hatten die Trümmer ihres Gartens schön aufgebaut und bereits angefangen, von den Rosenblättern, die ich ihnen gegeben hatte, zu schneiden und den Garten zu vergrössern. Drei Tage und Nächte hindurch blieben sie hier in eifrigster Thätigkeit, und nie konnte ich die Arbeit deutlicher beobachten“ (vgl. Fig. 16, S. 407).

In den beobachteten Fällen waren die Arbeiterinnen der mittleren Grössenklasse die Baumeister. Den kleinsten Arbeiterinnen scheint das Geschäft der Brutpflege und des Jätens des Gartens zuzufallen. Die mit ausgeglühten Nadeln den Ameisennestern zu den verschiedensten Zeiten entnommenen Kohlrabihäufchen ergeben stets völlige Reinculturen der *Rozites gongylophora* (bei ca. 200 angesetzten Culturen), nie kommen Bakteriencolonieen oder fremde Schimmelmycelien zur Entwicklung, obwohl mit den über weite Bodenstrecken verschleppten Blättern fortwährend eine grosse Zahl von Sporen und Pilzfäden aller Art in den Pilzgarten gelangen und in diesem die günstigsten Bedingungen für deren Weiterentwicklung gegeben sind. Entfernt man aus einem Pilzgarten sämtliche Ameisen, so schiessen aus den Pilzelementen desselben, die sonst über die myceliale Entwicklung und Erzeugung von Kohlrabi nicht hinausgehen, üppige Mycelfäden hervor, welche die Kohlrabibildung bald einhüllen und neue Fruchtformen (zweierlei Conidienträger und Chlamydosporien bzw. die sogen. Perlenfäden) bilden. Möller hat indessen auch hier durch Experimente erwiesen, dass die Anwesenheit einer geringen Zahl von Ameisen genügt, um dieses Inskrautschiessen der Pilzgärten zu verhindern. Ohne Zweifel beißen dieselben die aufschliessenden Luftfäden ab und hindern das Auftreten der starken und der schwachen Conidienträger. Die Mycelien des Pilzes zeigen auch in künstlichen Nährböden eine starke Neigung zur Bildung von Aussackungen und Anschwellungen (Strangbildungen), die in verschiedenen Abänderungen vorkommen. Eine solche (nicht eine Sporenbildung) ist in den Kohlrabihäufchen gegeben, die unter dem Einflusse der Züchtung und Auswahl Seitens der Ameisen ihre gegenwärtige Gestalt erreicht haben dürften.

Der Hauptfruchtkörper des Pilzes der Schleppameisen, *Rozites gongylophora*, gelangt nur sehr selten zur Entwicklung und entspringt dann direct den Pilzgärten der Ameisen. Er steht

unserer *Pholiota caperata*, dem Runzel- oder Schulmeisterpilz, nahe, besitzt einen dickfleischigen, schirmförmig gewölbten schuppigen Hut von ca. 16 cm Durchmesser, der gleich dem Stiel schön weinroth gefärbt ist. Die Schuppen am Hutrand sind hellweinroth, die der Hutmitte schwarzpurpurn. Der Stielring und der untere Theil des Stieles sind gleichfalls mit weinrothen Schuppen besetzt, oberhalb des Ringes aber ist der Stiel weiss. Der Stiel ist hohl, am Grunde knollig verdickt, bis 24 cm lang, 2—4 cm dick, am Grund mit den Fetzen der allgemeinen Hülle versehen. Die Farbe der ovalen 8 μ langen Sporen ist hellockerfarben. Die Hüte entspringen einem braunen krustenartigen Stroma, welches dem Pilzgarten unmittelbar aufliegt. Weder diese Fruchtkörper noch die dem Pilz zugehörigen, in den der Ameisen beraubten Pilzgärten und in künstlichen Reinculturen auftretenden Nebenfruchtformen sind sonst jemals um Blumenau beobachtet worden, so dass der Pilz heutzutage nur als Culturpflanze der Ameisen vorzukommen scheint. Aus den Basidiosporen wie aus den Hut-hyphen des *Rozites* wurden in künstlicher Cultur Kohlrabihäufchen gezüchtet, die sich morphologisch wie auch durch Fütterungsversuche als identisch mit denen der Pilzgärten erwiesen. Sowohl *Atta coronata* wie *A. hystrix* und *A. discigera* frassen wiederholt die künstlich gezüchteten Kohlrabibildungen anstandslos von der Platinnadel, mit der sie ihnen vorgehalten wurden, ebenso auch Theile des Hut- und Stiel fleisches des *Rozites*.

Die Pilzgärten der Haarameisen. Gleiche Pilzgärten wie die Schleppameisen legen die Haar- und Höckerameisen an, sie sind jedoch keine Blattschneider, sondern nur Pilzzüchter und Pilzesser, und die Pilze, aus deren Kohlrabibildungen die Gärten angelegt werden, sind zwei specifisch von *Rozites gongylophora* verschiedene, deren Hauptfruchtformen zwar bisher noch nicht aufgefunden werden konnten, aber nach den Schnallenbildungen des Mycels und den Nebenfruchtformen gleichfalls zu den Hymenomyceten gehören dürften.

Die Haarameisen sind Arten der Gattung *Apterostigma*, welche durch stark wollige Behaarung von den Schleppameisen unterschieden sind (von den Schleppameisen besitzen nur die Larven zweiarmlige Ankerhaare zur Verankerung in den Pilzhäufchen) und bei Erschütterung oder plötzlicher Beleuchtung wie auf Commando in Katalepsie verfallen, worauf sie oft mehrere Minuten lang in gekrümmter Stellung regungslos verharren. Auf den Hügeln um

Blumenau fand Möller 4 verschiedene Arten: *Apterostigma pilosum*, *Apterostigma Moelleri*, *Apterostigma Wasmanni* und eine morphologisch zwischen *pilosum* und *Moelleri* stehende Art, die er vorläufig als *Apterostigma IV* bezeichnete. Vom August 1891 bis September 1892 untersuchte Möller einige 60 Nester dieser Thiere genauer, die ausnahmslos Pilzgärten enthielten. *Apterostigma Wasmanni* baut die grössten Nester frei in kleine Hohlräume. Sie bestehen aus dünnwandigen durchbrochenen Kammern. Auch sie bauten in Monate langer Gefangenschaft unter Möller's Augen die Gärten aus den Bruchstücken aufs schönste wieder auf. Die kleinen pilzdurchwucherten Partikelchen bestehen aber nicht aus Blattresten, sondern im Wesentlichen aus Holzfasern, dem Holzmehl der vermoderten und von Käferlarven etc. durchwucherten Stämme. Holzmehl, Raupenkoth, Farinha, das ihnen dargeboten wurde, trugen sie sofort dem Pilzgarten zu, wo diese Stoffe alsbald von dem Culturpilz durchwuchert wurden. Auch die Höckerameisen nahmen sofort gierig Farinha und erkannten sofort in diesem stärkemehlhaltigen Körper, den sie weder selbst noch ihre Vorfahren zuvor jemals gesehen hatten, einen geeigneten Culturboden für ihren Culturpilz. Obwohl alle *Apterostigma*-arten denselben Pilz cultiviren, ist doch die *A. Wasmanni* in dessen Cultur weiter fortgeschritten als deren Verwandte. Nur in ihren Nestern finden sich echte Kohlrabihäufchen, weisse Flöckchen, ganz von der Form derer in den Schleppergärten, jedoch zeigen die Fäden bei mikroskopischer Prüfung ein keulenförmig angeschwollenes Ende. Diese Kohlrabihyphen finden sich auch nie vereinzelt, wie dies bei den Nestern der anderen *Apterostigma*-arten der Fall ist. Bei diesen finden sich nur reichliche Wucherungen des schnallentragenden Mycel und vereinzelt, ganz regellos auftretende Fäden, welche mit einer Anschwellung enden. Die Arbeiter des *A. pilosum* sind reichlich 1 mm länger als die aller anderen Arten, gelbbraun (die der anderen Arten rothbraun), und am wolligsten behaart. Bei den Arten *A. Moelleri* und *Apt. IV* dauert die Katalapsie viel kürzere Zeit an. Alle 3 Arten legen hängende Gärten an in geringer Grösse (3—4 cm), in denen die ein wirres Labyrinth bildenden Hyphen besonders bemerkenswerth sind. Man findet diese Ameisen nie in grösseren Zügen ausserhalb des Nestes, sondern nur von deren nächster Umgegend aus Nährstoffe nach den Gärten hintragen. Sie tragen die Lasten auch nicht, wie die Schlepper, über dem Kopf, sondern unter dem Kopf

oder zwischen den Vorderbeinen. Alle Arbeiterinnen der Haarameisen sind von gleicher Grösse; es giebt keine den kleinen und grossen Formen der Schleppameisen ähnliche Art der Arbeitstheilung. Auch der Culturpilz der Haarameisen beginnt bereits nach einem Tag „ins Kraut zu schiessen“, d. h. die ganzen Nester werden mit einem feinen Flaum ausstrahlender schnallentragender Hyphen bedeckt, wenn man die Pilzgärten von ihren Bewohnern säubert — ein Beweis für die gärtnerische Thätigkeit der Ameisen in ihrem Nest. Dieselbe wird durch folgenden Versuch Möller's erläutert: „Ein Pilzgarten von *Apterostigma Wasmanni* war in der Gefangenschaft von seinen Bewohnern wieder aufgebaut und weiterhin bedeutend vergrössert worden. Ich hatte denselben in der betreffenden Krystallisirschale schon länger als einen Monat unter meinen Augen. Während dieser ganzen Zeit war nirgends jemals eine verstärkte Bildung von freiem Luftmycel aufgetreten, auch war im ganzen Raum der Schale, welcher stets etwas feucht gehalten wurde, nicht die geringste Spur eines anderen Fadenpilzes jemals aufgetreten. Ich nahm nun einen kleinen Bruchtheil dieses Gartens weg, entfernte die ansitzenden Ameisen und legte die Probe aus (auf Objectträger, die auf Blechleitern in einer in Wasser tauchenden Glocke gehalten wurden). Schon nach 24 Stunden war der Filz von Luftmycel neu gebildet. Was anders kann sein Erscheinen während der vorhergehenden vier Wochen verhindert haben, wenn nicht die beissenden Kinnbacken unserer Ameisen es thaten?“ Auch der Pilz der Haarameisen bildete dann eine Conidienfructification, welche trotz scharf bestimmter Unterschiede mit der des *Rozites* der Schlepper unverkennbare Aehnlichkeit hat. Sie wurde in gleicher Weise aus den ausgelesenen Pilzgärten von 28 verschiedenen Nestern erhalten, unter denen solche von allen vier *Apterostigma*-maarten vertreten waren.

Wie die Anschwellungen der Hyphen des Schlepper-*Rozites* trotz ihrer ungleichen Grösse doch den runden Kohlrabibildungen derselben entsprechen, so treten an den cultivirten Mycelien des Pilzes der Haarameisen länglich keulenförmige Anschwellungen auf, welche zu den länglich keulenförmigen Kohlrabis in der gleichen Beziehung stehen.

Die Pilzgärten der Höckerameisen, von denen um Blumenau die beiden Arten *Cyphomyrmex auritus* und *C. strigatus* beobachtet worden sind, werden an denselben Orten angelegt wie die Nestchen der Haarameisen, denen sie auch auf

den ersten Blick sehr gleichen. Die Höckerameisen sind kleiner als alle Apterostigmaarten und haarlos. *C. auritus* trägt auffällig lange Fortsätze an den Hinterecken des Kopfes und ist 3,8 mm lang, während *C. strigatus* nur 2,5 mm Länge hat. Ihre Arbeiterinnen haben, wie die der Haarameisen, alle die gleiche Grösse, sie verfallen auch wie die letzteren, wenn sie plötzlich gestört oder erschreckt werden, in Katalepsie, verharren aber nur wenige Secunden in der Starre, nicht so lange wie die Haarameisen. Die Nestchen von *C. strigatus* messen kaum und die von *C. auritus* nur selten mehr als 8 cm, sie werden gleichfalls in natürlichen Hohlräumen angelegt, die nach Bedürfniss von ihnen vergrössert werden. Auch in der Gefangenschaft bauen sie in den Sand unterirdische Gänge. Die Nester enthalten ausnahmslos Pilzgärten, die aber niemals hängend und nie von einer aus Pilzfäden gebildeten Hülle umschlossen sind. *C. strigatus* wiederholt im Uebrigen im kleinen Massstab den weiteren regelmässigen wabenartigen Aufbau der Apterostigma Wasmanni, während bei *C. auritus* wie bei den übrigen Apterostigmaarten der Aufbau unregelmässiger ist, mehr ein wirres Haufwerk der kleinen, lose zusammengefügt Klümpchen des Nährsubstrates, die von Pilzfäden umspinnen sind, darstellt. Die Materialien für den Pilzgarten sind die gleichen wie für die Haarameisen. In Gefangenschaft bauen sie Monate lang aus Farinha, Raupenkoth etc. ihre Pilzgärten. Die Pilzfäden derselben sind jedoch schnallenlos und hierdurch leicht von denen der Haarameisen, wie durch ihre geringe Dicke (3 μ) von denen der Schleppameisen (8–10 μ) leicht zu unterscheiden. Die Kohlrabihäufchen, die als weisse Mycelflöckchen zahlreich in den Pilzgärten von *Cyphomyrmex* auftreten und den Ameisen zur Nahrung dienen, entstehen an diesen Mycelen. Sie sind bei *Cyphomyrmex auritus* von unregelmässiger Gestalt, bald dicht, bald locker zusammengesetzt, bald rundlich, bald länglich, bei *C. strigatus* dagegen immer von gleicher Grösse und rundlicher Gestalt.

Die vier Attaarten züchteten ein und denselben Pilz und die Kohlrabihäufchen waren in den Pilzgärten aller beobachteten Arten stets ununterscheidbar. Auch die vier Apterostigmaarten leben von demselben, aber von dem der Attaarten durchaus verschiedenen Pilze, jedoch züchtet *Apterostigma Wasmanni* von diesem Pilz Kohlrabihäufchen, die als Futterkörper eine grössere Vollkommenheit haben als die der anderen Haarameisen. Wieder ein anderer Culturpilz liefert den *Cyphomyrmex*arten die Nahrung und wiederum

haben beide ein und denselben Pilz, aber *C. strigatus* ist analog der *Apterostigma Wasmanni* in der Kunst der Kohlrabizucht weiter fortgeschritten als *C. auritus*. Die Kohlrabibildungen der ersteren stellen nur annähernd gleich dick angeschwollene Fadenzellen dar, die sich aber nur an bestimmten Stellen der Wände des Gartens in grosser Zahl zusammengedrängt finden, bei *C. auritus* sind die Fadenanschwellungen dagegen unregelmässig, nicht nach der Spitze der Fäden gerückt, mit anderen Fäden gemischt und die Kohlrabihäufchen bilden bald grössere, bald kleinere Flöckchen ohne bestimmte Form.

Es verdient besonders hervorgehoben zu werden, dass nach den bisherigen Untersuchungen drei verschiedene Pilzspecies, *Rozites gongylophora*, der *Apterostigma*-pilz und der *Cyphomyrmex*-pilz unter der Einwirkung der Ameisen zur Ausbildung besonderer Ameisenfutterkörper, der Kohlrabihäufchen gelangt sind, dass ferner ein und derselbe Pilz unter der Einwirkung verschiedener Ameisen-species verschieden gestaltete Futterkörperchen hervorbringt, ein Beweis, dass diese Gebilde im Wege der künstlichen Zuchtwahl der verschiedenen Pilze von den Ameisen angezchtet worden sind. „Es ist ohne weiteres einleuchtend, dass kurzbleibende, aber angeschwollene Fadenenden den Ameisen, welche sich von dem Pilz ernähren wollen, willkommener sein müssen, als gewöhnliche, dünne, aufstrebende Luftfäden, die letzteren dürfen sie, wie wir aus den Versuchen mit den Schleppameisen erfahren, nicht aufschliessen lassen; denn sie würden ihnen bald über den Kopf wachsen und ein für die Bewohner des Nestes undurchdringliches Gewirre bilden. Kurzbleibende und anschwellende Fadenenden bringen keine derartige Gefahr. Ihr Anwachsen kann ruhig abgewartet werden. Das Mycel, welches den Nährboden durchwuchert, kann die aus dem Innern desselben gezogenen Stoffe in den Kohlrabiköpfen an der Oberfläche vereinigen und so den Ameisen eine reichere Nahrung in geeigneterer Form darbieten. Wenn dennoch dünne, aufschliessende Mycelfäden abgebissen werden müssen, angeschwollene Fadenenden aber bis zu ihrer vollen Ausbildung erhalten bleiben sollen, so ist auch ferner klar, dass die Ameisen dieses Ziel leichter erreichen können, wenn die angeschwollenen Fadenenden, die Kohlrabiköpfe nicht vereinzelt in unregelmässiger Anordnung dem gewöhnlichen Mycel beigemischt erscheinen, sondern wenn sie zu Flöckchen, zu Kohlrabihäufchen vereint auftreten.“ Am vollkommensten sind in dieser Hinsicht die Futterkörper in den

Pilzgärten der Schleppameisen, wo die Nährstoffe des Mycels in kugligen Enden der Fäden dargeboten werden und zu rundlichen Häufchen vereinigt sind, die Fadennatur bereits soweit verschwunden ist, dass die Köpfchen nur selten nachträglich in Fäden auswachsen können. Schon weniger vollkommen sind die Kohlrabihäufchen der Apt. Wasmanni von nicht ganz so bestimmter Form und mit nur keulenförmigen Fruchtkörperchen, die in Nährlösung getaucht ausnahmslos als gewöhnliche Fäden weiter wachsen. Bei *Cyphomyrmex strigatus* ist zwar die Form der Häufchen noch etwas regelmässiger bestimmt als die der letzteren, die Fruchtkörperchen haben dagegen noch keine gleichmässige Form und ihre allerdings schon bestimmten Verdickungen reichen in unbestimmter Ausdehnung von der Spitze zurück bis in die Hyphenverzweigungen. Bei *Cyphom. auritus*, *Apterostigma pilosum*, Apt. Moelleri und Apt. IV haben schliesslich die Anschwellungen weder bestimmtes Vorkommen an den Fäden, noch bestimmte Stärke, doch ist auch hier die Bildung von bestimmten Häufchen schon im Gange.

IV. Abschnitt.

Blüthenbiologie.

Kapitel XVIII.

§ 135. Der grosse Umfang dieses am meisten ausgebauten Theiles der Biologie fordert in dem Rahmen unseres Buches eine etwas abweichende Behandlung. Wir haben uns bemüht, nach dem einleitenden, auf das engste Mass beschränkten Theil, an ausgewählten Beispielen der natürlichen Pflanzenfamilien die verschiedensten Anpassungen in eingehender Weise vor Augen zu führen. Wem ein besonderes Studium dieses wichtigen Theiles am Herzen liegt, dem empfehlen wir aus der reichen Literatur besonders die folgenden grösseren Werke und Abhandlungen:

- Christian Konrad Sprengel, Das entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen 1793.
Neu herausgegeben von P. Knuth, Leipzig 1894.
- Federico Delpino's grössere und kleinere Abhandlungen, vgl. Literaturverzeichniss von D'Arcy Thomson und Mac Leod. Ebenda die Abhandlungen von
- Friedrich Hildebrand, Severin Axell u. A.
- Ch. Darwin's gesammelte Werke. Autor. deutsche Ausgabe Stuttgart, besonders IX. Bd., II. Abth. (Befr. d. Orchideen), III. Abth. (Die verschiedenen Blüthen der nämlichen Art), X. Bd. (Wirkungen der Kreuz- und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich).
- Hermann Müller, Die Befruchtung der Blumen durch Insecten und die gegenseitige Anpassung beider, Leipzig 1873.
— Englische Ausgabe mit Nachträgen von H. Müller und Einleitung von Ch. Darwin, übersetzt von D'Arcy W. Thomson, London, Macmillan u. Co. 1883. Als An-

hang findet sich in dieser Ausgabe ein eingehendes Literaturverzeichniss von D'Arcy W. Thomson. Fortsetzung und Ergänzung des letzteren gab J. Mac Leod im Botanisch Jaarboek der Dodonaea zu Gent, II. Jahrg. 1890, p. 195—254. (Beide Literaturverzeichnisse sind auch separat erschienen.)

H. Müller, Alpenblumen, ihre Befr. durch Insecten und ihre Anpassungen an dieselben, Leipzig 1881. — Die Wechselbeziehungen zwischen den Blumen und den ihre Kreuzung vermittelnden Insecten in Schenk's Handbuch d. Bot., I. Bd., S. 1—112, 1881. — Die Insecten als unbewusste Blumenzüchter, Kosmos III, 1878, p. 314—337, 403 bis 426, 476—499. — Die Entwicklung der Blumenthätigkeit der Insecten, Kosmos V, 1881, p. 204—215, 258 bis 272, 351—370, 415—432. — Versuche über die Farbenliebhaberei der Honigbiene, Kosmos VI, 1882, p. 273 bis 299. — Die Stellung der Honigbiene in der Blumenwelt. Deutsche Bienenzeitung, Nördlingen 1882, Nr. 2, 10, 13. — Biolog. Bedeutung der Blumenfarben, Kosmos VI, 1882, p. 117—137.

Errera et Gevaert, Sur la structure et les modes de fécondation des fleurs, Gand 1878.

Ueber die Bestäubungsverhältnisse und den Blumenbesuch in ausserdeutschen Ländern vgl. in dem Literaturverzeichniss die Arbeiten von Aurivillius und Eug. Warming (arktische Länder), Mac Leod (Pyrenäen, Belgien, Flandern etc.), Robertson (Amerika) etc., Blumenbesuch der Freilandpflanzen des Bot. Gartens zu Berlin, E. Löw*), weitere Beob. einheimischer Pflanzen, O. Kirchner, A. Schulz etc.

Anpassungen der sexuellen Fortpflanzung, Selbstbefruchtung und Fremdbefruchtung.

§ 136. Wie im Thierreich, so ist im Pflanzenreich die geschlechtliche Fortpflanzung die Regel, und zwar gehen bei Thier wie Pflanze die Nachkommen meist aus der Vereinigung der Sexualkerne getrennter Individuen hervor. Nur da, wo die Möglichkeit einer solchen Vereinigung durch äussere Verhältnisse erschwert

*) Während des Druckes dieses Buches erschien noch: E. Löw, Blütenbiologische Floristik des mittleren und nördlichen Europa sowie von Grönland.

oder unmöglich wurde, haben Anpassungen an die asexuelle Fortpflanzung oder die sexuelle Vereinigung von Geschlechtskernen ein und desselben Individuums stattgefunden. So sind die Landpilze, die von den mit im Wasser beweglichen Befruchtungszellen begabten Algenpilzen (Phycomyceten) abstammen, in der Anpassung an das Leben im Trockenem völlig asexuell geworden, während bei der Mehrzahl der höheren Pflanzen zunächst Anpassungen an die Vereinigung der Geschlechtsorgane (Pollen und Ei) durch die zur Verfügung stehenden beweglichen Agentien des Trockenem (Wind und Thiere) stattgefunden haben; erst da, wo letztere nicht sicher zur Verfügung stehen, treten Anpassungen an die Befruchtung der weiblichen Kerne durch männliche Kerne ein und desselben Individuums auf. Bei der Mehrzahl der höheren Pflanzen (Blüthpflanzen) finden sich beiderlei Sexualorgane dicht bei einander (in derselben Blüthe), so dass die Möglichkeit der Selbstbefruchtung (innerhalb derselben Blüthe — Autogamie, oder von Blüthe zu Blüthe desselben Stockes — Geitonogamie) erhalten ist oder doch leicht wieder erworben werden kann. Die Regel bildet aber die Kreuzbefruchtung (Xenogamie).

In der Mehrzahl der Fälle ist die Anpassung an die Xenogamie so weit fortgeschritten, dass Nachkommen bei Selbstbefruchtung zwar entstehen, aber, wie Darwin gezeigt hat, im Wettbewerb mit den durch Kreuz- oder Fremdbefruchtung entstandenen Nachkommen bald zu Grunde gehen, da sie schwächer, weniger widerstandsfähig sind und in geringerer Zahl erzeugt werden, wofern sie überhaupt keimfähig sind. In anderen Fällen bleibt Auto- oder Geitonogamie überhaupt erfolglos. (Solche streng xenokarpe, mit eigenen Pollen unfruchtbare, selbststerile oder adynamandische Arten sind z. B. *Apocynum hypericifolium*, *Erodium marodenum*, *Daphne Mezereum* in manchen Gegenden etc.) Seltener sind die Fälle mehr oder weniger völliger Autokarpie, die durch die Befruchtung innerhalb der geschlossen bleibenden Blüthe zu Stande kommt (Kleistogamie).

Verhinderung der Selbstbestäubung, Förderung der Fremdbestäubung.

§ 137. Die Anpassungen, welche Selbstbestäubung verhindern, Fremdbestäubung sichern oder doch befördern sind etwa die folgenden:

1. Polyöcie, Polygamie (Vorkommen der Geschlechter in verschiedenen Blüten). Völlige Trennung der Geschlechter ist im Pflanzenreich verhältnissmässig selten. Es finden sich im Grossen und Ganzen folgende Vorkommnisse:

Diöcie. Männliche und weibliche Blüten sind getrennt auf verschiedenen Individuen (z. B. Salicineen, Cannabis, Urtica dioica, Bryonia dioica, Viscum album).

Triöcie. Männliche Blüten, weibliche und Zwitterblüten auf verschiedenen Stämmen (Fraxinus).

Monöcie (Androgynie). Männliche und weibliche Blüten getrennt auf derselben Pflanze (Myriophyllum, Ceratophyllum, Typhaceen, Carex, Cucurbitaceen, Coniferen, Cupuliferen, Betulaceen etc.).

Häufiger finden sich Uebergänge von bisexuellen (hermaphroditen) Blüten zu monosexuellen. So sind bei Evonymus europaeus, Rhamnus, Ribesarten etc. in den einen Blüten die Staubgefässe, in den anderen die Griffel mehr oder weniger verkümmert (Subdiöcie). Oder es finden sich neben den Zwitterblüten weibliche Blüten, meist auf getrennten Stöcken (Gynodiöcie, meist mit unscheinbaren kleineren weiblichen Stöcken — Gynodimorphismus) oder seltener auf dem gleichen Stock (Gynomonöcie). Noch seltener finden sich neben den Zwitterblüten männliche (Androdiöcie, Andromonöcie). Besonders verbreitet ist der Gynodimorphismus, das Auftreten kleinblüthiger weiblicher Stöcke neben grossblüthigen Zwittern, z. B. bei vielen Labiaten (Thymus, Glechoma etc.), Alsineen (Stellaria graminea, Cerastium arvense) etc.

2. Dichogamie (zeitliche Trennung der Geschlechter).

Die Entwicklung der Staubgefässe und Stempel zu verschiedenen Zeiten ist eines der Hauptmittel zur Verhinderung der Selbstbestäubung bei Zwitterblüten, sowie bei monöcischen Pflanzen. Wir können folgende Fälle unterscheiden:

a) Proterandrie. Die Staubgefässe aller Blüten dehisciren (oft lange) bevor die Griffel entwickelt sind und die Narben empfängnissfähig werden. Sie ist am weitesten im Pflanzenreich verbreitet, so sind z. B. proterandrisch fast alle Umbelliferen, Malvaceen, Geraniaceen, Saxifrageen, Campanulaceen, Dipsaceen, Compositen, Balsamineen, viele Ranunculaceen, Sileneen etc. etc.

b) Proterogynie. Die Narben aller Blüten sind empfängnissfähig bevor die Staubbeutel sich öffnen. Proterogynisch

sind z. B. viele Plantagineen, Helleborus, Juncaceen, Potamogeton, Gramineen, Aristolochiaceen etc. von monöcischen Arten.

- c) Homodichogamie. Vorkommen von homogamen Stöcken neben dichogamen, z. B. bei *Ajuga reptans*.
- d) Heterodichogamie (bisher nur beobachtet bei monöcischen Arten, nach Errera). Vorkommen von zweierlei Stöcken, von denen die einen proterandrisch, die anderen proteragynisch sind, z. B. *Juglans*, *Corylus*.

3. Herkogamie. Durch räumliche Trennung der Staubgefäße und Griffel in derselben Blüthe oder durch besondere Anordnung der männlichen und weiblichen Blüthen monöcischer Arten wird die Bestäubung mit Blüthenstaub derselben Blüthe (desselben Stockes) ausgeschlossen. Bei vielen monöcischen Arten (Coniferen) nehmen die weiblichen Blüthen den oberen Theil der Pflanze ein, während die männlichen in den unteren Regionen gebildet werden. Bei den Pflanzen mit Zwitterblüthen finden sich oft sehr complicirte Vorrichtungen, durch welche trotz gleichzeitiger Entwicklung von Antheren und Narben (Homogamie) Selbstbestäubung verhindert wird (vgl. *Asclepiadeen*, *Apocynen*, *Viola*, *Polygala*, *Orchideen* etc.).

4. Ditopogamie. Blüthenstaub und Narben finden sich in ein und derselben Blüthe an verschiedenen Stellen, es werden aber (auf besonderen Stöcken) ausserdem Blüthen gebildet, bei denen die Narben den Ort der Antheren jener Blüthen einnehmen und umgekehrt, so dass die Insecten den Blüthenstaub aus einer Blüthe nur in einer Blüthe der anderen Form auf die Narbe absetzen können.

- a) Heterodistylie. Vorkommen von zweierlei Stöcken, von denen die einen langgriffelige (makrostyle) Blüthen mit kurzen Staubgefäßen, die anderen kurzgriffelige (brachystyle) Blüthen mit langen Staubgefäßen enthalten. Die Narbe der einen Form steht in derselben Höhe wie die Antheren der anderen. (Weiteres über Heterodistylie vgl. bei den *Primulaceen*.)
- b) Heterotristylie. Die Staubbeutel nehmen zwei verschiedene Höhenkreise in der Blüthe ein. Die Narben stehen entweder über, zwischen oder unter den Antherenkreisen (makrostyle, mesostyle, brachystyle Form). Die dreierlei Blüthen, lang-, kurz- und mittelgriffelige, kommen

auf drei verschiedenen Stöcken vor. Befruchtung findet hier wie bei den Heterodistylen in der Regel nur dann statt, wenn der Pollen auf Narben gleicher Höhe gebracht wird (legitime Anthese). Heterotristyl ist z. B. *Lythrum*, *Salicaria*, *Oxalis Valdiviana* etc. (vgl. bei *Lythrum*).

- c) Enantiostylie. Vorkommen von zweierlei Blüten auf demselben oder auf verschiedenen Stöcken, von denen die einen rechtsgriffelig (dexiostyl), die anderen linksgriffelig (aristerostyl) sind, während die Staubbeutel immer die entgegengesetzte Stelle in der Blüte einnehmen (vgl. *Cas-siaceen*).

5. Autatrygie (Selbststerilität, Adynamandrie), Unfruchtbarkeit mit eigenem Pollen (aus Blüten desselben Stockes oder überhaupt aus Blüten, die ungeschlechtlich von demselben Stock abstammen), ist weit verbreitet. Sie findet sich z. B. bei *Calamus*, *Corydallis cava*, *Eschscholtzia*, *Senecio cruentus*, *Abutilon Darwinii*, *Tabernaemontana echinata*, *Apocynum hypericifolium*, *Aristolochia Clematitis*, *Erodium macrodenum*, Arten von *Lilium*, in manchen Gegenden bei *Daphne Mezereum* (z. B. bei Greiz), während letzterer in anderen Gegenden (geringer Insectenbesuch?) autokarp sein dürfte.

Sicherung der Selbstbefruchtung.

§ 138. Kann es einerseits als oberster Grundsatz der Blütenbiologie gelten, dass zur Weiterentwicklung des Pflanzenreiches (Entstehung neuer Arten, Variabilität? — vgl. das Schlusskapitel) Fremdbefruchtung (Xenogamie) nöthig ist, und laufen die verschiedensten Anpassungen auf diese hinaus, so lässt es sich andererseits bis ins Einzelne deutlich verfolgen, wie unter Verhältnissen, die die Fremdbefruchtung mehr oder weniger ausschliessen, zur Erhaltung der Art Anpassungen zur Sicherung der Selbstbefruchtung zu Stande kommen. Von der Unfruchtbarkeit mit eigenem Pollen (der bei *Oncidium*, *Epidendrum*, *Chamissoa* u. a. wie ein Gift wirkt) lassen sich in deutlicher Abhängigkeit von den äusseren Verhältnissen alle Stufen verfolgen: die Wirksamkeit des Pollens getrennter Blüten desselben Stockes („Geitonokarpie“ — Errera fasst die Bestäubung durch fremden Pollen, „Xenogamie“, und die durch den Pollen anderer Blüten desselben Stockes „Geitonogamie“ unter dem Namen „Allogamie“ und die entsprechenden Befruchtungen „Xenokarpie“ und „Geitonokarpie“ unter dem Namen „Allokarpie“

zusammen) bis zur Wirksamkeit der Belegung der Narbe mit Pollen derselben Blüthe („Autogamie“ — „Autokarpie“). Ebenso sind von der Dichogamie alle Uebergänge zur Homogamie etc. zu verfolgen. Einige der Sonderanpassungen an Autokarpie sollen näher erörtert werden.

Zu ihnen gehört die Kleistogamie, die Bestäubung und Befruchtung („Kleistokarpie“) mit dem eigenen Pollen innerhalb der geschlossen bleibenden Blüthe. Regelmässig treten kleistogame Blüthen z. B. auf bei *Oxalis Acetosella*, *Viola odorata* und anderen Violaarten nach den im ersten Frühling offen (chasmogam) blühenden Blumen, bei denen der frühen Jahreszeit halber der Insectenbesuch mehr oder weniger unsicher ist; bei *Lamium amplexicaule* blühen die ersten Blüthen (wohl in Folge der meist noch ungünstigen Witterung) kleistogam und sind fruchtbar. *Impatiens noli tangere*, *Linaria vulgaris* u. a. blühen an schattigen insectenarmen Stellen im Walde meist kleistogam. Viele ausländische Pflanzen blühen theils wegen der fehlenden Bestäubungsvermittler, theils wegen unzulänglicher klimatischer Verhältnisse bei uns schliesslich nur kleistogam, so *Collomia grandiflora* (s. da), *Salvia clandestina*, *Plantago virginica* etc. Dürftige Standortsverhältnisse, Ungunst der Witterung zur Blüthezeit, Mangel der Bestäubungsvermittler sind als die Ursache der Anpassung an Kleistogamie zu betrachten.

Bei den offenen (chasmogamen) Blüthen kommt selten ausschliessliche Anpassung an Selbstbefruchtung zu Stande, meist bleibt wenigstens die Möglichkeit der Fremdbefruchtung. Die Blüthen sind dann jedoch homogam (mit gleichzeitig entwickelten Geschlechtern versehen) und die Antheren dehisciren an den Narben. Oefter ist neben der streng auf Fremdbefruchtung angewiesenen Form noch eine autogame (und autokarpe) Form zur Entwicklung gekommen. Solche „auto-allogame“ Pflanzen sind z. B. heutzutage *Viola tricolor*, *Erodium*arten, *Euphrasia officinalis* etc.

§ 139. Nach der Art der Vereinigung der Befruchtungskörper unterschied Delpino:

I. Pflanzen mit selbstbeweglichen Befruchtungszellen (Zoo-gamae),

II. Pflanzen, deren Befruchtungskörper durch eine äussere Vermittlung übertragen werden (Diamesogamae), und zwar:

1. durch Vermittlung des Wassers (Hydrophile);
2. durch Vermittlung des Windes (Anemophile);
3. durch Vermittlung kleiner Thiere (Zoidiophile);
 - a) durch Honig saugende und Insecten fangende Vögel (Ornithophile);
 - b) durch Insecten (Entomophile);
 - α) durch (grössere) Bienen (Melittophile), z. B. *Genista tinctoria*;
 - β) durch kleine Bienen und die mannigfachsten anderen Insecten (Mikromelittophile), z. B. *Herminium Monorchis*;
 - γ) durch Dipteren der verschiedensten Kreise (Myiophile), z. B. *Evonymus europaeus*;
 - δ) durch winzige Dipteren (Mikromyiophile), z. B. *Arum maculatum*, *Aristolochia Clematitis*;
 - ε) durch Aas- und Kothfliegen (Sapromyiophile), z. B. *Stapelia*, *Rafflesia*;
 - ζ) durch Käfer (Cantharophile), z. B. *Magnolia*;
 - η) durch Tagfalter, z. B. *Dianthus* (Psychophile);
 - θ) durch Schwärmer (Sphingophile), z. B. *Lonicera Caprifolium*;
 - c) durch Schnecken (Malakophile).

§ 140. Zu den Zoogamen gehören die mit männlichen Schwärmern versehenen Algen, Armleuchtergewächse, Moose und Gefässkryptogamen (Pteridophyten) und Algenpilze (Phycomyceten) und die Bacillariaceen, Conjugaten, Zygomyceten etc., bei denen die sich paarenden Individuen eigene Bewegung haben.

Die Hydrophilen oder Wasserblüthigen mit passiver Bewegung der Befruchtungskörper zerfallen in solche, die der Befruchtung unter Wasser angepasst sind (ausser den Florideen die Blütenpflanzen *Posidonia*, *Cymodocea*, *Zostera*, *Ceratophyllum*, in deren Blüten reichliche Menge von Pollen vom specifischen Gewicht des Wassers, oft von Fadenform und dünne fädige Narben gebildet werden, und in solche, die der Befruchtung an der Oberfläche angepasst sind. Der Pollen findet sich hier auf einem schwimmenden Träger oder er ist leichter als das Wasser. Der Stiel der weiblichen Blüten verlängert sich gerade oder schraubig bis zur Oberfläche des Wassers (*Vallisneria*, *Elodea* etc.).

§ 141. Die Windblüthigen (Anemophilen)

haben glatten, leicht ausstreubaren Pollen von geringem Gewicht und ermangeln der buntgefärbten Blüthenhüllen, der Nektarsecretion und des Wohlgeruches. Zu ihnen gehören alle Gymnospermen (ohne Narben, zum Theil mit besonderen Luftsäcken oder Schwimmblasen an den Pollenkörnern) und zahlreiche Angiospermen (im Ganzen etwa ein Zehntel des ganzen Pflanzenreiches). Die Angiospermen haben lang hervorragende, geschwänzte, pinselförmige, blätterige oder scheibenförmige Narben. Ihre Staubgefäße besitzen entweder lange bewegliche Staubfäden (Gräser, Juncaceen, Hanf, Hopfen, Mercurialis, Ricinus, Plantago, Myriophyllum, Hippuris, Thalictrumarten, Sanguisorba minor etc. oder bewegliche männliche Blüthenstände, Kätzchen etc. (Betulaceen, Cupuliferen etc.) oder hängende Blüthen (Rumex, Negundo) oder losschnellende Staubgefäße (Pilea, Urtica, Parietaria, Morus) oder in selteneren Fällen unbewegliche Blüthen, die dem Wind leicht zugänglich sind (Palmen, Potamogeton, Sparganium, Typha). (Vgl. *Fagus silvatica*, *Urtica*, Gramineen.)

Kapitel XIX. Zoidiophilie.

§ 142. Die Thierblüthigen oder Zoidiophilen sind durch mannigfache Ausgestaltung der Blüthenhüllen, Farbe oder Geruch, meist warzige stachelige Pollenkörner etc. ausgezeichnet. Ihre Blüthen werden (mit Ausnahme einiger „Malakophilen“) als Blumen im engeren Sinn bezeichnet. Ueber die „Malakophilen“ oder „Schneckenblüthler“ vgl. die Erörterungen bei den Aroideen, über die Vogelblüthler oder Ornithophile bei den Passifloraceen. Die wichtigsten Anpassungen haben stattgefunden zwischen den Blumen und Insecten. Wir können unterscheiden: 1. die Anpassungen der Blumen an die Insecten, die Hermann Müller wohl mit Recht als „unbewusste Blumenzüchter“ bezeichnet, und 2. umgekehrt die Anpassung der Insecten an die Blumenthätigkeit.

1. Die Anpassungen der Blumen an Insecten und die Blumenkategorien.

Die Anpassungen der Blumen an Insecten bestehen nach H. Müller in Einrichtungen, die sich nach ihrer Wirkung in folgender Weise ordnen lassen:

I. Einrichtungen, welche Insectenbesuch bewirken.

1. Allgemeine Anlockung blumenbesuchender Insecten

a) durch Bemerkbarmachung der Blume (durch Grösse, Gestalt, Farbe und Geruch);

b) durch Darbietung von Genussmitteln (Honig, Blütenstaub), Material zum Nestbau (eine Biene, *Anthocopa papaveris*, kleidet ihre Bruthöhlen mit den Blumenblättern des Mohus aus, eine brasilianische Euphorbiacee *Dalechampia* bietet ihren Kreuzungsvermittlern, Arten von *Melipona* und *Trigona*, Harz dar, welches diese einsammeln und zum Nestbau verwenden), Obdach (*Campanula*, *Arum* etc.), Brutstätten (*Yucca* motte, Feigen-gallwespen) etc.

2. Ausschluss gewisser, Anlockung anderer blumenbesuchender Insecten

a) durch Farbe und Geruch;

b) Bergung der Genussmittel;

c) Blüthezeit und Standort.

II. Einrichtungen, welche erfolgreichen Besuch der Blüthe (Aufnahme von Blütenstaub und Uebertragung auf die Narbe) durch die Insecten zur Folge haben. Leitung der Bewegungen durch Saftmal, Haarleisten, Hohlräume etc., passende Beschaffenheit des Blütenstaubes und der Narbe etc.

Wer nur gelegentlich blüthenbiologische Beobachtungen macht, dem wird es leicht scheinen, als ob der Insectenbesuch vieler unserer Blumen ein so spärlicher wäre, dass eine Zuchtwahl seitens der Insecten bei der Ausbildung unserer Blumenwelt nicht in Betracht kommen könne. Ganz anderer Ansicht wird er aber werden, wenn er mit der nöthigen Ausdauer und Hingebung seine Zeit der Blumenbeobachtung widmet. Der Altmeister der Blüthenbiologie, Conrad Christian Sprengel, giebt schon für solche flüchtige Beobachter, die sich ein absprechendes Urtheil über die moderne Blumenlehre anmassen, den guten Rath: „Besonders sind die Mittagsstunden, wenn die am unbewölkten Himmel hoch stehende Sonne warm oder wohl gar heiss scheint, diejenige Zeit, da man fleissig Beobachtungen anstellen muss . . . Im Reich der Flora geschehen alsdann Wunderdinge, von denen der Stubenbotaniker, der unterdessen sich damit beschäftigt, den Forderungen seines Magens ein Genüge zu thun, nicht einmal eine Ahnung hat.“ Aber auch am

frühen Morgen sei man auf dem Zeuge, sobald die ersten Sonnenstrahlen die Blumen beleuchten. Ein buntes Treiben wird man da bemerken an vielen Blumen, die dem Langschläfer dann todt und leer erscheinen und zum Theil auch in den Vormittagsstunden ihren Bestäubungsmechanismus einstellen. Und nicht lasse man es sich verdriessen, am Abend und in der Nacht Beobachtungen zu machen (Nachtschmetterlinge, Motten etc.) — alles in allem zu drei unbequemen Zeiten, an denen man aber für die Unbequemlichkeiten und Entbehrungen reichlich belohnt wird. Wind und Wetter scheue der Biologe nicht bei seinen Beobachtungen, und er achte — geht es nicht anders — auf der Erde liegend oder besser von erhöhtem Standpunkt aus durch ein geeignetes Fernrohr auch auf die winzigen und zum Theil rasch beweglichen Insecten, die in den Blumen verkehren (Galium, Linum). Es geht einem dann, wie es Herm. Müller in seinen „Alpenblumen“ schildert: „Jedes einzelne der lieblichen Blumengesichter, die wir als uns für immer verschleierte Geheimnisse mit dem wehmüthigen Gefühle der Entsaugung anzustauen gewohnt waren, blickt uns jetzt hoffnungserweckend und zu muthigem Vorgehen anspornend freundlich entgegen, als wollte es uns zurufen: Wage dich nur zu mir heran, mache dich in treuer Liebe mit mir und allen meinen Lebensverhältnissen so innig als du vermagst vertraut, und ich bin gern bereit, den Schleier vor dir fallen zu lassen und mich mit allen meinen Geheimnissen dir anzuvertrauen.“

Die Eintheilung der insectenblüthigen (entomophilen) Pflanzen nach H. Müller und Anderen gründet sich auf den thatsächlichen heute stattfindenden Insectenbesuch, welcher zu einem etwas anderen Resultat führt, als die oben angeführten Anpassungsstufen Del-pino's. H. Müller unterscheidet folgende Blumenklassen:

1. Pollenblumen (Abkürzung Po), die den Insecten nur Pollen darbieten, wie Papaver, Hypericum, Solanum etc.
2. Blumen mit völlig offenem Honig (A), sie sind den verschiedensten Insecten zugänglich und haben die von wenig blumentüchtigen Insecten beliebten hellen Blütenfarben: weiss, weisslich, gelblich, gelblichgrün, rosenröthlich (Umbelliferen, Galium, Sambucus, Frangula, Euphorbia etc.).
3. Blumen mit halbverborgenem Honig (AB), bei denen der Honig nur bei warmem Sonnenschein etc. zuweilen unmittelbar sichtbar wird und die Zahl der Be-

sucherarten vermindert, die relative Zahl langrüsseliger Blumengäste sich vermehrt hat (die dümmsten bleiben weg). Sie zerfallen der Hauptsache nach in weisse unter dem überwiegenden Einfluss der Dipteren stehende und gelbe von Dipteren und kurzrüsseligen Bienen gleichzeitig stark beeinflusste. (Cruciferen, Alsineen, *Fragaria*, *Potentilla*, *Ranunculus*, *Caltha*, *Sedum* etc. Andere Farben bei *Sanguisorba*, *Saxifraga rotundifolia* [mit rothen Sprenkelflecken] etc.)

4. Blumen mit völlig geborgenem Honig (B), die aber eine bestimmte Anpassung an einen besonderen Besucherkreis noch nicht erlangt haben. Die Farben gelb und weiss treten gegen roth, violett, blau zurück. Die kurzrüsseligen Insecten treten fast ganz zurück. Statt der offenen, regelmässigen, nach oben gekehrten Blumenformen der 3. Classe treten hier vielfach röhrlige, zur Seite gewendete, zygomorphe Blumen auf. (*Geranium*, *Erodium*, *Rubus*, *Trollius*, *Oxalis*, *Polygonum*, *Epilobium*, *Polemonium*, *Veronica*, *Euphrasia*, *Thymus*, *Mentha*, *Vaccinium*, *Calluna*, *Myosotis* etc.)
5. Blumengesellschaften mit völliger Honigbergung (B₁). Die Blumen treten zu geschlossenen Gesellschaften zusammen, wodurch die Augenfälligkeit und die Zahl der Bestäubungen in gleicher Zeit wächst. Während bei dem Vergleich von Classe 2 und 3 die Besucherzahl abnimmt, wächst dieselbe bei Classe 4 und 5 immer mehr in dem Grade, als die wenig einsichtigen Bestäubungsvermittler abnehmen. Hierher gehören die Compositen, *Scabiosa*, *Knautia*, *Phyteuma* etc.

Der Vergleich der Blumen dieser Anpassung zeigt, dass rothe und blaue Blumen von den Faltern weit reicher besucht werden, als gelblichweisse und gelbe, am reichsten die blauen, am spärlichsten die weissen. H. Müller fand in den Alpen, dass die orangegelben Blütenköpfe von *Arnica*, *Senecio Doronicum* etc. und die orangerothenen von *Crepis aurea*, *Hieracium aurantiacum* etc. hauptsächlich von den gelbroth gefärbten *Argynnis*- und *Melitaea*-arten, *Lilium bulbiferum* von den feuerrothen *Polyommatus Virgaureae*, *Argynnis Pales* etc., die blauen *Phyteumaköpfe* besonders von Bläulingen besucht werden. Die Zahl der Käfer, wespenartigen Insecten, Musciden ist bei den blauen Blumengesellschaften am

kleinsten (nach H. Müller in den Alpen zusammen noch nicht einmal 4%, gegen 18,3% bei den gelben und 30,8% bei den weissen Blumengesellschaften). Am unabhängigsten von der Blumenfarbe fand Müller bei B₁ die Hummeln, die als intelligenteste Gäste sich mehr durch die Ausbeute als den äusseren Schein bestimmen lassen.

6. Bienenblumen (H). Den Hymenopteren angepasste Blumen, in denen kurzrüsselige Gäste ausgeschlossen sind. Farben und Formen mannigfaltig (Gentianaarten, Echium-, Anchusa-, Digitalis-, Linaria-, Aconitum-, Aquilegiaarten, Labiaten, Papilionaceen, Polygala Chamaebuxus etc.). Sie zerfallen in

Bienenblumen im engeren Sinn (Hb), Hummelblumen (Hh), Wespenblumen (Hw) [z. B. *Cotoneaster vulgaris* durch die Steinwespe *Polistes biglumis* bestäubt, *Lonicera alpigena*, *Scrofularia* etc.].

7. Falterblumen (F) mit sehr tief geborgenem Honig in Röhren, Spornen etc., wo er nur durch die dünnen langen Schmetterlingsrüssel erreicht werden kann, von ausgeprägtem Wohlgeruch: Tagfalterblumen mit meist rother Blütenfarbe (vgl. die Sileneen, z. B. *Lychnis flos cuculi*, *Dianthus*), Nachtfalterblumen mit meist weisser oder leuchtend gelber Blumenfarbe ohne Saftmal, mit sehr intensivem Wohlgeruch zur Flugzeit der betreffenden Schmetterlinge (*Melandryum album*, *Silene inflata* etc., vgl. Caprifoliaceen und Sileneen).

Als Sonderanpassungen schliessen sich noch einige auf Dipteren angewiesene Einrichtungen an, nämlich die

Ekelblumen (De) von trüber fleischrother, gelblicher, braunrother Färbung, oft gesprenkelt, von widerlich süssem, urinösem Geruch oder Aasgeruch, die durch Koth- und Aasfliegen bestäubt werden (*Ruta graveolens*, *Crataegus oxyacantha*, *Stapelia* etc.);

Täuschblumen (Dt), z. B. *Parnassia palustris* etc., die dumme Fliegen durch Scheinnektarien etc. anlocken;

Kesselfallenblumen (Df). (Vgl. *Aristolochia*, *Arum Cypripedium*);

Schwebfliegeblumen (Ds). (Vgl. *Veronica chamaedrys*.)

2. Anpassungen der Insecten an die Blumenthätigkeit.

§ 143. Nach dem Grad der Anpassung an die Blumenthätigkeit nehmen die höchste Stufe die Schmetterlinge (Lepidoptera) ein, insofern sie ganz und gar einseitig der Gewinnung von Blumenhonig angepasst sind. Während Oberlippe und Oberkiefer verkümmert sind, sind die beiden Unterkieferladen zu zwei ausserordentlich langen, innen ausgehöhlten Halbröhren umgebildet, die zusammenschliessend den hohlen, spiralig nach unten umrollbaren Saugrüssel bilden, welcher im Ruhezustand zwischen den Lippentastern geborgen wird. Diese einfache Vorrichtung befähigt die Schmetterlinge, die mannigfachsten Blüten aufzusuchen und aus den längsten und engsten Blumenröhren den Honig zu holen. Besondere starre spitzzackige Anhängsel an den Enden der Kieferladen (des Saugrohres) setzen sie ausserdem in den Stand, saftige Gewebe anzubohren. Die Länge des Rüssels schwankt bei den einheimischen Schmetterlingen von wenigen Millimetern bis zu 80 mm (bei *Sphinx convolvuli*). Die an Sommerabenden und -Nächten ohne die Concurrenz anderer Insecten die Blumen besuchenden Schwärmer (Sphingiden) besitzen ausserordentlich rasche stürmische Bewegungen und verweilen, indem sie schwebend den Rüssel in die Blüten senken, nur eine sehr kurze Zeit an der einzelnen Blume, so dass sie in bestimmter Zeit zahlreiche Befruchtungen vollziehen. Ueber besondere Tagfalter-, Tagschwärmer- und Nachtschwärmerblumen (F), sowie gemeinsame Anpassungen an F und Hummeln (HhF) oder Bienen (HbF) vergleiche den speciellen Theil. Im Allgemeinen sei hier erwähnt, dass die Falter frei abgesondertem Honig vor dem in den Geweben eingeschlossenen, geborgenem vor offenem, Blumengesellschaften vor einzeln auszubeutenden Blumen den Vorzug geben.

Kommt den Faltern die höchste Stufe der Anpassung zu, so sind die Hautflügler (Hymenoptera) und unter ihnen die Bienen (Apidae) für die Befruchtung der einheimischen Blumen (des Tieflandes — in den Alpen concurriren sie in dieser Hinsicht mit den Lepidopteren) die wichtigsten Insecten. Von den Hauptzweigen der Hautflügler beköstigen sich von den Blattwespen (*Tenthredo*), Schlupfwespen (*Ichneumon*, *Bracon*, *Pteromalus*), Gallwespen (*Blastophaga*) und Goldwespen (*Chrysis*) zwar zahlreiche mit Blummennahrung, von den Falten- und Grabwespen fast alle, aber nur die letzteren zeigen deutliche Ausrüstungen für den Er-

werb der Blumennahrung, obwohl ihr Rüssel von wenigen Millimetern Länge nicht tief in die Blüten einzudringen vermag. Die Bienen (Apiden) sind dagegen in ihrer ganzen Existenz (auch die Brut lebt von Blumennahrung) derart an die Blumen gebunden, dass sie mehr Anpassungen an die Gewinnung der Blumennahrung zeigen und mehr für die Befruchtung der Blumen leisten, als alle übrigen Insecten zusammengenommen.

Die Anpassungen der Apiden an die Ausbeutung der Blumennahrung (die mit den Anpassungen der Blumen an die richtige Entnahme und Uebertragung des Blüthenstaubes übereinstimmen) lassen eine deutliche Steigerung erkennen von den den Grabwespen nahe stehenden Arten von *Prosopis* bis zu den staatenbildenden Arten von *Apis* und *Bombus* etc. sowohl in der Körpergestaltung wie in den Gewohnheiten beim Blumenbesuch. Die vollkommenste Einrichtung des Pollensammelapparates findet sich bei den Schienensammlern. Bei *Prosopis* in einer einfachen Behaarung des Hinterbeines bestehend, hat sich die Ausbildung dieses Apparates bei *Sphecodes*, *Halictus* und *Andrena* in der Weise gesteigert, dass die Körpertheile, die einem Verlust des aufgesammelten Pollens bei den Kriech- und Flugbewegungen dieser Bienen am meisten ausgesetzt sind, nämlich die Hinterbeine von den Fersen bis zu den Hüften aufwärts und die hintere Fläche des Thorax besonders stark behaart sind. Bei *Dasypoda* sind die Sammelhaare der Schienen und Fersen derart verlängert, dass sie allein eine grosse Pollenladung aufnehmen können; bei *Panurgus* hat sich der Sammelapparat bereits ganz auf die lange Behaarung der Fersen und Schienen beschränkt. Bei *Eucera* und *Anthophora* ist dann die enorme Länge der Sammelhaare durch stärkere Verbreiterung der pollenaufnehmenden Flächen (Schienen und Fersen) ersetzt. Bei *Macropis* wird die Ersparung der Sammelhaare noch weiter geführt durch die Gewohnheit, den Pollen vor der Aufnahme mit Honig zu verkleben. Bei *Bombus* beschränkt sich die Pollenanhäufung ganz auf die Aussenseite der Hinterschienen. Letztere ist glatt und nur am Rand ringsum mit einem Zaun langer, theils aufrechter, theils einwärts gebogener Haare umschlossen und bildet so ein Körbchen zur Aufnahme des honigdurchfeuchteten Pollens, das leicht entleert werden kann. Die Fersenbürste der Hinterbeine kann unbehindert als Bürste verwendet werden. Bei der Honigbiene (*Apis*) endlich ist die Vorrichtung noch weiter gediehen. Müller sagt darüber Folgendes: „Während bei *Bombus* die Um-

zäunung des Sammelkörbchens noch von vielen ungeordneten Reihen steifer Haare gebildet wird, welche die federförmige Verzweigung der ursprünglich die Schiene bekleidenden Sammelhaare, aus denen sie hervorgegangen sind, noch mehr oder weniger deutlich zeigen, haben sich bei Apis diese Zaunhaare zu völlig einfachen glatten starren Borsten umgebildet, die keine Spur der federartigen Verzweigung mehr erkennen lassen und sind zugleich auf einige wenige Reihen ziemlich gleich dicht stehender Borsten reducirt. Ausserdem sind die Fersenbürsten bei Apis in regelmässige Reihen geordnet und von viel gleichmässigerer Beschaffenheit als bei Bombus, und die nutzlos gewordenen Schienensporne, ein altes Erbtheil von den Grabwespen her, denen sie ebenso wie den meisten Bienen beim Anfertigen von Höhlen in Erde etc. von Nutzen sein mögen, sind von den Hinterbeinen verschwunden.“

Ein zweiter biologischer Hauptzweig der Bienen ist der der Bauchsammler, bei denen der Pollensammelapparat zu geringerer Vollkommenheit ausgeprägt erscheint. Die Behaarung erstreckt sich hier auf die Bauchseite des Hinterleibes. Es gehören zu den Bauchsammlern die Gattungen *Heriades*, *Chelostoma*, *Anthidium*, *Osmia*, *Chalicodoma*, *Diphysis*, *Megachile*. Während ein kleiner Zweig der Apiden (die *Obtusilingues*: *Colletes*, *Ptiloglossa* etc.) der ausschliesslichen Gewinnung von Pollen angepasst ist, haben die übrigen besondere Ausrüstungen zum Erwerb des Honigs, die bei der Honigbiene und den Bombusarten die höchste Steigerung erfahren.

Die complicirten Anpassungen des Saugapparates können hier nicht näher erörtert werden (man vergleiche H. Müller, Befruchtung der Blumen p. 51 ff.). Sein wichtigster Theil ist eine weit vorstreckbare Zunge, die von den zu einem Saugrohr zusammenlegbaren Kieferladen und Lippentastern umgeben wird. Die Blumentüchtigkeit geht mit der Länge des Rüssels meist Hand in Hand. Bei den Schenkelsammlern ergibt sich bei den freilebenden Arten auch hier folgende Stufenfolge (in Klammern ist die vorwiegend besuchte Blumenabtheilung — siehe vorn — und die Zahl der Besuche in ihr auf 100 Blumenbesuche angegeben).

Proposis, Rüssellänge 1—1½ mm (A 23,6 %).

Andrena, Halictus, Cilissa, Panurgus, Rüssellänge 2—3¼ mm (AB 33,9 %).

Arten von Andrena, Halictus, Dasypoda, Rüssellänge 4—7 mm (B 48,7 %).

Eucera, Anthophoraarten, Rüssellänge 9—12 mm (H 70,6 ‰).

Anthophoraarten, Rüssellänge 15—21 mm (H 95,2 ‰).

Von frei lebenden Bienen haben die höchste Rüssellänge *Anthophora aestivalis* (15 mm), *A. retusa* (16—17 mm), *A. pilipes* (19—21 mm).

Von den Staaten bildenden Bienen hat *Apis mellifica* eine Rüssellänge von 6 mm, während unseren häufigsten Hummeln folgende Rüssellängen (in mm) zukommen:

<i>Bombus terrestris</i>	7—9,	Männchen	7—8.
" <i>silvarum</i>	10—14,	"	9—10.
" <i>lapidarius</i>	10—14,	"	8—10.
" <i>pratorum</i>	8—14 ^{1/2} ,	"	8—10.
" <i>muscorum</i>	12—15,	"	10—11.
" <i>hortorum</i>	19—21,	"	18—19.

Die Blumengewandtheit nimmt zu mit gesteigertem Nahrungsbedarf (Grösse, Staatenbildung). Die Kuckucksbienen, die nur für eigene Beköstigung zu sorgen haben, sind die trägsten Blumengäste. Die Körpergrösse schwankt bei den Apiden ausserordentlich; während die grösste *Prosopis*art nur 8 mm lang ist und *Nomiades* und *Trigona liliput* noch kleiner als die winzigsten *Prosopis*arten sind, übertreffen sie die dickleibigsten Arten von *Bombus* und *Xylocopa* um mehr als das Hundertfache an Körpermasse.

Bei den einzellebenden Bienen finden sich vielfach einseitig ausgebildete Liebhabereien (wie auch der ausgeprägte Farbensinn mannigfaltige Richtungen hat). Während z. B. die meisten *Andrena*arten alle möglichen Blumen besuchen, bevorzugt ganz auffällig *Andrena fulva* die Stachelbeerblumen, *A. fulvescens* grossblumige Cichoriaceen, *A. florea* Bryonia, *A. Hattorfiana* *Knautia arvensis*, *A. Cetti* *Succisa pratensis*, das Weibchen von *Dasygaster hirtipes* und *Panurgus* besuchen fast nur pollenreiche gelbe Blumen (Cichoriaceen) von der gleichen Farbe wie der Haarwald ihrer Hinterschienen, das Weibchen von *Macropis labiata* besucht fast nur *Lysimachia vulgaris*, *Cilissa melanura*, *Lythrum Salicaria*. Von den Bauchsammlern geht die grösste Blattschneiderbiene *Megachile lagopoda* nur auf die stattlichsten Compositenköpfe, *Osmia aurulenta* fast nur auf Papilionaceen, *O. pilicornis* nur auf *Pulmonaria*, *O. loti*, *adunca*, *caementaria* zeigen eine stufenweise sich steigende Vorliebe für *Echium*. Von den einzellebenden Bienen zeigen vielfach die Männchen eine Vorliebe für

gewürzig riechende, wohlschmeckende Kost, so besuchen z. B. *Anthidium manicatum* ♂ und andere *Marrubium vulgare*, *Nepeta nuda* etc., die die Weibchen als zu wenig ausbeutereich nicht besuchen. Die staatenbildenden Bienen haben meist solche einseitige Bevorzugung aufgegeben.

Von den Zweiflüglern (Diptera) sind die blumentüchtigsten die Schwebfliegen (Syrphiden), Schnepfenfliegen (Empiden), Dickkopffliegen (Conopiden) und Wollschweber (Bombyliden). Von ihnen zeigen die Syrphiden (wie auch die wenig angepassten dummen Musciden und Stratomyiden) Einrichtungen zur Ausbeutung des Pollens und Honigs, während die Bombyliden, Conopiden und Empiden nur Honig entnehmen (von *Empis punctata* gehen nur die Männchen nach dem Blüthennektar von *Crataegus* etc., während die Weibchen auf Raub ausgehen, z. B. die an den Blüten verkehrenden Wollschweber morden).

Bei den Schwebfliegen ist ein aus der Umbildung der Unterlippe hervorgegangener vorstreckbarer Saugrüssel vorhanden, der mittelst zweier an seinem Ende befindlichen, auf der Innenseite mit Chitinleisten besetzten Klappen zum Pollenfressen, mittelst der übrigen Mundtheile, die zu Saugborsten umgebildet in eine Rinne der Unterlippe zusammenlegbar sind, zum Honigsaugen gebraucht wird. Zum Schutz des Pollenapparates wird der Rüssel im Ruhezustand in eine Vertiefung der Kopfunterseite zurückgezogen. Bei den Honigsammlern (Wollschwebern, Schnepfen- und Dickkopffliegen) entbehren die Endklappen des weichen mit Chitinleisten besetzten Kissens zum Pollenfressen und werden durch derbe Chitinblätter ersetzt, die nur zur Führung des Saugapparates dienen. Der Rüssel wird nicht zurückgezogen. Die höchste Steigerung erfahren die Anpassungen des Fliegenmundes an die Blumennahrung bei den Eristalisarten (*E. tenax*, *E. arbustorum* etc.) unter den Schwebfliegen, während die langrüsseligste intelligenteste Schwebfliege (Rüssel 11—12 mm, bei 10 mm Körperlänge) *Rhingia rostrata* ist. Von den nur Honig saugenden Fliegen tragen Schnepfenfliegen (Empiden) ihren dünnen geraden Rüssel nach unten gerichtet und brauchen ihn am liebsten in dieser Richtung. Bei den Dickkopffliegen knickt der ebenfalls nach unten gerichtete Rüssel an der Basis oder ausserdem noch in der Mitte knieförmig um und der vordere Theil schlägt sich im letzteren Fall nach Art eines Taschenmessers zurück. Die Bombyliden tragen ihren Rüssel, der bei *Bombylus major* die Länge von 10 mm, bei *B. dis-*

color von 11—12 mm erreicht, stets nach vorn gerichtet zum Saugen bereit. Sie stecken frei schwebend den Rüssel in die Blumen und gelangen stossweise in raschem Flug von einer Blüthe zur andern. „Sie gleichen,“ sagt Müller, „an Geschwindigkeit der Flügelbewegung den Schwärmern (Sphingiden) unter den Schmetterlingen, den smaragdgrünen und azurblauen Euglossaarten Brasiliens unter den Bienen, den Kolibris unter den Vögeln.“ Trotz ihrer Blumentüchtigkeit haben es die erwähnten Fliegen bei uns nicht zu besonders angepassten Blumenformen gebracht, während die dümmsten Dipteren (Fliegen und Mücken) als Kreuzungsvermittler ihnen ausschliesslich angepasster Blumenformen (Ekelblumen, Kesselfallenblumen, Täuschblumen etc.) auftreten. —

Während die honigsaugenden Bombyliden und Conopiden nur nach Blumensäften gehen, gehen die Eristalis-, Scatophaga-, Luciliaarten und selbst die auf Blumen äusserst häufige Volucella bombylans gelegentlich auch an Koth, Cadaver etc.

Im Anschluss an die Fliegen seien die Blasenfüsse (Thysanura) hier erwähnt. Den Arten von Thrips begegnet man überall an den Blumen, wo es Pollen und Nektar zu holen giebt. Durch ihr regelmässiges zahlreiches Auftreten zählen sie mit den Meligethesarten unter den Käfern, den Anthocoriden unter den Hemiptern zu den nützlichsten Blumengästen.

Die Käfer (Coleoptera) sind gegenwärtig von den bisherigen Abtheilungen der Insecten am wenigsten bei der Befruchtung der Blumen betheilt, während nach Delpino in südlicheren Gegenden manche Blumenformen, wie Magnolia, sich der ausschliesslichen Befruchtung durch Käfer angepasst haben. Von den von Blumenahrung lebenden Käfern finden sich jedoch die mannigfaltigsten Abstufungen der Anpassungen an diesen Nahrungserwerb. Von Rüsselkäfern (Curculioniden) gehen nur wenige auf Blumen, z. B. *Gymnetron campanulae*, *Larinus Jacaea*, *L. senilis* auf dieselben Pflanzen, auf denen sie ihre Entwicklung durchmachen, oder andere auf Blüthen mit offenem Honig (*Otiorhynchus picipes* auf *Cornus*, Apionarten auf *Adoxa* und *Chrysosplenium*); ähnlich verhalten sich die Blattkäfer (Chrysomeliden). Unter ihnen halten sich aber einige ausschliesslich in Blumen auf (*Cythra scopolina*, *Cryptocephalus sericeus* etc.). Von den fächerfühlerigen Käfern (Lamellicornia) suchen *Hoplia philanthus*, *Cetonia* etc. vorwiegend, *Trichius fasciatus* ausschliesslich Blumennahrung auf. Von den Bockkäfern (Cerambyciden) und Schnellkäfern (Elate-

riden) geht etwa die Hälfte unserer Arten auf Blumen, während die Mordelliden, Oedemeriden, Malachiiden und andere sämtlich Blumenbesucher sind. Die Abtheilung der Lepturiden unter den Bockkäfern zeigt besondere Anpassungen in einer ganzen Reihe allmählicher Abstufungen bis zur *Strangalia attenuata*, die noch aus den 4–6 mm langen Blumenröhren von *Knautia arvensis* den Honig gewinnen. Solche Anpassungen sind nach H. Müller „die Verlängerung des Kopfes nach vorn, seine halsförmige Einschnürung hinter den Augen und die dadurch bedingte Fähigkeit, den Mund nach vorne zu richten, die gestreckte und nach vorne verschmälerte Form des Halsschildes und die Entwicklung der zum Aufleckern des Honigs benutzten Haare der Unterkieferladen“. Am weitesten geht jedoch die Anpassung bei einer blauen *Nemognatha* Südbrasilien, welche den tiefliegenden Honig gewisser Winden saugt. Bei ihr haben sich die beiden Kieferladen zu zwei rinnigen Borsten von 12 mm Länge ausgebildet, die, zusammengelegt, ein den ganzen Körper an Länge übertreffendes Säugrohr darstellen und hierdurch wie durch die Einrollbarkeit einem Schmetterlingsrüssel gleichen. Die südeuropäische *Nemognatha chrysolina* zeigt nur die wenig verlängerten pinselförmig behaarten Kieferladen der blumentüchtigsten Bockkäfer. — Am wenigsten wichtig für die Befruchtung der Blumen sind von einheimischen Insecten die Hemiptera, Orthoptera, Neuroptera.

E. Löw hat, besonders auf Grund der Beobachtungen der Insectenbesuche im Botanischen Garten zu Berlin, die Insecten nach ihrer Bedeutung für die Blumenwelt nach folgenden Anpassungsstufen geordnet:

1. Eutrope Besucher mit hoch angepassten Gewohnheiten und Körpereinrichtungen (z. B. sämtliche Apiden mit Ausnahme von *Prosopis* und *Sphecodes*, die *Sphingiden*).
2. Hemitrope Besucher mit deutlich erkennbaren Ausrüstungen für erfolgreichen Blumenbesuch, der aber viel schwächer ausgeprägt und meist nur einseitig auf die Gewinnung von Honig, nicht auch Pollen gerichtet ist etc. (z. B. *Prosopis*, *Sphecodes*, Grabwespen, einzellebende Faltenwespen, *Conopiden*, *Bombyliden*, die meisten *Syrphiden*, Falter exclusive der Schwärmer, von Käfern *Nemognatha*).
3. Allotrope Besucher ohne besondere Anpassungen zum Blumenbesuch.

4. Dystrope Besucher mit einer auf Zerstörung von Pflanzen gerichteten Körperconstitution (z. B. Ameisen; auch der Fall der pseudodystrophen Apiden, welche Einbruchsdiebstahl verüben, gehört hierher, z. B. des *Bombus mastrucatus*).

Kapitel XX. Beispiele von Blüthenanpassungen an die die Befruchtung vermittelnden Agentien.

Nach den natürlichen Familien geordnet.

Ranunculaceen.

§ 144. Wie in Bezug auf Ernährung (Land-, Wasserpflanzen) und Verbreitungsmittel (aufspringende Kapseln, Klettfrüchte, Beeren, Flugfrüchte), so haben auch in Bezug auf die Bestäubungsvorrichtungen innerhalb der Familie der Ranunculaceen die allerverschiedensten Anpassungen stattgefunden. Die Augenfälligkeit wird durch die mannigfaltigsten Farben, bald durch die Blumenblätter, bald durch die Kelchblätter (*Hepatica*, *Anemone*, *Caltha*, *Eranthis*, *Helleborus*, *Nigella*), bald durch beide zugleich (*Aquilegia*, *Delphinium*) oder durch die Staubgefässe bewirkt (*Thalictrum*). Neben regelmässigen Pollenblumen mit zahlreichen Staubgefässen (*Hepatica*, *Anemone*, *Clematis*, *Thalictrum*) und zur Windblüthigkeit zurückgekehrten Arten (*Thalictrum*) finden sich Honigblumen, bei denen der Honig offen einer grossen Zahl von Insectenarten oder wenig verborgen dargeboten wird (bei *Caltha* am Grund der Fruchtblätter, bei *Pulsatilla* von umgewandelten Staubgefässen, bei *Ranunculus* am Grund der Blumenblätter) und schliesslich solche mit tief verstecktem Honig und ausgeprägter Proterandrie (*Delphinium*, *Aconitum* mit zygomorphen, *Aquilegia* mit regelmässiger Blumenkrone), die nur einigen wenigen Hummelarten angepasst sind. Wir wählen als Beispiele der verschiedenen Anpassungen: *Clematis*, *Thalictrum*, *Ranunculus*, *Caltha*, *Aconitum*, *Delphinium*, *Nigella*.

Clematis recta hat schwach proterandrische, honiglose Blüthen, bei denen zuerst die äusseren Staubblattkreise sich nach auswärts biegen und dehisciren. Ehe die inneren Kreise das Gleiche thun, sind die Narben inmitten der Blüthe empfängnissfähig. Bienen und einige andere Insecten, die in der Regel hier anfliegen, bewirken Fremdbestäubung, während pollenfressende Fliegen von aussen kommend bald autogamisch, bald xenogamisch befruchten.

Bei *Cl. integrifolia* erzeugen die inneren Staubgefässe Honig und bei *Cl. balearica* sind die äussersten Staubblätter in löffelförmige Nectarien umgewandelt.

Actaea spicata ist homogame Pollenblume, bildet aber schon den Uebergang zur Anemophilie.

Thalictrum hat weder Blumenblätter noch Honig. Bei *Th. aquilegifolium* sind aber die ansehnlichen Büschel der lang hervorstehenden keuligen Staubfäden, die sich strahlig auseinanderbiegen, lila gefärbt und locken eine Menge Pollen suchende Schwebfliegen wie Bienen zur gelegentlichen Kreuzung an. *Th. minus* ist dagegen völlig windblütig geworden, unaugenfällig mit schlaffen langen Staubfäden und glatten, kaum noch klebrigen Pollenkörnern. Aehnliche Beispiele von Rückkehr zur Windblütigkeit sind *Sanguisorba minor* unter den Rosaceen (*S. officinalis* entomophil), *Pringlea antiscorbutica* auf Kerguelenland unter den Cruciferen, die *Artemisiaceen* unter den Compositen.

Ranunculus acris, *repens*, *bulbosus*, *flammula* mit gelben, meist glänzenden Blumenblättern, nach aussen dehiscirenden Staubgefässen, deren Entwicklung von Kreis zu Kreis zur Mitte fortschreitet, sind in der ersten Zeit männlich, die Narben entwickeln sich aber, bevor die inneren Staubgefässe aufgesprungen sind. Der Honig am Grund der Blumenblätter liegt nicht ganz offen, daher sind die der Blummahrung am wenigsten angepassten Neuropteren, Ichneumoniden, Tipuliden, Sphegiden und Vespiden, die z. B. bei den Umbelliferen mit völlig offenem Honig sich einstellen, nicht oder (die Wespen) nur spärlich vertreten, während sonst ein sehr grosser Kreis von Insecten aller Abtheilungen die Blüthen mit brennender Farbe aufsucht. *R. auricomus*, dessen Blumenblätter oft ganz verkümmern, hat gelb umsäumten Kelch, die Blumenblätter sind in Nektarien umgewandelt, zum Theil von der Täschenform der Nektarien von *Eranthis hiemalis* (letztere mit grossen gelben Kelchblättern und lang ausdauernder Blüthe). Das homogame *Batrachium aquatile* und Verwandte mit weissen Blumenblättern, an deren Basis das Nectarium, haben einen gelben Fleck auf jedem Blumenblatt als Saftmal.

Bei *Caltha palustris* bilden die fünf innen dottergelb gefärbten Kelchblätter den wirkenden Schauapparat. Jedes Fruchtblatt hat an der Basis zwei Honiggruben, die nach unten zu durch eine schwache Falte begrenzt sind. Antheren und Narben entwickeln sich zwar gleichzeitig, aber die Fremdbestäubung wird

durch die nach aussen dehiscirenden Antheren begünstigt. Der Insectenbesuch ist ein zahlreicher, wenn auch nicht so mannigfaltig, wie bei *Ranunculus* (da der Nektar mehr geborgen ist).

Nigella arvensis, *N. damascena* etc. besitzen an den ausgeprägt proterandrischen Blüten fünf grosse, anfangs unscheinbare, gefärbte, zur Zeit der Dehiscenz aber blau gefärbte, grosse Kelchblätter, zwischen denen bei *N. damascena* die starren, feinfiederigen Hüllblätter sich aufrichten und den Weg zu den acht in complicirte Saftmaschinen umgewandelten, mit den acht Radialreihen von Staubgefässen abwechselnden Blumenblättern nur von unten über den Kelchblättern frei lassen. Diese Nektarien sind gestielt lippenförmig. Die Oberlippe bildet einen den Nektar schützenden elastischen Deckel, die Unterlippe trägt beiderseits eine glänzende Ausstülpung, welche als Scheinnectarium fungiren dürfte. Bei *N. arvensis* schildert Sprengel das Blühen folgendermassen. Anfangs stehen alle Staubgefässe aufrecht. Am ersten Tag biegt sich die äussere Reihe so über das Nectarium, dass sie den Bienen, welche die Hauptbestäuber sind, die äussere dehiscirende Seite auf den Rücken drücken. Am zweiten Tag haben sich diese Staubgefässe nach aussen gebogen und liegen wagrecht auf den Schaublättern, während der zweite Kreis sich herabbiegt und zerstäubt. Nach sechs Tagen haben sich so sämmtliche Staubgefässe erst gebogen, dann völlig wagrecht gestellt. Nun erst krümmen sich die bis dahin aufrechten Griffel nach aussen und kommen mit der Narbenfläche in die selbe Lage, die in jüngeren Blüten die dehiscirenden Antheren haben, so dass die Fremdbestäubung durch Bienen völlig gesichert ist. Die Nektarien sind bei *N. arvensis* oben bräunlich oder blau, mit zwei weisslichen oder grüngelben Querbänden, so dass in der Mitte der Blume mehrere abwechselnd helle und dunkle Ringe als Saftmal entstehen. Die tagelang vor der Dehiscenz der Antheren offenen, zunächst noch weissen Blumen bieten den Bienen schon frühzeitig Nektar und locken dieselben so an.

Delphinium hat sich nur den langrüsseligsten Hummeln angepasst und ebenso wie *Aconitum* mit seinen zygomorphen Blüten besonders diesen völlig angepasste Blumenform angenommen. Beide sind wie *Nigella* ausgeprägt proterandrisch. Bei *Delphinium elatum* sind Kelch- und Blütenblätter gleichmässig gefärbt und bilden den Schauapparat. Von den fünf Kelchblättern bildet das obere einen hohlen Sporn, der aber nicht als Nectarium

fungirt (bei *Aquilegia vulgaris* sind die oben umgekrümmten Sporne der inneren fünf Blätter selbst Nektarien), sondern als Saftdecke und Saftleiter. Von den inneren Blättern tragen die zwei oberen nach hinten zu von dem Sporn umschlossen, spitz kegelförmige Fortsätze, die sich mit Honig füllen. Nach vorne bilden die Blütenblätter einen engeren Eingang, in den die Hummeln ihren Kopf hineinzwängen können. Zum Erreichen des Honigs ist eine Rüssellänge von 13—14, zum völligen Ausaugen eine solche von 19—22 mm erforderlich, so dass nur *Anthophora pilipes* und *Bombus hortorum* die Nektarien völlig ausbeuten können. Die unteren Blätter tragen gelbe Haarbüschel als Saftmal. Die Bewegung der Staubgefäße ist hier der Bestäubung des Hummelkopfes in gleich vorzüglicher Weise angepasst wie bei *Nigella*. Bei *Delphinium Consolida* sind die vier Blumenblätter zu einem Stück verwachsen. Die beiden oberen bilden einen einfachen Sporn, dessen Ende Honig absondert und beherbergt.

Aconitum. Die Sturm- oder Eisenhutarten besitzen, durch ein helmförmiges oberes Blumenblatt geschützt, zwei langgestielte tütenförmige, unten offene, oben spiralig eingekrümmte Nektarien, die bei *Aconitum*, *Napellus* und anderen wie die ganze helmartige Blumenkrone blau, bei *A. Lycoctonum* violett sind. Bei beiden geht ausgeprägte Proterandrie mit der der Fremdbestäubung durch Hummeln aufs Genaueste angepassten Bewegung der Staubgefäße und Stempel Hand in Hand. In den Alpen fand von Dalla Torre *Aconitum Lycoctonum* durch die langrüsseligen Weibchen von *Bombus Gerstaeckeri* bestäubt, deren kurzrüsselige Arbeiter und Männchen nur die blauen *Aconitum*arten, besonders *A. Napellus* besuchen. In Deutschland ist *Bombus hortorum*, in Schweden dieselbe Hummel und ihre nordische Form (*Bombus consobrinus*) der regelmässige Bestäuber des gelben Sturmhutes. *Aurivillius* fand im mittleren Schweden, in Jämtland, zweierlei Stöcke von *Aconitum Lycoctonum*, von denen die einen einen kurzen stärkeren, fast geraden stumpferen Sporn haben und ausser *Bombus* noch anderen langrüsseligen Insecten, wie Schmetterlingen zugänglich sind, während bei der anderen Form mit engerem, gegen die Spitze verschmälertem, nach aufwärts gebogenem Sporn (zuweilen fast im Halbzirkel gebogen) die Schmetterlinge, die den Rüssel nur nach unten biegen können, ausgeschlossen sind. Es handelt sich hier um eine ähnliche „Dientomophilie“ (Anpassung ein

und derselben Species an zweierlei Besucherkreise) wie bei *Iris Pseudacorus*, bei der Hermann Müller gleichfalls zwei Blütenformen auf verschiedenem Stock, nämlich eine der Bestäubung durch *Rhingia* und eine der Bestäubung durch Hummeln angepasste, fand.

Bei den so einseitig und eng angepassten Ranunculaceen steht dem Vortheil einzelner ausschliesslicher Bestäubungsvermittler, die in kurzer Frist ungehindert die Bestäubung zweckentsprechend vollziehen (bei *Aconitum* von unten nach oben; wegen der Proterandrie sind die unteren Bl. weiblich, die oberen männlich), der Nachtheil gegenüber, dass die ausgeschlossenen Insecten (*Bombus terrestris*, *B. mastrucatus* etc.) die nektarhaltigen Sporne (*Delphinium*, *Aquilegia*) und Helme (bei *Aconitum*) direct anbohren. Auch *Apis mellifica* benutzt dann diese Einbruchshöhlen, um Nektar zu stehlen.

Papaveraceen.

Papaver somniferum ist wie die übrigen Papaverarten eine ausgeprägte homogame Pollenblume, deren vier am Grund dunkler gefleckte, grosse Blumenblätter sich früh Morgens ausbreiten, um sich am Abend für immer zu schliessen. Beim Oeffnen sind die zahl- und pollenreichen Staubgefässe etwas vom Narbenkopf entfernt und mit Pollen bedeckt. Bei heiterem Wetter stellen sich zahlreiche Syrphiden, auch Bienen ein, die, meist in der Mitte anfliegend, erst die Narbe bestäuben, dann besonders zwischen Blumenblättern und Staubgefässen sich herumtummeln, um den Pollen zu fressen resp. zu sammeln. In den ersten Morgenstunden fand ich in meinem Garten (Fernrohr!) ganze Schaaren von *Syrphus balteatus* (oft 20—30 Stück und darüber), die den Pollen verschleppten, etwas später stellten sich Bienen und zuletzt zahlreiche Käferchen (*Meligethes*) ein, die in der sich Abends schliessenden Blüthe übernachteten und die Reste des Pollens aufsuchten und zur Narbe brachten. *Papaver alpinum* fand H. Hoffmann im Garten selbststeril, *P. argemonoides* fand dagegen Hildebrandt mit eigenem Pollen fruchtbar.

Nymphäaceen.

Die Seerosen haben die Höhe ihrer Entwicklung bereits in einer früheren geologischen Epoche erreicht (im Oligocän), es lässt sich daher nicht mehr mit Sicherheit behaupten, welchen die Be-

fruchtung vermittelnden Thieren sich die mächtigen farbenprächtigen Blumen angepasst haben. Sicher ist es, dass einige Arten heutzutage die geeigneten Bestäuber nicht mehr finden, daher völlig auf Selbstbefruchtung angewiesen sind, so z. B. Arten in der Unterabtheilung *Hydrocallis*, wo die Selbstbefruchtung stets vor Aufbruch der Blüthen erfolgt und doch in der Kapsel 10,000—30,000 Samen gebildet werden, die aufs Beste keimen. Auch *Euryale ferox* befruchtet sich selbst. Delpino vermuthete, dass *Nymphaea alba* und *Victoria regia* von Cetonien (Rosenkäfern) und Glaphyriden befruchtet würden. Bei *Nuphar* sondern die reducirten Blumenblätter auf der Unterseite Nektar ab, während die Kelchblätter durch Ausdehnung ihrer Fläche und ihre gelbe Farbe die Rolle der Blumenblätter übernommen haben. Unsere *Nuphar* wie *Nymphaea* sind proteragynisch und ist z. B. bei *Nymphaea* die Narbe nur am ersten Tage des drei bis sieben Tage währenden Blühens empfängnisfähig. Sprengel fand bei *Nuphar* Blumenkäfer in den Blüthen, Herm. Müller *Meligethes*, Schilfkäfer (*Donacia dentata*) und Fliegen (*Onesia floralis*), Ch. Robertson, der in Nordamerika den Befruchtungsverhältnissen der Seerosen besonderes Interesse zuwandte, bezeichnet *Nelumbo* und *Nymphaea* als Pollenblumen, während *Nuphar* Pollen und Nektar darbietet (Jordan fand jedoch bei *Nymphaea alba* vor den introrsen Staubgefässen nach innen gelegene flache Honigdrüsen). Robertson traf bei *Nelumbo lutea* besonders Andreniden (*Halictus*) und Schwebfliegen, bei *Nuphar advena* sowohl in Illinois (im August) wie in Florida (im Februar) *Halictus pectoralis*, die Schwebfliege *Helophilus divisus* und den Schilfkäfer *Donacia piscatrix*. Trelease fand in Madison gleichfalls *Halictus pectoralis* und *Donacia piscatrix*. Bei *Nymphaea tuberosa* fand Robertson acht Andreniden, zwei Syrphiden, einen Bombyliden, besonders häufig aber *Halictus pectoralis*, letztere Biene auch bei *Nymphaea alba*. Piccioli fand bei dieser gleichfalls *Donacia*, so dass als besonders regelmässige Bestäubungsvermittler der Seerosen Schilfkäfer (*Donacia dentata* in Deutschland, *D. piscatrix* in Nordamerika), *Halictus*-arten (*H. pectoralis*) und Fliegen bisher beobachtet wurden.

Robertson fand in den *Nelumboblüthen* zuweilen tote Hummeln und Fliegen, die durch die *Petala* eingeschlossen waren und in ihrem Gefängnis erstickt zu sein schienen; dagegen fand er im Blütenbassin von *Nymphaea tuberosa* den *Halictus occidentalis* ertränkt. Delpino fand tote Insecten bei *Nymphaea alba*,

Planchon dachte an eine Anhäufung von Kohlensäure in den Blumen, A. Bacon fand in den Blüten von *Nymphaea odorata* gefangene und getödtete Insecten eingeschlossen.

Violaceen.

§ 145. Unsere Veilchen blühen meist schon im ersten Frühjahr und tragen bei Insectenabschluss von den höher angepassten Blüten in diesen keine Früchte, dafür ist aber bei ausbleibendem Insectenbesuch, am meisten bei den frühblühenden Arten, deren Narbe einfach hakig nach unten gekrümmt ist, durch kleistogamische Blüten die Erhaltung der Art gesichert. Nektarien bilden die Sporne der hinteren Staubgefäße, welche in den als Saffhalter dienenden hohlen Sporn des unteren Blumenblattes hineinreichen. Die Hauptbestäuber sind bei den gewöhnlichen Veilchen Hummeln, Wollschweber (*Bombylius*) und Schmetterlinge, bei dem wohlriechenden Veilchen (*Viola odorata*) auch Stockbienen, *Anthophora pilipes* und von Schmetterlingen besonders der Citronenfalter.

Die später blühenden Stiefmütterchen (*Viola tricolor*), denen kleistogamische Blüten fehlen, haben die beste Anpassung an Insecten. Die grossblütige, bunte, mit hübschem Saftmal versehene Form (*V. tricolor vulgaris*), die in den Gärten weitergezüchtet worden, besitzt einen kugeligen Narbenkopf, unter dessen empfängnisfähiger Höhlung sich ein lippenförmiges Anhängsel befindet. Dasselbe versperrt den Eingang zur Blüthe völlig und kehrt seine Oeffnung aus der Blüthe heraus. Die Bestäuber, hauptsächlich Bienen, seltener Schmetterlinge und die langrüsseligste Schwebfliege (*Rhingia*), müssen den Rüssel dicht unter dem Narbenkopf in die Blüthe schieben, wobei sie zunächst den Blütenstaub an die Narbenlippe bringen. Hinter demselben ist der Stempel von den Antheren dicht umschlossen, auf deren Anhänge sich der Narbenkopf mit seinem Backenbart wie auf einen steifen Kragen stützt. Beim Zurückziehen des pollenbeladenen Rüssels legt sich die Narbenlippe vor die Narbenöffnung und verschliesst diese. Bei der kleinblüthigen Form (*V. tricolor arvensis*) mit unscheinbaren gelblichen Blüten kehrt der Narbenkopf, die Oeffnung, die keine Lippe besitzt, so in die Blüthe hinein, dass regelmässig von selbst Pollen in dieselbe hineinfällt und Autokarpie bewirkt.

In ähnlichem Verhältniss wie die gross- und kleinblüthigen Stiefmütterchen stehen *Alectorolophus major* und *minor*, *Erodium pimpinellifolium* und *cicutarium*, *Malva silvestris* und *rotundifolia*. Bei *Lysimachia vulgaris* kommt an sonnigen Plätzen eine grossblüthige Form von intensiver Färbung vor, die durch häufigen Insectenbesuch Kreuzung erfährt und sich nie selbst befruchtet, an schattigen Gräben dagegen eine unscheinbarere Form mit kleineren, blasseren, sich wenig ausbreitenden Blütenhüllen, die wenig besucht wird, sich dafür aber regelmässig selbst befruchtet. Ebenso hat *Euphrasia officinalis* neben einer grossblüthigen auffälligen Insectenform mit weit hervorragender Narbe und dornförmig nach unten gerichteten Staubbeutelanhängen, die von den Insecten angestossen werden, eine kleinblumige Form, deren Narbe unmittelbar unter den Antheren liegt. Beide Formen sind durch Zwischenformen verbunden.

Während unsere Tieflandsveilchen sämmtlich den Bienen angepasst sind, finden sich in den Alpen einerseits auf einer niederen Stufe stehen gebliebene, kurzrüsseligen Dipteren angepasste Veilchen (die gelbe *Viola biflora* mit 2—3 mm langem Sporn ist eine Fliegenblume), andererseits zu Falterblumen umgezüchtete Formen. Das gross- und blauviolettblumige Alpenstiefmütterchen, *Viola calcarata*, dessen Spornende vom Narbenkopf 13—25 mm entfernt ist, ist eine ausgeprägte Falterblume, die nur von Tagfaltern (*Argynnis*, *Melitaea*, *Vanessa*, *Colias*, *Erebia*), Nachtfaltern (*Plusia*) und dem Tagschwärmer *Macroglossa stellatarum* besucht wird (der nach H. M. 194 Blüten in $6\frac{3}{4}$ Minuten besuchte). Ihr Sporn ist nach unten gebogen.

Einen Uebergang von den Hummelblumen zu den Falterblumen bildet *Viola tricolor* var. *alpestris* in der Spornlänge, Färbung etc. Von den bei den Violaarten auftretenden Blumenfarben Gelb und Violett ist Gelb wohl die ursprünglichere, besonders den wenig angepassten Arten eigene.

Bei den Violaarten, bei denen die seitlichen Blumenblätter am Grund bärtig sind, dienen die Bärte nach Delpino den von oben kommenden Bestäubern zum Festhalten (nur *V. biflora* hat diese Bärte noch nicht). Bei ihnen dürften die Insecten (die Bienen und Osmiaarten), die von oben, den Kopf nach unten, in die Blüthe eindringen, die normalen Bestäuber sein, während die unten anfliegenden Insecten (*Bombylius*, *Anthophora*), welche den Blütenstaub mit der Rückenseite abstreifen, illegitim sind. Die nord-

amerikanischen Arten *Viola pubescens*, *V. palmata*, *V. striata* sind den bauchsammelnden Bienen *Osmia albiventris* und *O. atriventris*, welches die häufigsten und regelmässigsten Besucher sind, daher noch mehr als unsere Arten dem Besuche von oben angepasst. Dagegen hat sich *Viola pedata* mit ziemlich langem, aufwärts gekrümmtem Sporn gerade den rückensammelnden, von unten die Blüthe ausbeutenden, langrüsseligen Bienen angepasst. Die langrüsseligen Arten *Anthophora ursina* (Rüssellänge 18 mm), *Bombus virginicus* (Rüssel 14 mm), *B. separatus* (11—13), *B. pennsylvanicus* (16—17), *Synhalonia speciosa* (13—15) saugen hier alle in aufrechter Stellung, während Schmetterlinge, wie *Colias philodice*, *Nisoniades icelsus* etc., fast ohne Ausnahme die Blüthe in umgekehrter Stellung ausbeuten (weil der Sporn im Gegensatz zu dem der *Viola calcarata* aufwärts gebogen ist. Bei der Ranunculacee *Aconitum* hat diese Aufwärtsbiegung des Sporns sogar zum Ausschluss der Schmetterlinge geführt).

Viola cornuta mit langem Sporn strömt in der Nacht einen starken Wohlgeruch aus und ist nach W. E. Hart eine Anpassung an Nachtschmetterlinge.

Bei *Viola odorata* wie bei manchen anderen im ersten Frühjahr blühenden Pflanzen (z. B. *Pulmonaria*) sind die Laubblätter zur Blüthezeit klein, wachsen aber und entfalten ihre ganze assimilatorische Thätigkeit nach der Blüthe. Es ist dies ein Uebergang zu den Frühlingspflanzen und Herbstpflanzen, die vor der Entfaltung des Laubes oder nach dessen Absterben blühen (*Daphne*, *Cornus*, *Prunus spinosa* — *Colchicum autumnale*).

Caryophyllaceen und Falterblumen.

Silenaceen.

§ 146. Die ausgeprägt proterandrischen Blumen, deren äussere fünf Staubgefässe sich früher entwickeln als die inneren, stellen zum Theil hoch entwickelte Anpassungen an Schmetterlinge dar. Die meist lang genagelten Blumenkronblätter werden durch den verwachsenblättrigen Kelch in dem unteren Theil zu einer mehr oder minder langen honigbergenden Röhre zusammengehalten (auch viele Cruciferen zeigen ähnlichen Bau, obwohl bei ihnen die Kelchblätter frei sind). Die Röhre findet oft noch eine Fortsetzung durch ein Krönchen. Die sicheren Anpassungen an die langrüsseligsten Insecten haben bei vielen zur Gynodiöcie, Diöcie oder Triöcie ge-

führt. Mit der Länge der Blütenröhre steigt die vorwiegende Betheiligung der Schmetterlinge, die Ausprägung rother Blumenfarben, feinerer Zeichnungen um den Blütheneingang herum und zierlicher Auszackung und Zerschlitzzung des Blüthenumrisses. Der Wohlgeruch scheint erst eine weitere Anpassung an Schmetterlinge gewesen zu sein, er findet sich noch nicht bei den bereits roth gefärbten Formen, deren Kreuzungsvermittlung neben Faltern auch Apiden besorgen, wie *Lychnis flos cuculi*, auch nicht bei den ausgeprägten Tagfalterblumen *Silene acaulis*, *Saponaria ocymoides*, während die ausgeprägtesten Falterblumen, die Nelken, einen starken gewürzigen Duft ausströmen. Besonders stark ist der von den weissblühenden Nachtfalter- oder Schwärmerblumen ausgeströmte Duft am Abend und während der Nacht. Von den deutschen alpinen Arten ist nach H. Müller:

Silene acaulis, eine Tagfalterblume, triöcisch polygamisch und mit ausgeprägt proterandrischen Zwitterblüthen. H. M. führt 33 Schmetterlinge auf.

S. nutans, proterandrische gynodiöcische Nachtfalterblume. Nach v. Kerner entfaltet sich jede Blüthe drei Nächte nach einander und macht sich dann durch kräftigen Hyacinthengeruch bemerkbar (in der ersten Nacht äussere Staubgefässe, in der zweiten Nacht innere Staubgefässe dehiscirend, in der dritten Nacht entfalten sich die Narben. Ausser Noctuiden (Eulen) kommen aber bei Tag auch Tagfalter, Hummeln und Wollschweber).

S. inflata, proterandrische triöcische Nachtfalterblume, gynodimorph. Der aufgeblasene Kelch schützt gegen Einbruchsdiebstahl. Ausser *Plusia gamma* und anderen Noctuiden finden sich noch Hummeln und Tagschmetterlinge ein während des Tages.

Lychnis flos cuculi, proterandrische Tagfalterblume, deren Honig ausser von Faltern auch von Bienen und den langrüsseligsten Schwebfliegen ausgebeutet wird, während der Honig von *L. flos Jovis* nur noch von Tagfaltern ausgebeutet wird (in ähnlicher Weise wird unser *Daphne Mezereum* von Faltern, Bienen und Fliegen besucht, die langröhriige alpine *Daphne striata* aber nur noch von Faltern). Dass auch die den Blütheneingang umgebenden, zierlich zerschlitzen Blumenkronenanhänge wie die rothe Farbe Züchtungsproduct der Tagfalter ist und deren Wohlgefallen erregt, dafür spräche nach H. Müller das wahrscheinlich durch geschlechtliche Auswahl erworbene rothgefärbte und bisweilen ausgezackte Putzkleid vieler Tagfalter.

Melandryum rubrum, eine Tagfalterblume (triöcisch, proterandrisch); *M. album* (diöcisch) blüht erst am Abend auf, duftet Nachts, ist dementsprechend Abend- und Nachtschmetterlingen angepasst.

Saponaria ocymoides, ausgeprägt proterandrische Tagfalterblume, während *S. officinalis* durch Abend- und Nachtschmetterlinge besucht wird.

Dianthus deltoides, proterandrische Tagfalterblume, wird bei uns viel von pollensammelnden Schwebfliegen besucht. *D. Carthusianorum* (proterandrisch, gynodimorph) wird fast ausschliesslich von Tagschmetterlingen besucht. *D. superbus*, die stattlichste Alpennelke, dürfte ihrer Form, Zerschlittheit der Krone und dem Wohlgeruch nach ursprünglich eine Anpassung an Tagfalter sein, ihr Honig liegt aber 20—25 mm tief unter dem Blütheneingang geborgen, so dass von allen in den Alpen fliegenden Schmetterlingen allein der Taubenschwanz (*Macroglossa stellatarum*) den Honig ausbeuten konnte. *D. superbus* stellt demnach jetzt eine Tagschwärmerblume dar. Der Taubenschwanz ist einer der befähigsten Kreuzungsvermittler, da er mit unübertroffener Behendigkeit in wenigen Minuten Hunderte von langröhrigen Blumen kreuzt. *D. silvestris* ist noch Tagfalterblume, Nektar 18—20 mm tief (*Papilio machaon* hat 18—20, *Argynnis Aglaja* 15—18 mm Rüssellänge), wird aber mit der eben hervorgehobenen Behendigkeit durch *Macroglossa stellatarum* besucht (würde die Röhrenverlängerung einen Schritt weiter gehen, so würden die Tagfalter ganz ausgeschlossen und es wäre eine Tagschwärmerblume wie *D. superbus* fertig). *Dianthus plumarius* fl. albo wurde in meinem Garten von zahlreichen Nachtschwärmern (*Sphinx pinastri* etc.) besucht.

Alsinaceen.

Die meisten Alsinaceen (*Stellaria*, *Cerastium*, *Möhringia*) haben einfach weisse, wenig augenfällige Blumen mit offenem Honig, aber meist von ausgeprägter Proterandrie. Die Bestäuber sind vorwiegend kurzrüsselige Dipteren. Der reiche Insectenbesuch hat vielfach zur Ausbildung kleinblüthiger weiblicher Stöcke geführt (gynodimorph sind z. B. *Cerastium arvense*, *C. alpinum*, *Stellaria graminea*, *Malachium aquaticum*, *Möhringia muscosa* etc. etc.) Weit seltener hat Insectenarmuth zur Kleistogamie geführt.

Andere lepidopterophile Blumen.

Wie bei den Caryophyllaceen von den offenen Blüthen der Alsineen bis zu den langröhrigsten Sileneen immer mehr Insectenkreise ausgeschlossen, zuletzt nur die langrüsseligsten Schmetterlinge als Bestäuber zugelassen werden — und sich auch wohl ihrerseits den Blumen angepasst haben — so sind auch in anderen Familien derartige engere Anpassungen zu verzeichnen, so bei den Cruciferen. Bei *Cardamine pratensis* ist bereits der Honig nur noch Schmetterlingen, Bienen, Dipteren (Wollschwebern, Schnepfen- und Schwebfliegen) zugänglich, bei *Hesperis matronalis* nur noch Schmetterlingen und der langrüsseligsten Fliege *Rhingia rostrata*, bei *Hesperis tristis*, bei der die Blumenfarbe trübe und in der Nacht nicht wahrnehmbar ist, werden nur noch Nachtschmetterlinge allein durch den Wohlgeruch angelockt; so bieten die Caprifoliaceen, Rubiaceen, Orchideen weitere Beispiele. In einigen Fällen hat eine nachträgliche Umprägung von Bienenblumen oder Hummelblumen in Tagfalterblumen stattgefunden, z. B. bei *Alectorolophus alpinus* und *Viola calcarata*.

Der Ausschluss anderer Besucher von den Genussmitteln erfolgt bei den Nachtfalterblumen, die sich erst am Abend öffnen, durch die Blüthezeit, bei allen Falterblumen überhaupt dadurch, dass sich der Zugang zu dem Honig so stark verengt, dass nur die dünnsten Insectenrüssel, d. h. die Schmetterlingsrüssel ihn passieren können. Bei den offenen Blumen von *Lilium Martagon*, *L. bulbiferum* etc. wird der Honig in einer engen überdeckten Rinne auf der Mittellinie des Perigonblattes abgeschieden, bei den Nelken, *Saponaria*, verschiedenen *Silene* und *Lychnis* und bei Cruciferen, z. B. *Hesperis tristis*, wird der Eingang der Blume durch den verlängerten Kelch verengt etc. Während die übrigen Schmetterlinge den anderen Insecten an Düntheit des Rüssels überlegen sind, zeichnen sich gewisse Schwärmer (Sphingiden) durch die Länge des Rüssels und durch einen hohen Grad geistiger Ausrüstung für Gewinnung des Blumenhonigs aus, so dass sie am schnellsten bei der Blumenarbeit sind. Ihnen angepasst sind verschiedene Tag-schwärmerblumen, z. B. *Gentiana bavarica*, *G. verna*, aus einer Tagfalterblume umgeprägt *Dianthus superbus*, und die Nachtschwärmerblumen wie *Lonicera Periclymenum*, *Posoqueria fragrans*, *Melandryum album*, *Convolvulus sepium* (dessen geographische Verbreitung mit der des *Sphinx Convolvuli* übereinstimmt), *Datura*

Stramonium (die lange Blume hat Nachts einen starken Wohlgeruch, während die Laubblätter widerlich riechen) und besonders viele auswärtige Daturaarten. Verbindungsglieder zwischen Tag- und Nachtschwärmerblumen sind z. B. *Saponaria officinalis*, *Oenothera biennis*, *Mirabilis Jalapa*, zwischen Tag- und Nachtfalterblumen z. B. *Lilium Martagon*, das aber gegen Abend am stärksten duftet, *Daphne striata*, *Crocus vernus*, *Gymnadenia odoratissima*, *G. conopsea* etc.

Geraniaceen.

§ 147. Unsere Geraniumarten bieten gleich den Malven und Weidenröschen ein treffliches Beispiel dafür, wie der Insectenbesuch und die Einrichtungen der Fremdbestäubung mit der Grösse und Augenfälligkeit der Blüthe zunehmen, wie umgekehrt mit dem Kleinerwerden der Blüthe die Wahrscheinlichkeit der spontanen Selbstbestäubung zunimmt. Von den fünf Arten *Geranium pratense*, *palustre*, *pyrenaicum*, *molle*, *pusillum* haben die beiden ersten eine grosse Blüthe, *G. pyrenaicum* hat eine mittelgrosse, *G. molle* eine kleine und *G. pusillum* eine noch kleinere Blüthe. *G. pratense* und *palustre* sind ausgeprägt proterandrisch, erst ausschliesslich männlich, dann ausschliesslich weiblich und völlig unfähig, sich selbst zu bestäuben, *G. pyrenaicum* ist anfangs ausschliesslich männlich, dann zwittrig und in der Regel xenogam, *G. molle* erst männlich, dann zwittrig, häufig autogam und *G. pusillum* anfangs ausschliesslich weiblich, dann zwittrig, in der Regel autogam. Nach H. Müller sind die Blütheneinrichtungen die folgenden.

Geranium palustre. Die Blüthen breiten ihre purpurrothen Blumenblätter im Sonnenschein zu einer Fläche von 30—40 mm aus einander und kehren sie der Sonne zu, so dass sie voll beleuchtet schon aus der Ferne den Insecten entgegenleuchten. Den herangeflogenen Insecten — Fliegen und Bienen, namentlich *Halictus*-arten und vereinzelt Schmetterlingen — zeigen die nach der Mitte convergirenden dunkleren Linien und der blassgefärbte Nagel der Blumenblätter die Lage des Honigs an, der von fünf Nektarien am Grund der äusseren fünf Staubfäden abgesondert wird und durch Wimperhaare an der Basis der Blumenblätter gegen Regen geschützt, auch kurzrüsseligen Insecten zugänglich ist. Es entfalten sich zuerst die fünf äusseren, dann die inneren Staubgefässe und danach die Narben und rücken, die übrigen Theile überragend, in die Blüthenmitte; jeder der zwei Staubgefässkreise biegt sich nach dem

Verblühen wieder nach aussen, so dass sowohl räumliches wie zeitliches Auseinanderrücken der beiden Geschlechter Selbstbestäubung ausschliesst.

Geranium pratense ist auf den Wiesen in der Regel die augenfälligste Blume, so wie *G. palustre* an den Ufern und hat daher wie jenes, dessen Blütheneinrichtung es theilt, in der Regel die Möglichkeit der Selbstbestäubung eingebüsst. Die Narben werden meist erst empfängnissfähig nach Zurückbiegung der Staubgefässe und hören auf es zu sein, wenn die Blumenblätter ausfallen.

Bei *Geranium pyrenaicum* sind vor dem Sichöffnen der Blüthe alle Staubfäden mit ihrem oberen Ende schwach nach auswärts gebogen. In der offenen Blüthe haben sich zunächst die mit den Blumenblättern alternirenden fünf Staubfäden, die an der Aussenseite ihrer Basis die Nektarien tragen, aufgerichtet; die Antheren überragen, nach aussen und oben dehiscirend, die noch geschlossenen Narbenäste, während die fünf inneren vor den Blumenblättern stehenden Staubfäden ihre Staubbeutel nach aussen und dem Blüthengrund zugekehrt haben. Am folgenden Tag richten sich auch die letzteren auf, so dass die noch geschlossene Narbe von zehn oben und aussen mit Blüthenstaub bedeckten Antheren überragt und umgeben ist. Erst einen bis zwei Tage später spreizen sich die Narbenäste nach aussen, nachdem sie sich so gestreckt haben, dass sie nun mit den Staubgefässen in gleicher Höhe sind. Ist inzwischen nicht, was bei reichlichem Insectenbesuch zu geschehen pflegt, der Blüthenstaub bereits entfernt, so kann durch die Insecten Befruchtung derselben Blüthe, ohne dieselben Selbstbefruchtung eintreten. Bei *G. sanguineum* ist der Hergang trotz der augenfälligeren Blumenblätter ein ähnlicher, der Vortheil der grösseren Augenfälligkeit scheint daher nur den Nachtheil des schattigeren Standortes aufzuwiegen.

Geranium molle. Die Staubfäden sind auch hier in der frisch geöffneten Blüthe von der Mitte entfernt, die des inneren Kreises stärker nach aussen gebogen als die des äusseren, letztere biegen sich zuerst, einer nach dem anderen, auf die Narbe und dehisciren. Ehe aber alle fünf Staubgefässe aufgesprungen sind, breiten sich die Narbenäste zwischen ihnen aus. Während ihrer weiteren Ausbreitung biegen sich auch die inneren Staubfäden zur Narbe und es kommen nun zehn dehiscirende Staubbeutel theils in die Winkel, theils an die Spitzen der Narbenäste. Die Wahrscheinlichkeit der Selbstbestäubung ist bei der geringen Augenfälligkeit

grösser als die der Fremdbestäubung (durch Fliegen und Apiden). Müller beobachtete, dass die Honigbiene da, wo sie die Wahl zwischen *G. molle* und *pusillum* hat, zwar ersteres vorzieht, dagegen von ihm lieber zu anderen Honigblumen (z. B. *Glechoma*) übergeht, wo sie die Wahl hat.

Bei *G. pusillum* sind die Blüthen noch kleiner und blasser gefärbt und werden nur spärlich von Fliegen (*Ascia podagrica*) besucht. Die inneren Staubfäden — die äusseren tragen keine Antheren — liegen dicht am Stempel. Die Narbenäste spreizen sich vor ihrer Dehiscenz aus einander und liegen zuerst zwischen den später sich öffnenden Antheren, letztere überragen dann bald die sich weiter ausbreitenden Narbenäste. Die Narben werden dann leichter durch eigenen Pollen der Blüthen, als durch fremden befruchtet. *G. dissectum* hat ähnliche Einrichtung der Blüthe, aber zehn Staubgefässe.

Das zu den grossblüthigen Arten zählende *Geranium phaeum* mit dunkelrothbraunen oder dunkelvioletten, am Grunde helleren Blumen ist nach O. Kirchner Bienenblume. Es wird nach ihm von *Apis mellifica* besucht. MacLeod beobachtete in den Pyrenäen *Bombus agrorum*, *B. terrestris*, *B. hortorum*, *B. pratorum* als Bestäubungsvermittler. Es ist ausgeprägt proterandrisch. Die Kronblätter der vertical stehenden Blume breiten sich anfangs bis zu einem Durchmesser von 22 mm flach aus, schlagen sich aber bald soweit nach hinten über, dass der Durchmesser nur noch ca. 18 mm beträgt und die Geschlechtsorgane frei aus ihr hervorstehen. Die Staubblätter entfalten sich nach einander, und zwar die des inneren Kreises zuerst. Nach dem Stäuben fallen die Antheren ab, und die Filamente krümmen sich nach aussen. Die Griffel ragen anfangs nur ca. 7 mm weit aus der Blüthe, später 10—11 mm, und die fünf Narbenäste entfalten sich (nach Abfall der Antheren) in derselben Höhe, in der früher die Antheren standen; nach der Bestäubung legen sie sich wieder zusammen.

Eine nach jeder Richtung hin biologisch bemerkenswerthe Gattung ist *Erodium*, der daher hier eine etwas ausführlichere Besprechung zu Theil werden soll.

Vom gemeinen Reiherschnabel lassen sich neben vielen untergeordneten, auf Blatttheilung, Behaarung etc. basirten Varietäten zwei samenechte Unterarten als *Erodium cicutarium* und *E. pimpinellifolium* (Willd.) unterscheiden, die in biologischer Hinsicht auf sehr verschiedenen Stufen der Anpassung stehen und, was gleich

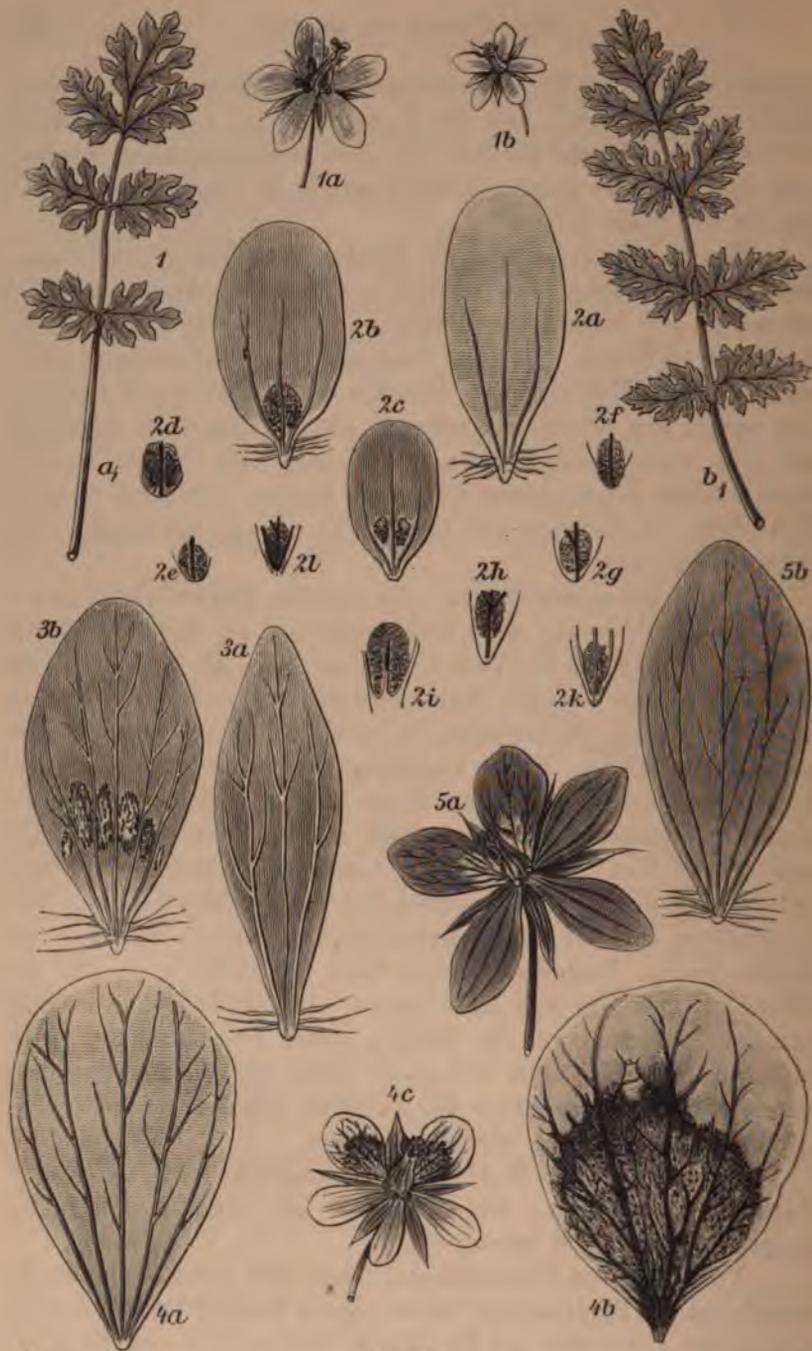


Fig. 19.

1a Blüthe; a, Erstlingsblatt von *Erodium pimpinellifolium*; 1b Blüthe; b, Erstlingsblatt von *E. cicutarium*. — 2. *E. pimpinellifolium*; a ein unteres, b ein oberes Blumenblatt der gewöhnlichen Form, c Klosschwitzer Form nach Prof. Dr. Th. Liebe; d, e, f, g, h, i häufigere Veränderungen des Saftmales; k, l Form des Saftmales von Amsterdamer Exemplaren, c Blüthe. — 3. *E. carvifolium*. — 4. *E. macrodenum*; a unteres, b oberes Blumenblatt, c ganze Blüthe. — 5. *E. Manescavi*; a Blüthe; b unteres Blumenblatt.

hier bemerkt sei, in verschiedenen Wohnbezirken verschiedene Grade der Anpassung an die Bestäubungsvermittler erreicht haben. Blüh- und Blüthenumwandlungen, die bei der einen Form schon völlig beendet und ausgeprägt erscheinen, sind bei der anderen gegenwärtig noch im vollen Gange. (Aehnlich hat A. Schulz für die beiden nahverwandten phytographischen Formen des Thymians, *Thymus chamaedrys* und *Th. angustifolius*, nachgewiesen, dass der Gynodimorphismus, der beim gemeinen Thymian den Biologen schon lange bekannt ist, nur bei der einen Form, *Th. chamaedrys*, völlig ausgeprägt ist, während er bei der anderen, *Th. angustifolius*, noch in der Ausbildung begriffen ist.) Bei *Th. chamaedrys* kommen nämlich getrennt auf verschiedenen Stöcken neben grossen proterandrischen Zwitterblüthen kleine, ausgeprägt weibliche Blüthen vor. Bei *Th. angustifolius* stehen dagegen die Zwitterblüthen und die kleineren weiblichen Blüthen bald in einem und demselben Blüthenstand, bald auf demselben Stock in getrennten Inflorescenzen, bald auf verschiedenen Stöcken. Auch sind bei dieser Form die Zwitterblüthen sowohl wie die weiblichen bei weitem nicht so ausgeprägt, wie bei *Th. chamaedrys*. Es giebt hier Blüthen, in denen alle Staubgefässe verkümmert sind, während in anderen nur die zwei kurzen oder die zwei kurzen und ein langes Staubgefäss ausgebildet sind. Schliesslich variirt die Länge der vollständig entwickelten Staubgefässe hier viel mehr als bei *Th. chamaedrys*.

Die beiden Formen *Erodium pimpinellifolium* und *E. cicutarium* (*genuinum*) zeigen in ihrer gewöhnlichsten Ausbildung, die sie durch klimatische Anpassung und Anpassung an die Insectenwelt etc. gegenwärtig erreicht haben, folgende Unterschiede:

<i>Erodium cicutarium</i> (von Greiz, Unterrodach etc.).	<i>Erodium pimpinellifolium</i> (von Schleusingen, Schmalkalden etc.).
Blätter graugrün, stärker behaart. Fiederblättchen noch einmal fiederspaltig, besonders die ersten Laubblätter der Keimpflanze, mehr zertheilt, mit schmalen, fast linealischen, gleichmässig stark zugespitzten Zipfeln.	Blätter mit eingeschnitten-gezähnten Fiederchen, besonders Erstlingsblätter mit weniger getheilten Fiederchen, deren Zipfel rundlich, an der Basis am schmalsten, am Ende stumpf sind. Später gleichen sich die Unterschiede der Blattform mehr und mehr aus.
Durchmesser der Blumenkrone ca. 8 bis 12 mm.	Durchmesser der Blumenkrone 13 bis 15 mm.

Die beiden oberen Blumenblätter wenig kürzer, breiter und dunkler als die unteren, oder in selteneren Fällen die Blüthe aktinomorph. Nektarien fast gleich. Ohne Saftmal.

Die beiden oberen Kronblätter kürzer, breiter, viel intensiver gefärbt als die drei unteren und mit zwei ovalen Saftflecken am Grunde. Letztere aus dunkelrothen, fast schwarzen, nach unten convergirenden Punktreihen oder Strichelchen auf weisslich graugrünem Grund bestehend und von etwa $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ der Länge der Blumenblätter. Obere Nektarien bedeutend grösser als die unteren und reichlicher Honig ausscheidend.

Homogam oderschwach proterogynisch, autogam und autokarp.

Ausgeprägt proterandrisch, xenogam, gynodimorph.

Beim Oeffnen der Blüthe Narbenäste bereits gespreizt, die oberen Antheren liegen mit der (sofort) dehiscirenden Seite der Narbe an und verlassen diese überhaupt nicht. Die beiden unteren Staubgefässe anfangs vom Griffel entfernt, später gleichfalls dehiscirend. Mittags fallen gewöhnlich (bei trockenem Wetter) die Blumenblätter aus und die Kelche schliessen sich.

Beim Oeffnen der Blüthe Griffel noch kurz, unentwickelt, Antheren etwas von ihm entfernt. Es dehisciren zuerst die oberen, dann die unteren Antheren auf der dem Griffel abgewandten Seite. Die Staubgefässe biegen sich dann bald ganz nach aussen, meist die Narbenäste öffnen und ausbreiten, was meist am zweiten Tage geschieht. Nur zuweilen (besonders bei wenig auffälligem Saftmal) gehen die Staubgefässe wieder zur Narbe zurück (Nothbehelf autogamer Befruchtung). Die Blumenblätter fallen meist am zweiten Tage aus. An den kleineren weiblichen Blüthen, die neben den Zwitterblüthen auf denselben oder getrennten Stöcken auftreten, fehlt öfter das Saftmal oder ist wenig ausgeprägt.

Erodium pimpinellifolium wie *E. cicutarium* zeigen jedoch nicht aller Orten die hier beschriebenen Eigenschaften, wie sie sich z. B. im westlichen und südlichen Thüringen und an anderen Orten finden, vielmehr sind von der ersteren einmal anderwärts noch ungeflechte, wenig auf Insecten angepasste Formen beobachtet, während andererseits bei *E. cicutarium* von mir vereinzelt bei Elsterberg und Greiz die ersten Anfänge zur Ausbildung einer gefleckten grösserblüthigen Insectenform beobachtet wurden, die anderwärts noch etwas weiter gediehen sind. Es handelt sich also bei beiden

Unterarten — nur in sehr ungleichem Grade — um die Ausbildung einer besonderen Insectenform (oder vielleicht auch in einem Falle um eine Rückbildung, Anpassung an die insectenlose Fortpflanzung). Der Fall schliesst sich also an die bei *Viola tricolor* erwähnten Fälle an. Während aber hier die Zuchtwahl der Insecten die Variabilität der Gesamtgrösse und Färbung oder nur (bei *Iris*) der gegenseitigen Stellung der Blüthentheile benutzt hat, hat dieselbe in der Gattung *Erodium* aus Arten mit aktinomorpher, gleichfarbiger Blüthe Varietäten und Arten mit zygomorpher Blüthe abgezweigt, in welcher sich nicht nur ein besonders auffälliges Saftmal, sondern auch charakteristische, auf die Insectenbestäubung gerichtete Gewohnheiten ausgebildet haben.

Blüthgewohnheiten der *Erodium*arten. Bei *Erodium pimpinellifolium* liegen die drei unteren längeren Blumenblätter beim Aufblühen direct an einander, während die beiden oberen eine helmartige Decke bilden. Die in der Regel seitliche Blüthe ist durch die Staubgefässe so geschlossen, dass ein Insect hier nicht eindringen kann. Das obere Kelchblatt und die oberen, das Saftmal tragenden Blätter sind dagegen soweit von den oberen Staubgefässen entfernt, dass die schwarze Honigdrüse, zu welcher die fleckenartigen Zeichnungen führen, sichtbar wird, während die unteren Nektarien durch die als Saftdecke dienenden Haare am Grunde der Blätter fast ganz verborgen werden. Das Insect muss unten anfliegen und dann seinen Weg über die oberen Staubgefässe, von denen es dabei den röthlichen Pollen abstreift, hinweg zum Nektar nehmen. Da, wie hieraus ersichtlich, das oberste Nektarium das am häufigsten besuchte ist, so ist es verständlich, dass es sich am meisten ausgebildet hat, während die beiden unteren Nektarien viel kleiner geworden sind und nur spärlich Honig absondern. Auch die zwei untersten Staubgefässe sind in manchen Blüthen verkleinert. Bei der Differenzirung der Blüthe in Anflugfläche und Anlockungsblätter haben sich die die erstere bildenden Blumenblätter etwas verlängert, die oberen breiteren sind intensiver gefärbt und mit dem Saftmal versehen. Selten sind die drei oberen oder alle fünf Blätter mit Saftflecken versehen. Nahe dem noch unentwickelten kurzen Griffel, doch bereits etwas entfernt, dehisciren zuerst die oberen, dann die unteren Antheren, die Dehiscenzseite dem Griffel abgewendet, in einem beobachteten Fall z. B. Dehiscenz der oberen Anthere 9 Uhr 30 Min., der zwei seitlichen 9 Uhr 40 Min., der zwei unteren 10 Uhr 10 Min. etc. (s. oben). Ganz anders bei *E. cicu-*

tarium (bei Greiz), wo die Blumenblätter meist gleich gefärbt und zuweilen auch gleich gross und die Nektarien völlig gleich sind. Der Gang ist im Allgemeinen derselbe, wie in dem folgenden beobachteten Falle: Oeffnen der Blüthe 7 Uhr 10 Min. Narbenäste bereits ausgeprägt, die drei oberen Antheren dehisciren, liegen aber mit der Pollenseite dicht an der Narbe, die sie überhaupt nicht verlassen, die zwei unteren Staubgefässe sind etwas vom Griffel entfernt. 8 Uhr 15 Min.: Narben (autogamisch) mit Pollen belegt. 10 Uhr: die beiden unteren Antheren haben sich an die Narbe gelegt und geöffnet. 12 Uhr: Blumenblätter ausgefallen, Kelch sich schliessend. Zuweilen sind die Blüthen nicht homogam, sondern schwach proterogynisch. Fast regelmässig tritt Autogamie ein, obwohl die Xenogamie nicht ganz ausgeschlossen ist. Nur asyngamische (wahrscheinlich autogamisch erzeugte) Exemplare von *E. pimpinellifolium* (III. Generation in demselben Jahr) mit kleinen kümmerlichen Blüthen verhielten sich in meinem Garten ganz wie *E. cicutarium*. Auch bei den proterandrischen Gattungen *Geranium* und *Malachium* ist von Alf. Bennet, W. E. Hart und Magnus das Vorkommen homogamer Blüthen an asyngamen Exemplaren beobachtet worden. Bei *Erodium moschatum* (vgl. Ludwig, Die Anpassungen der Gattung *Erodium* an Insectenbestäubung, Kosmos, IV, Heft II, p. 357 ff.), das dem *E. cicutarium* am nächsten steht, aber sich durch die moschusduftenden Blätter mit gestielten, tief eingeschnittenen Fiederchen (mit doppeltgesägten Einschnitten), ferner durch Zähne am Grunde der Staubfäden, gelblichen Pollen, weissliche Narben, grüngelbe Nektarien, sowie durch die Drüsenhaare an Stengeln und Blättern unterscheidet, sind die Blüthen etwa von der Grösse und Farbe, wie bei *E. cicutarium*, ohne Saftmal. Die Narbenäste sind stets schon beim Oeffnen der Blüthe ausgebreitet. Die Antheren dehisciren früh, der Narbe anliegend, und diese meist erfolgreich selbstbefruchtend. Die Blumenblätter fallen am ersten Tag, sehr bald, zuweilen schon zwischen 10 und 1 Uhr ab, worauf sich der Kelch schliesst. Bei schlechtem Wetter öffnen sich die Blüthen zuweilen überhaupt nicht.

Erodium gruinum mit grossen blauen, blass regelmässigen Blumen (etwa Grösse von *Geranium pratense*, ca. 28 mm Durchmesser) ist ausgeprägt proterogynisch, ohne Saftflecke und mit gleich grossen grünlichen Nektarien. Die einzige Andeutung der Zygomorphie zeigt sich in dem Verhalten des oberen Staubgefässes. Die Narbenäste spreizen sich bereits in der geschlossenen

Blüthe aus einander. Beim Oeffnen der Blüthe liegen die Antheren noch unentwickelt über der Narbe, entfernen sich jedoch bald beträchtlich und kehren die Dehiscenzseite nach aussen. Etwa $\frac{3}{4}$ Stunden bleibt die Blüthe rein weiblich, dann dehisciren die Antheren, mit der obersten beginnend, rasch nach einander im Zwischenraum von 2—5 Minuten. Darauf biegt sich das oberste Staubgefäss noch oben zurück, während sich die übrigen langsam der Narbe nähern. Bei der Grösse der Blüthe ist das Zurückbiegen des obersten Staubgefässes nöthig, wenn das in der seitlichen Blüthe aufliegende und das obere Nektarium aufsuchende Insect den Blüthenstaub abstreifen soll. Bis jetzt ist nur Xenogamie möglich. Nun beginnen aber die unteren Staubgefässe sich völlig über die Narbe zusammenzubiegen (etwa gegen 10 Uhr). Der Pollen haftet so fest an den Antheren, dass er von selbst nicht abfällt und die Narbe noch unbelegt bleibt, bis die Antheren dieselbe ganz berühren. Zuletzt nähert sich auch das obere zurückgebogene Staubgefäss und drückt seine Antheren fest auf die Narbe, so dass diese, wenn nicht zuvor Insecten kamen, Selbstbefruchtung vollziehen. Schliesslich fallen die Blumenblätter und Antheren ab und der Kelch schliesst sich. (Z. B. am 5. Juli Oeffnen der Blume 7 Uhr 10 Min., Dehiscenz der Antheren von 8 Uhr bis 8 Uhr 15 Min.; Zurückbiegen des obersten Staubgefässes 8 Uhr 40 Min.; Zurückbiegung der 4 untersten Staubgefässe zur Narbe um 10 Uhr. 11 Uhr 45 Min. Narbe mit den ersten Pollenkörnern belegt. 12 Uhr 20 Min. Zurückbewegung des obersten Staubgefässes zur Narbe, nach 1 Uhr Abfall der Blumenblätter und Antheren; am 6. Juli Oeffnen 6 Uhr, Dehiscenz 6 Uhr 25 Min. bis 6 Uhr 40 Min. etc., ähnlich wie vorher.)

Erodium macrodenum perennirt und hat gleich *E. cicutarium* ziegelrothen Pollen (*E. gruinum* und *E. moschatum* gelben) und ist, wie es scheint, stets zygomorph, besitzt aber auffällige Saftflecken auf den beiden oberen Blumenblättern und ihnen entsprechend verschieden grosse Honigdrüsen (die drei oberen bedeutend grösser als die unteren). Die Blüthe ist etwas kleiner als die von *E. gruinum*, aber grösser als die von *E. pimpinellifolium*. Die drei unteren verlängerten Anflugblätter sind reinweiss, mit fünf blassen, kaum gefärbten Rippen, die zwei kürzeren breiteren, rundlichen oberen Blätter sind blassrosa gefärbt und haben am Grund ein scharf hervortretendes Saftmal von etwa $\frac{2}{3}$ der Blattlänge. Fünf das Blatt durchziehende Rippen sind bis an den Umfang dieses ovalen Saftfleckes dunkelroth gefärbt und anastomosiren stark,

besonders am Rande, wo sich auch hauptsächlich das dunkelrothe Pigment abgelagert hat; während sie ausserhalb des Fleckes einfach und kaum gefärbt sind, wie bei den unteren Blättern. Sie machen die Grundzeichnung des Fleckes aus, zwischen der auf grauweissem Grunde, ganz ähnlich wie bei *E. pimpinellifolium*, nur verhältnissmässig spärlichere und feiner dunkelrothe, fast schwarze Pünktchen eingesprengt sind. *E. macrodenum* gehört zu den ausgeprägtesten Proterandristen, die ich kennen lernte. Die Antheren dehisciren am ersten Vormittag nahe dem unentwickelten kurzen Griffel und biegen sich dann völlig nach aussen zurück, bis sie die Blumenblätter berühren (welche Lage sie nicht wieder verlassen), werfen schliesslich die Staubbeutel ab. Abends bleibt die helle Blüthe, die wahrscheinlich auch auf Nachtbesuch rechnen darf, offen. Erst am 2. oder 3. Tag erreicht der Griffel seine definitive Länge und breitet seine Narben völlig aus. Die Blumenblätter fallen nach 3—5 Tagen aus. Autogamie ist völlig unmöglich. Die Blüthgewohnheiten zeigen demnach von dem noch völlig autogamen *E. moschatum* und dem ähnlichen *E. cicutarium* (wie es bei Greiz, Unterrodach etc. sich verhält) aus eine gesteigerte Anpassung an den Insectenbesuch, wenn wir *E. gruinum*, *E. pimpinellifolium*, *E. macrodenum* vergleichen.

Bei *E. macrodenum* kommt zu den erörterten Blüthgewohnheiten noch eine ausgeprägte Selbststerilität (Atrygie oder Adynamandrie). Ich hatte in meinem Garten zwei aus Samen gezogene, reichlich blühende Stöcke, die bei Uebertragung des Blüthenstaubes von Stock zu Stock regelmässig Früchte bildeten, nie aber bei autogamer Bestäubung. 1887 blühte der eine mehrere Wochen früher als der andere. Die zahlreichen Blüthendolden desselben, die sich in dieser Zeit entwickelten, setzten, trotzdem ich sie auto- und geitonogam bestäubte, keinen einzigen Samen an, während die künstliche xenogame Bestäubung durch die Blüthen des anderen Stockes sofort wirksam war und in der Folge auch zahlreiche andere Blüthen durch Vermittelung von Insecten befruchtet wurden. Einer der Stöcke ging später im Winter ein und der andere, den ich noch eine ganze Reihe von Jahren hatte, konnte nie wieder zur Fruchtbildung gebracht werden. (Wohl in Folge der Jahre lang ausbleibenden Fremdbestäubung änderte der Stock von 1884 an gänzlich seine Blüthgewohnheiten, die Staubgefässe stellten ihre Bewegungen ein und wurden schliesslich rudimentär, gelben tauben Pollen erzeugend, die Blüthen wurden kleiner. Dagegen blühte der

Stock jetzt unaufhörlich weiter. Diese Blühsucht und die wohl damit in Zusammenhang stehende Erschöpfung der blüthenbildenden Substanzen ist jedenfalls auf die ausbleibende Befruchtung zurückzuführen, da auch bei der normalen Pflanze die Einzelblüthe bei ausbleibender Bestäubung länger blüht und eine nichtfruchtende Pflanze reicher blüht als eine fruchttragende.)

Erodium Manescavi perennirt gleichfalls, hat sehr grosse, prächtige rothe (trocken purpurviolette) Blüten, deren Saftmal an den beiden oberen Blütenblättern eine bedeutende Vergrösserung dessen von *E. pimpinellifolium* darstellt. Letzteres scheint aber variabel und war an einem Stock, den ich aus fremdem Samen zog, viel mehr ausgeprägt als an Exemplaren aus Göttingen. Die erste Blüthe eines von mir cultivirten Stockes öffnete sich am 6. Juli 1885, war aber abnorm sechszählig und mit verkümmerten Antheren versehen, wie sie auch später gelegentlich in den letzten Blüten überzähliger Blütenstände auftraten. Der Blütenstand ist scheinbar doldig, in Wirklichkeit cymös, ein achtblüthiger Doldenschraubel, dessen Blüten nach einander mit einer etwas längeren Pause nach der ersten und vor der letzten Blüthe zur Entwicklung gelangen. Das Blühen schreitet über die einzelnen Doldenschraubel in 8 bis 10 Tagen hinweg und sind meist 2—5 Blüthenschäfte mit je 1 bis 4 Blüten während der ganzen Blüthezeit stets in Blüthe. Die Dauer der Einzelblüthe währt $1\frac{1}{2}$ —3 Tage, je nach der eintretenden Bestäubung. Der Kelch bleibt bei ausbleibender Bestäubung auch nach Ausfall der Blumenblätter noch länger offen. Die Blüten sind ausgeprägt proterandrisch, xenogam, die Antheren werden bereits vor der Dehiscenz von der Mitte weggebogen und am Ende des ersten oder anfangs des zweiten Blühtages abgeworfen, bevor der Griffel seine normale Länge erreicht und die Narbenäste ausbreitet. Während jedoch *E. macrodenum* streng adynamandrisch ist, ist *E. Manescavi* bis zu einem gewissen Grad geitogam und autokarp (durch Blütenstaub desselben Stockes befruchtbar). In Folge des Insectenbesuches in meinem Garten, wie auch einiger künstlich vorgenommener Bestäubungen der Blüten mit Pollen desselben Stockes hatten 44 Blüten gegen 26 Früchte angesetzt, deren Schnäbel etwa 6 Tage nach dem Blühen aus dem Kelch hervorwachsen. Freilich kamen von diesen, sowie von den folgenden Früchten an einigen 30 Blütenständen nur etwa 4% zur Reife. Von dem proterogynischen *E. gruinum* (mit reservirter Autogamie) zog ich 1885, wo ich nur einen einzigen Stock im Garten hatte, eine weit

grössere Anzahl reifender Samen. Bei ihm aber wie auch bei *E. pimpinellifolium* scheinen die autokarp entstandenen Samen eine geringe Keimfähigkeit zu besitzen.

Die verschiedenen Formen des Saftmales bei *Erodium pimpinellifolium* und den übrigen entomophilen Reiherschnabelarten sind noch von besonderem Interesse. Vergleichen wir zunächst die übrigen Erodien, so treten neben den völlig unscheinbaren, regelmässig autogamischen Formen der Blüthe Blumenformen auf, die nach den verschiedensten Richtungen die Wirksamkeit der Zuchtwahl der Insecten verrathen, zum Theil hoch specialisirte Formen vom Typus und der Färbung der grossblüthigen aktinomorphen Geranien wie das blaue *E. gruinum* mit proterogynischer Dichogamie etc., ferner gleichfalls regelmässige Blumen, bei denen besondere Zeichnungen und Flecken die Augenfalligkeit steigern und zum Nektar leiten; so sind bei dem strauchartigen *E. incarnatum* vom Cap der guten Hoffnung die grossen Fleischfarbenen Blumenblätter an der Basis gelbroth, bei dem perennirenden *E. guttatum* W. aus Nordafrika die rosen- bis lilafarbenen Petala am Grunde schwarzpurpurn gefleckt und die zierlichen Blumen von *E. hymenodes*, welche weiss, rothnetzadrig sind, haben rothen Grund — endlich haben wir in dem verschiedensten Grade der Ausbildung Formen, die bezüglich der Nektarien, Blumenblätter (Entwicklung und Bewegung der Staubgefässe) zygomorph sind und dem *E. pimpinellifolium* gleich auf den beiden oberen Blumenblättern ein Saftmal zeigen. So fanden wir bei dem alpinen, streng xenogamen proterandrischen und adynamandrischen *Erodium macrodenum* mit unten weisslichen, oben blasslilafarbenen kürzeren und breiteren Blumenblättern ein sehr grosses Saftmal auf den grossen Blumenblättern, dem des *E. pimp.* verwandt; ebenso findet sich, verbunden mit einer stärkeren Ausbildung der entsprechenden Nektarien und proterandrischen Dichogamie auf den beiden oberen breiteren, kürzeren und intensiver gefärbten rothen Blumenblättern, ein Saftmal bei *Erodium carvifolium* und bei *E. Manescavi* aus den Pyrenäen, ein solches mit purpurvioletten, dunkler geaderten Blumenblättern. Bei letzterem haben die beiden oberen kleineren Blumenblätter am Grund einen weisslichen Fleck (bei den Exemplaren aus dem Göttinger bot. Garten, während bei Exemplaren, deren Samen mir Herr Prof. Dr. Urban in Berlin besorgte, die grossen Flecke denen von *E. pimp.* und *E. macrodenum* gleichen). Bei einigen anderen Arten ist die Zygomorphie nur in der Stellung

der Blumenblätter (*E. moschatum*) oder noch in der Form und dem stärkeren Hervortreten der Blumenblattnerven ausgesprochen, so z. B. bei *E. Gussonei* mit kleinen Blüten und noch wenig ausgeprägter Dichogamie, bei *E. ciconium* etc.

Bei der letzten Gruppe bestehen hinsichtlich des Saftmals wesentliche Verschiedenheiten, die hier in Betracht kommen. Dem unbewaffneten Auge erscheint dasselbe im allgemeinen aus dunklen Punkten und Strichelchen (Zellen mit concentrirtem Farbstoff von etwas abweichender Form) zusammengesetzt, welche, auf etwas blasserem Untergrund, als ihn der übrige Theil des Blattes zeigt, nach dem Nectarium hin convergiren. Der Umriss der Saftflecken und die Verteilung der so abweichenden dunkleren Zellreihen kann jedoch ein sehr verschiedener sein. So ist z. B. bei *E. macrodenum* die Strichelung an die Blattadern gebunden und ergibt einen einzelnen runden Fleck, während bei *E. carvifolium* umgekehrt die Blattnerven frei von dunkleren Zellen sind und nur die zwischen den Nerven befindliche Blattfläche die Strichelung zeigt. Dementsprechend kommen auf jedem Blatt mehrere das Saftmal bildende kleinere Saftfleckchen neben einander zu Stande. Bei *E. pimpinellifolium* besteht nun das Saftmal in der Regel aus einem über dem Nagel jedes der zwei oberen (seltener drei oder fünf) Blumenblätter gelegenen elliptischen bis ovalen Fleck, der gleichmässige Färbung und Strichelung hat. Anders ist es bei der von Sibthorp als *pimpinellifolium* bezeichneten Varietät des *E. cicutarium*, die in Belgien vertreten zu sein scheint und bei der das Saftmal einen aus je vier schwarzen getrennten Punkten gebildeten eirunden Fleck bildet, wie Martinis bestätigt. Es lag nun die Frage nahe, ob bei der ungefleckten Form von *E. cicutarium* vermöge der gewöhnlichen Variabilität Formen auftreten, die dieser vierpunktigen Form bei der Zuchtwahl der Insecten an anderem Orte zum Ausgang gedient haben können — vermuthlich findet die Trennung des Saftmals in Einzelflecke in gleicher Weise wie bei *E. carvifolium* dadurch statt, dass die Blattrippen ungefärbt bleiben — und weiter, ob etwa noch andere Richtungen der Variation bereits bevorzugt oder für die Zukunft wahrscheinlich sind. Es könnten darüber einmal die im Naturzustand und in der Cultur auftretenden Variationen der ungefleckten Form (*E. cicutarium*) Aufschluss geben, andererseits die Variationen des Saftmals bei dem gefleckten *E. pimpinellifolium*. Bezüglich des ersteren Punktes fand ich, dass *E. cicutarium* an einzelnen Stellen stark variirt, so z. B.

in der Nähe des oberen Elsterthales, wo ihr Auftreten nicht ganz so spärlich ist wie in Greiz. Hier fand ich — freilich immer spärlich — Exemplare, die an der Basis der oberen Blumenblätter je ein weissliches oder graugrünliches Fleckchen trugen, oder die Mittelrippe oder die Rippen dieser Blätter überhaupt traten deutlicher hervor, oder sie zeigten jene fast schwärzlichrothen Punkte und Strichelchen, oder es war in wenigen Fällen bereits ganz das Saftmal des *E. pimpinellifolium* (Willd.) ausgeprägt (so bei Elsterberg, am Eselsberg bei Gera). Auf den Höhen von Kloschwitz bis Plauen fand sich *E. cicutarium* nur mit Blüten, auf deren zwei oberen Blättern je zwei kleine graulichviolette, aus Strichelchen gebildete Saftflecke vorhanden waren (Fig. 19, 2c), während bei Weischlitz wie bei Plauen, näher dem Elsterthale nur die ungefleckte Form vorkommt. Andererseits kommen gelegentlich reguläre Formen mit 5 Saftflecken vor, die an die anfangs erwähnten exotischen Erodien erinnern.

Was schliesslich die Formen des stets gefleckten *E. pimpinellifolium* (Willd) anlangt, so sind ähnlich wie bei *E. macrodonum* die Strichelungen hauptsächlich auf die Rippen beschränkt und um die Rippen gruppirt, nur in einzelnen Fällen hatte das Saftmal die Form, wie es Fig. 19, 2i, vorstellt, was ein Schritt zu der zweipunktigen Form sein dürfte. Bei den Thüringer Exemplaren treten auf den oberen Blumenblättern nur 3 Rippen deutlich hervor und nehmen mehr oder weniger an der Bildung des Saftmals theil, meist ist nur die Mittelrippe intensiver gefärbt und liegt der Saftfleck zwischen den beiden äusseren Rippen. Bei der Amsterdamer Form, welche ich durch H. van Heurck erhielt, sind dagegen 5 Rippen deutlich zu erkennen und gestrichelt; auch bei der vierfleckigen belgischen Form müssen 5 Rippen auftreten, nur sind sie hier von der intensiveren Färbung verschont geblieben — dort hat sich der Farbstoff hauptsächlich in ihnen concentrirt. Autogamische Kümmerlinge und weibliche Exemplare sind zuweilen bei *E. pimp.* ungefleckt, auch ausgerissene Stöcke, die eine Zeitlang fortblühten, entwickelten kleine kümmerlichere Blüten ohne Saftmal oder nur mit weisslichen Fleckchen.

Alles in Allem ergibt sich, dass bei *Erodium cicutarium* mit seiner Unterart *E. pimpinellifolium* alle jene Verschiedenheiten, die bei den anfangs erwähnten Arten von *Erodium* stabil geworden sind, in der Reihe der Varianten sich finden und dass auch hier bereits einzelne Richtungen der

Variation von den Insecten in unverkennbarer Weise den Vorzug erhalten haben (1-, 2- und 4-fleckiges Saftmal auf dem einzelnen Blumenblatt).

Was die Variabilität des Saftmales anlangt, so verdient noch hervorgehoben zu werden, dass zwischen der ungleichen Ausbildung der oberen Blumenblätter und der Nektarien (und Staubgefäße) eine Correlation besteht. Die Umgestaltung der oberen Nektarien geht der ersten Andeutung von Saftfleckchen voraus. Eine erhöhte Nektarsecretion und stärkere Entfaltung der oberen Nektarien ist aber offenbar die Folge einer lebhaften Nachfrage seitens der Insecten, die der natürlichen Stellung der Blüthe gemäss hauptsächlich auf die oberen Nektarien angewiesen sind. Wie wir uns die „Correlation“ zwischen Nectarium und Saftmal zu denken haben, darüber geben vielleicht die ersten Veränderungen des Blumenblattes bei Ausbildung des Saftmales einigen Anhalt. Es treten nämlich zuerst immer grünlich-weiße oder grau- oder gelbgrünliche Flecken auf, in deren Zellen sich Chlorophyll findet. Das Blumenblatt erhält also in dem dem Nectarium benachbarten Theile Organe der Assimilation (deren Endresultat hier vermuthlich Zucker ist). Dass die sehr gesteigerte Nektarsecretion von benachbarten Organen hauptsächlich die Blumenblätter beeinflusst, deutet besonders auch die weitere Ausbildung des Saftmales an (Auftreten von Punktreihen und Strichelchen — Zellen mit concentrirter Farbstofflösung). Es macht das Blumenblatt dann unter dem Mikroskop den Eindruck, als ob stärkere Saftströmungen, die zum Nectarium gerichtet sind, den Farbstoff aus ihren Bahnen herausgedrängt hätten, derselbe findet sich dann in concentrirtem Zustand in Zellreihen, die zwischen den fast farbstofffreien liegen und gleichfalls nach dem Nectarium gerichtet sind. Bei schlecht ernährten Stöcken ist oft mit der Reduction des Nectariums eine Verwischung des Saftmals verbunden, die dunklen Zellreihen convergiren nicht mehr nach der Blattbasis zu; in einem Fall fand ich sie über das ganze Blumenblatt zerstreut, selbst ziemlich weit oben am Blattrand. Es scheinen hiernach die Insecten nicht nur bei der Ausbildung bestimmter Formen durch Auswahl aus den vorhandenen Varietäten thätig zu sein, sondern durch Besuch der Nektarien in unserem Falle zur Blütenvariation selbst den ersten Anstoss zu geben.

Verbreitung von *Erodium pimpinellifolium* und *E. cicutarium*, ihre Bodenadaptation und ihr Verhalten in ver-

schiedenen Gegenden. Die beiden Arten haben in der Form, in der ich sie anfangs geschildert, ein sehr verschiedenes Verbreitungsareal. Das ausschliesslich gefleckte *E. pimpinellifolium* findet sich z. B. im westlichen Thüringen bei Schmalkalden, Schleusingen, Remptendorf (Reuss ä. L.), Neustadt a. O., Rahnitz etc., um Bremen, in Westfalen, um Antwerpen, Belfort und Mülhausen i. E.; das typische ungeflechte *E. cicutarium* um Liebenstein, Ohrdruf, Sondershausen, Saalfeld, Rudolstadt, Weimar, Göttingen, Sondersleben, Unterrodach in Bayern, um Stuttgart, Greiz, Elsterberg, Reichenbach, Wünschendorf, Weida, Gera und weiter auf und ab im Elsterthal, in der Mark Brandenburg und Schlesien. Im westlichen Thüringen und anderwärts ist eine Bodenadaptation nicht zu verkennen, da wo beide in der gleichen Gegend vorkommen, ist *E. pimpinellifolium* auf den Sandstein, *E. cicutarium* auf den Kalk, Schiefer etc. beschränkt. So fallen von Orten ausschliesslichen Vorkommens des *E. pimpinellifolium* auf den Buntsandstein z. B. Schleusingen, Schmalkalden, Neustadt a. O., Eselsrücken bei Gera u. a., während von den Orten des ausschliesslichen Vorkommens des meist ungeflechtblüthigen *E. cicutarium* viele den ersteren nahe gelegenen auf den Kalk oder Dolomit der Zechsteinformation oder den Thonschiefer fallen, wie Themar, Liebenstein, Altenstein, Saalfeld, Rudolstadt, Weimar, Göttingen, Greiz, Elsterberg etc. Diese Bodenadaptation der beiden Formen wurde mir auch von Seiten anderer Botaniker, wie von Haussknecht, ferner von kartirenden Geologen, die ganz speciell darauf achteten, bestätigt. So hat E. Zimmermann in Bezug auf die Erodien der Sectionen Saalfeld und Ziegenrück es als eine Regel gefunden, zu der nur seltene Ausnahmen vorkommen, dass ausschliesslich das typische, ungeflechte, kleinblüthige, graugrüne *E. cicutarium* auf dem Kalk und Dolomit der Zechsteinformation vorkommt, dass dagegen gefleckte Blüthen des *E. pimpinellifolium* auf Letten und Sandsteinen das normale Vorkommen bildeten.

An anderen Orten fanden sich jedoch beide Arten auf dem gleichen Boden, allerdings in ganz anderer Ausbildung, *E. pimpinellifolium* mit und ohne Flecke und *E. cicutarium* in verschiedenen Formen (ob auch Bastarde?). Aus den Angaben ist dann oft nicht ersichtlich, um welche Form es sich handelt, so z. B. bei Markneukirchen und Mülhausen im Königreich Sachsen, bei Penig, Torgau (sehr schwach gefleckt), auf Rügen etc. Eingehendere Untersuchungen hat

A. Schulz über die Erodien von Halle, Mansfeld etc. angestellt. Von *Erodium cicutarium* unterscheidet er eine gemeinere Form, deren Blüthen ca. 8—13 mm Durchmesser haben, aktinomorph einfarbig oder mit differenzirten oberen Blumenblättern versehen, fast immer homogam sind, und eine zweite bei Halle ziemlich verbreitete Form, deren Blüthen sehr gross, 12—15 mm, meist ausgeprägt zygomorph sind. Sie sind ausgeprägt proterandrisch und die Antheren stets extrors. Selbstbefruchtung meist ausgeschlossen. Bei der ersteren Form befinden sich auf den beiden oberen Blumenblättern, ziemlich häufig zwischen dem mittleren und jedem der Seitennerven einzelne Flecke oder nur je ein hellerer Fleck, der leicht zu übersehen ist, oder wenn augenfälliger, eine wenige Millimeter lange elliptische Fläche zu beiden Seiten des gleich den Seitennerven stärker gefärbten Mittelnerven bildet. Selten ist der grauweisse Fleck dunkelroth gestrichelt (Strichelchen nicht auf den Nerven). Bei der zweiten Form ist auch hin und wieder ein Saftmal vorhanden, das dann, scharf begrenzt, gross, durch die Mittelrippe oft fast in zwei Theile getheilt ist, zahlreiche und tief gefärbte Strichelchen und Punkte enthält.

Seltener als diese beiden Formen findet sich nach Schulz in der hallischen Gegend *E. pimpinellifolium*. Die Blüthen sind fast immer grösser als die mittleren von *E. cicutarium*, selten aktinomorph. Das Saftmal ist meist viel kräftiger ausgebildet als bei den vorigen Formen, zuweilen aber auch nur einen grauweissen Fleck bildend, oder ganz fehlend, oder nur auf einem der zwei oberen Blätter oder auch auf diesem nur zur Hälfte vorhanden. Um Halle sind zwar die Blüthen vielfach proterandrisch, zahlreiche Exemplare — strichweise alle — besitzen jedoch völlig homogame Blüthen.

Eigenartige Ausbildungen hat das Saftmal von *E. pimpinellifolium* z. B. auch auf den nordfriesischen Inseln erlangt. (Vgl. Knuth, Blumen und Insecten der nordfriesischen Inseln.)

Das thüringische *Erodium pimpinellifolium* fand ich von wenigen Hymenopteren (Apiden) und zahlreichen Schwebfliegen besucht (vgl. die Liste D. B. Monatsschr. 1884).

Von anderen Geraniaceen sind noch durch die verschiedene Gestaltung des Saftmals die Pelargonien bemerkenswerth; auch die *Marsonia pilosa* zeigt dasselbe besonders ausgeprägt. Die letztere hat grosse gezähnte, wellig buchtige Blumenblätter von prächtiger Färbung, auswendig grünlich, nach der Spitze zu röthlich geädert, innen incarnatroth bis weiss, am Grund mit blutrothen Flecken.

Rutaceen und gamotropische Bewegung der Sexualorgane.

§ 148. *Ruta graveolens*. Duft und grügelbe Farbe der mit Nektarien versehenen Blumen kennzeichnen diese proterandrische Pflanze als dipterophile. Fliegen sind es auch, welche in überwiegender Zahl die Befruchtung bewirken; in untergeordneter Menge werden Hymenopteren angelockt. Die Staubgefäße liegen anfangs zu zweien in den kapuzenförmig über die Staubbeutel gebogenen, in eine wagrechte Ebene ausgebreiteten Blumenblättern geborgen. Vor der Entwicklung des Griffels biegen sich die Staubfäden einzeln der Reihe nach nach der Blütenmitte, so dass in der Regel eine Anthere mit der Dehiscenzseite nach oben über dem Stempel liegt und den honigsuchenden Insecten den Blütenstaub an genau derselben Stelle aussetzt, in der dieselben in dem zweiten Stadium die Narbe finden. Die einzelnen Staubfäden biegen sich dann wieder nach aussen zurück. Erst nach dem weiblichen Stadium am Ende der Blütenentwicklung (etwa nach acht Tagen) biegen sich die Staubbeutel zur Mitte zurück, um eventuell Selbstbefruchtung zu bewirken. Ein ähnliches Verhalten zeigt die Saxifragee *Parnassia palustris*, die aber bei der spärlichen Nektarabsonderung kaum noch als Honigblume, vielmehr der eigenthümlich handförmigen, mit 7—13 glänzenden Drüsenknöpfen versehenen Staminodien wegen als Insecten-Täuschblume bezeichnet werden muss und wegen ihrer weissen Blüten auch von Käfern besucht wird.

Spontane Bewegungen der Staubgefäße und Griffel (gamotropische Bewegungen), welche der zweckmässigsten Blütenbestäubung durch Insecten angepasst sind, sind im Pflanzenreich ausserordentlich verbreitet, ebenso wie die bei Berührung durch die Insecten eintretenden Reizbewegungen der Staubfäden und Narben, die dadurch als biologische Eigenschaften der Pflanzen charakterisirt sind, dass sie nicht ganzen Familien, sondern bloss einigen wenigen Gattungen und Arten eigen sind und bei nahe verwandten Arten nicht selten ganz ungleich entwickelt sind. Zweckentsprechende Reizbewegungen der Staubgefäße finden sich z. B. bei *Berberis vulgaris* und anderen Berberideen, bei zahlreichen Compositen (siehe da), *Helianthemum*, *Mesembryanthemum pyropaeum* (*M. acutangulum*, *confertum*, *blandum* etc. besitzen keine reizbaren Staubfäden), *Sparmannia africana* (Tiliaceen, Uebertragung des Reizes von Filament zu Filament), Arten von *Abutilon* (Malvaceen), *Portulaca oleracea* und *grandiflora* und anderen *Portulacaceen*,

Cactaceen (Arten von *Opuntia*, *Cactus*, *Cereus*); theils mit einseitiger centrifugaler oder centripetaler, theils mit beidseitiger oder allseitiger Reizbarkeit, je nach der zur Uebertragung des Blütenstaubes auf Insecten nützlichen Lage. Reizbarkeit der Narben, welche die Xenogamie begünstigt, findet sich z. B. bei *Mimulus*, *Martynia*, *Torenia*, *Utricularia*, *Lavandula latifolia* etc. Bei der Scrofulariacee *Glossostigma elatinoides* ist der ganze Griffel reizbar.

Papilionaceen.

§ 149. Die augenfälligen, weithin sichtbaren und meist auch weithin duftenden Blüten der Schmetterlingsblüthler werden sämmtlich durch Bienen befruchtet. Die meist wagrecht stehenden Blüten bestehen aus der Fahne, den Flügeln, dem Schiffchen und den Sexualorganen. Das obere Blumenblatt, die Fahne, dient als Aushängeschild, das (oft durch als Saftmal dienende Striche) den Insecten die Blüthe als Fundgrube von Honig und Blütenstaub signalisirt. Die besuchenden Bienen benutzen es als Halt, gegen den sie den Kopf stemmen, um mit den auf die Flügel gestützten Beinen das Schiffchen nach unten zu drehen. Zwei seitliche Blumenblätter, die Flügel, dienen 1. den besuchenden Bienen als Halteplatz, 2. als Hebelarme zur Abwärtsbiegung des Schiffchens, bei welcher Narbe und Blütenstaub aus dem letzteren hervortreten, 3. als Klammerorgane, durch die das Schiffchen in seiner Lage zur Geschlechtssäule gehalten und, wenn dies nöthig, in dieselbe zurückgeführt wird. Die beiden unteren Blumenblätter sind zu einem kahnförmigen Behälter, dem Schiffchen, verwachsen, welches die Geschlechtstheile umschliesst und schützt. Die Staubfäden sind unten verwachsen und bilden einen den Stempel umschliessenden Hohlcyliner. Bei den nur Pollen darbietenden Papilionaceen sind alle 10 Staubfäden am Grund verwachsen, bei den honighaltenden dagegen ist das obere Staubgefäss von den übrigen getrennt und lässt zu beiden Seiten der Basis zwei Zugänge zu dem im Blütengrund dargebotenen Nektar frei, indem sich entweder seine Basis nach aufwärts biegt, oder indem die angrenzenden verwachsenen Staubfäden sich an der Basis auswärts biegen. Die Verbindung der Flügel mit dem Schiffchen wird entweder durch Einstülpungen der ganzen Blattflächen der Flügel in entsprechende Vertiefungen des Schiffchens oder durch sehr haltbare Ineinanderstülpung der sich berührenden Oberhautzellen beider bewirkt. Die oberen Basal-

lappen der Flügel umfassen die Geschlechtssäule von oben und bewirken ein Festhalten des Schiffchens zur Geschlechtssäule und das Zurückführen in diese, indem sie entweder elastische Blasen bilden (*Trifolium*) oder fingerförmige Fortsätze (*Melilotus*, *Medicago* etc.). Mit wenigen Ausnahmen (*Sarothamnus* etc.) bieten die Geschlechtstheile, die den unteren Theil der Blüthe einnehmen und am Ende aufwärts gebogen sind, Narbe und Blütenstaub von unten dar. Der Blütenstaub wird daher leichter von Bauchsammlern, als von Schenkel- und Schienensammlern eingesammelt. Thatsächlich finden wir die meisten Papilionaceen, wie *Lotus*, *Ononis*, *Genista*, besonders von bauchsammelnden Apiden besucht. Nur bei *Sarothamnus* werden sowohl Ober- als Unterseite der Bienen mit Blütenstaub beladen und von der Narbe berührt. Nach dem Vorgang von Delpino unterscheiden wir viererlei Blütheneinrichtungen nach der Art, nach der sich der Blütenstaub den Insecten anheftet:

1. Blumen mit Staubgefäßen und Narben, die bei Insectenbesuch aus dem Schiffchen hervortreten und danach wieder in dasselbe zurückkehren, z. B. *Melilotus*, *Trifolium*, *Onobrychis* mit offen abgesondertem, *Cytisus* mit in Zellgewebe eingeschlossenem Saft.

2. Schmetterlingsblumen mit hervorschnellenden Geschlechtstheilen, z. B. *Medicago* mit honighaltigen, *Genista tinctoria* und *Sarothamnus* mit honiglosen Blüten, die nur einmaligen wirksamen Besuch gestatten.

3. Schmetterlingsblumen mit Pumpvorrichtung, bei denen durch die verdickten Staubfadenden der Pollen in einzelnen Portionen aus der röhrenförmigen Spitze des Schiffchens hervorgepresst wird („Nudelpumpapparat“ Delpino's). Die Narbe ist anfangs von Blütenstaub bedeckt, wird aber erst durch Zerreibung der Narbenpapillen nach mehrmaligem Insectenbesuch klebrig und wahrscheinlich auch empfängnissfähig. Mit Honig: *Lotus*, *Anthyllis*; ohne Honig: *Ononis*, *Lupinus*.

4. Schmetterlingsblumen, bei welchen der Pollen durch eine Griffelbürste aus der Spitze des Schiffchens herausgefegt wird. Auch hier ist wiederholter Bienenbesuch nöthig. *Lathyrus*, *Pisum*, *Vicia* mit gerader, *Phaseolus* mit schneckenförmig gedrehter Griffelspitze (sämmtlich mit Honig).

Bei den Blumen der 1. und 2. Gruppe kommt die Narbe zuerst mit der Unterseite der befruchtenden Biene in Berührung und bestäubt sich, wenn diese von einer anderen Blüthe kommt. Bei anderen dürfte der eigene Blütenstaub unwirksam sein. Auto-

gamie bei ausbleibendem Insectenbesuch findet regelmässig bei wenigen Papilionaceen (*Pisum*) spärlich bei *Trifolium repens*, *Vicia Faba* statt, dagegen z. B. nicht bei *Phaseolus*, *Onobrychys*, *Sarothamnus*. Bei vielen Arten schliessen die Blumenblätter so fest an einander, dass sich nur Apiden mit Aufwand aller Kräfte den Zugang zum Honig erzwingen können (*Vicia*, *Phaseolus*); bei ihnen kommt aber oft Einbruchsdiebstahl vor. Bei *Trifolium pratense* und anderen ist eine lange Blüthenröhre vorhanden, zu der nur langrüsslige Apiden, Hummeln, Zutritt finden.

Von den einheimischen Papilionaceen mögen einige etwas näher betrachtet werden.

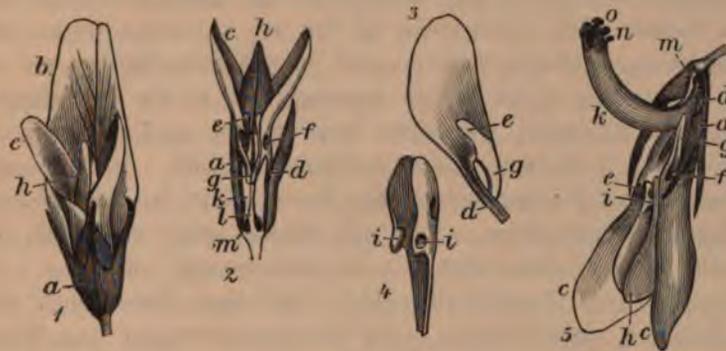


Fig. 20.

Losschnellende Blumen der Luzerne (*Medicago sativa*).

1. Jungfräuliche Blüthe von unten. 2. Dieselbe ohne Fahne und obere Kelchhälfte von oben. 3. Rechter Flügel von innen. 4. Schiffchen von rechts oben gesehen, so dass vom rechten Blatt die Aussen- vom linken die Innenseite sichtbar ist. 5. Blüthe nach der Explosion nach Entfernung von Fahne und oberer Kelchhälfte, von rechts oben. (Vergrößerung 35 : 1.) — a Kelch. b Fahne. c Flügel. d Stiel des Flügels. e Nach innen und vorne gerichtete Einsackung des Flügels. f Eingang in die Einsackung. g Nach innen und hinten gerichteter fingerförmiger Fortsatz des Flügels. h Schiffchen. i Einstülpungen des Schiffchens, in die sich die nach innen und vorne gerichteten Einsackungen des Flügels stülpen. k Die verwachsenen Staubfäden. l Oberster freier Staubfaden. m Honigzugänge. n Staubbeutel. o Narbe. — Nach Herm. Müller, Die Befruchtung der Blumen durch Insecten.

Bei *Medicago sativa*, *Genista tinctoria*, *Sarothamnus scoparius* schnellt die Geschlechtssäule bei einem Druck auf das Schiffchen, aus diesem hervor nach oben, so dass eine Rückkehr in die alte Lage nicht stattfindet. Bei *Medicago sativa* wie bei *Genista tinctoria* werden die emporgeschnellten Geschlechtstheile der Fahne angedrückt und so der späteren Einwirkung der Insecten entzogen. Es ist jedoch die Federkraft und die Hemmung auf verschiedene Organe vertheilt. Bei *Sarothamnus scoparius* fungirt allein der lange Griffel als loschnellende Feder, bei *Genista tinctoria* ist die ganze Ge-

schlechtssäule nach oben, das Schiffchen mit den Flügeln nach unten gespannt, bei *Medicago* liegt die Federkraft fast ausschliesslich in den oberen Staubfäden (mit denen die übrigen durch Verwachsung, der Stempel durch Umschliessung zu gemeinsamer Bewegung verbunden sind). Die Hemmung, welche die aufwärts federnde Geschlechtssäule in der jungfräulichen Blüthe gewaltsam in wagrechter Lage festhält, bewirkt bei *Sarothamnus* und *Genista* die Verwachsung der oberen Ränder des Schiffchens. Bei *Medicago sativa* liegt sie in zwei nach vorn und zwei nach hinten gerichteten Fortsätzen, mit der die unteren Blumenblätter die Oberseite der Geschlechtssäule festhalten. Bei *Medicago sativa* bleiben die unteren Blüthentheile in ihrer Lage, während die Geschlechtssäule nach oben federt. Die Honigbiene ist für sie an vielen Orten kein Bestäubungsvermittler, da sie sowohl jungfräuliche Blüthen von der Seite her neben einem Flügel aussaugt und so die ihr jedenfalls unbequeme Explosion gar nicht bewirkt, als auch die nach der Explosion noch Honig secernirende Blüthe aufsucht. Ebenso saugen Schmetterlinge (Kohlweisslinge) den Honig, ohne den Bestäubungsmechanismus auszulösen. *Medicago falcata* zeigt wesentlich den gleichen Mechanismus, aber mit der Abänderung, dass das Losschnellen der Geschlechtssäule bei einem Druck nach oben erleichtert, den Bienen und Schmetterlingen das Wegnehmen des Honigs mit Umgehung der Explosion erschwert wird. Bei beiden verüben die Hummeln (*Bombus terrestris*) Einbruchsdiebstahl, indem sie den Kelch anbohren. Auch die Blüthen der grösseren *Trifolium*arten werden häufig erbrochen. Bei den kleinblüthigen Arten *Medicago lupulina*, *Trifolium filiforme*, die den Insecten jene Schwierigkeiten nicht bereiten (*Medicago lupulina* besitzt eine sehr geringe Federkraft) fehlt es trotz ihrer Winzigkeit nicht an eifrigen Besuchern, besonders werden die Blüthen auch von der Honigbiene eifrig besucht. Es giebt eine ganze Gesellschaft winziger Pflanzen, die, besonders auf den Wiesen, trotz ihrer Kleinheit inmitten anderer Pflanzen sehr reichen Besuch erhalten. Sie bewohnen gewissermassen über dem grünen Rasen die untere Etage. Während die hohen Pflanzen der oberen Etagen (z. B. *Chrysanthemum*, *Campanula*, *Crepis* etc.), weithin sichtbar sind und einen grossen Insectenkreis herbeilocken, sind sie in der Nähe (besonders da, wo sie gesellig wachsen) sehr augenfällig und ziehen durch reichliche Honigsecretion und Geruch die zur oberen Etage angelockten Insecten lebhaft an. Zu dieser Miniaturflora

über und zwischen den Wiesengräsern etc., die andere Pflanzen die Insecten für sich anlocken lässt, gehören *Trifolium filiforme* und *Medicago lupulina*.

Bei *Genista tinctoria* wird nicht nur durch die aufschnellende Geschlechtssäule die Fahne nach oben zurückgedrängt, sondern das Schiffchen mit den Flügeln klappt in Folge der entgegengesetzten Spannung zugleich nach unten und hängt vertical herab. Da diese Explosionen ohne Insectenbesuch nicht stattfinden, kann man leicht die jungfräulichen Blüthen von den bestäubten unterscheiden. Der Insectenbesuch ist aber ein so reicher, dass meist wenige Stunden nach dem Aufblühen sämtliche Blüthen herabhängende Schiffchen aufweisen. Aehnlich wie bei *Genista tinctoria* ist der Vorgang bei *Ulex europaeus*.

Bei *Genista germanica* und *G. sagittalis* erfolgt keine Explosion, die Geschlechtssäule tritt frei aus dem Schiffchen heraus, um nach Aufhören des Druckes wieder dahin zurückzukehren, nur kräftige Insecten drücken das Schiffchen nach unten.

Bei *Sarothamnus scoparius* schnellen bei eintretendem Insectenbesuch die kurzen Staubgefässe zuerst los, die das Insect von unten bestäuben, dann die längeren, die sich so weit biegen, dass sie es von oben bestäuben. Der Hergang ist genauer beim Anfliegen der Honigbiene nach H. Müller der folgende: Die anfliegende Biene umfasst mit Mittel- und Hinterbeinen die Flügel, während sie die Vorderbeine und den Kopf unter die Mitte der Fahne drängt. Die Flügel werden dadurch abwärts gedrückt und mit ihnen das Schiffchen, dessen obere Ränder von der Basis nach der Spitze zu fortschreitend aus einander gehen. Sobald sie bis zur Mitte aus einander gegangen sind, schnellen die fünf kürzeren Staubgefässe die schon in der Knospe nach oben dehisciren, aus der Knospe hervor und schleudern der Biene Pollen an den Bauch. Die Biene lässt sich durch die ganze Erschütterung nicht stören, sondern sucht den Kopf weiter zwischen Flügel und Fahne zu zwängen. Der Spalt rückt in Folge dessen weiter und hat kaum den Punkt erreicht, gegen welchen die Spitze des Griffels drückt, so folgt eine zweite, heftigere Explosion. Der Griffel schnellt los und trifft mit der Narbe den Rücken der Biene. Fast in demselben Augenblick wird der grösste Theil des Pollens, den das plattenförmige Griffelende unter der Narbe von den langen Staubgefässen mitgenommen hat, der Biene auf den Rücken geschleudert (bringt diese von einer anderen Blüthe den rothen Blütenstaub mit, so wird die Narbe bestäubt);

zugleich schnellen die langen Staubgefäße, an der noch einiger Pollen haftet, sich einwärts krümmend, aus der Blüthe hervor. Oft drehen sich die Bienen, nachdem ihnen die Griffelspitzen mitten auf den Rücken gedrückt haben, verduzt um (wobei der Griffel abgleitet) und machen sich mit Mund und Beinen über die nun hervorragenden Antheren her; der Griffel rollt sich um und wendet die Narbe nach oben, so dass, wenn diese nicht sehr bestäubt ist, ein zweiter Besuch ihr oft den am Unterleib des Insects befindlichen Blütenstaub zuführt. Honigbienen und Hummeln sind die eigentlichen Bestäuber, später können aber auch kleinere Bienen, Fliegen, Blumenkäfer noch die Bestäubung vollziehen.

Losschnellende Blüten haben z. B. noch *Astragalus alpinus*, *A. oroboides*, *Phaca frigida*, *Indigofera* etc. Bei *Indigofera* klappen

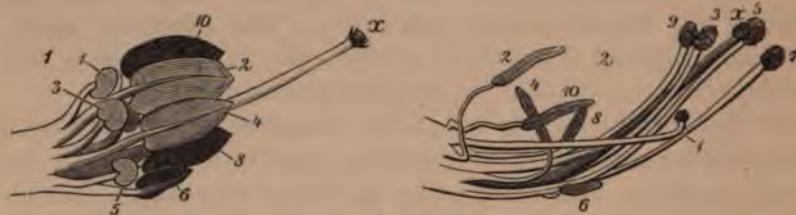


Fig. 21.

Nudelpumpeneinrichtung von *Lupinus luteus*.

1. Geschlechtsorgane der Knospe während des Aufspringens der äusseren Staubgefäße. — 2. Geschlechtsorgane der Blüthe. — 1, 3, 5, 7, 9 die fünf inneren, 2, 4, 6, 8, 10 die fünf äusseren Staubgefäße. — x Narbe. — Nach Herm. Müller, Die Befruchtung der Blumen durch Insecten.

Schiffchen und Flügel nach unten, während die nun freien Geschlechtstheile horizontal bleiben.

Lotus corniculatus hat mit *Anthyllis Vulneraria*, *Ononis Lupinus*, *Coronilla Emerus*, *C. varia*, *Hippocrepis comosa* etc. den Nudelpumpapparat gemein, den Delpino zuerst beschrieben hat. Im Uebrigen herrscht hier, wie überhaupt bei den einzelnen Arten der Papilionaceen grosse Mannigfaltigkeit. Die ursprünglich in zwei Kreisen hinter einander liegenden zehn Staubgefäße sind zur Zeit der Dehiscenz in der noch geschlossenen Blüthe gleich lang und reichen mit den Antheren bis in die Basis des von der Spitze des Schiffchens gebildeten Hohlkegels. Der Blütenstaub füllt den Raum des letzteren völlig an, und die Staubbeutel schrumpfen auf kaum den vierten Theil des alten Durchmessers zusammen. Nun tritt beim Wachstum der Blumenblätter zur vollen Grösse eine Differenzirung der Staubgefäße ein. Während die inneren, zu

denen auch das freie, den Zugang zum Honig öffnende gehört, ihre Grösse behalten und dann verschrumpfen, wachsen die fünf äusseren Staubfäden in die Länge und ihre Enden schwel len keulenförmig an, so dass sie trotz der Streckung des Schiffchens mit ihrem verbreiterten Ende den Grund des mit Blütenstaub gefüllten Hohlkegels verschliessen. Der Griffel reicht

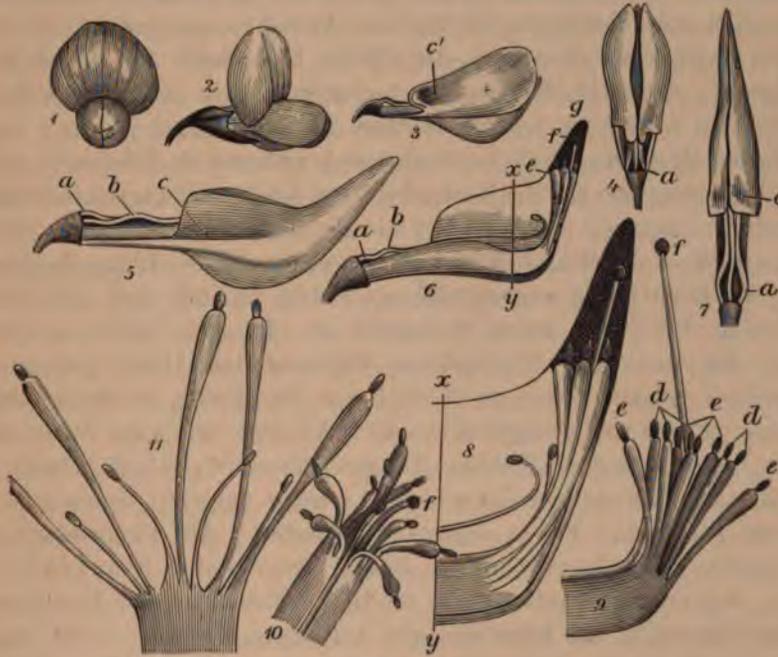


Fig. 22.

Blütheneinrichtung von *Lotus corniculatus*.

1. Blüthe gerade von vorn; 2. von der Seite und vorn; 3. von der Seite nach Entfernung der Fahne; 4. gerade von oben; 5. Seitenansicht der Blüthe nach Entfernung der Fahne und Flügel etwas stärker vergrössert; 6. dieselbe Blüthe von der rechten Seite nach vorsichtiger Entfernung des rechten Blattes des Schiffchens; 7. Blüthe von oben nach Entfernung der Fahne und der Flügel; 8. die in der vorderen Hälfte des Schiffchens eingeschlossene Geschlechtstheile bei noch stärkerer Vergrösserung; 9. Geschlechtstheile einer Knospe unmittelbar nach Abgabe des Pollens aus der Blüthe genommen, von der Seite; 10. dieselben von oben; 11. die neun verschiedenen Staubgefässe einer entwickelten Blüthe, ausgebreitet. — a Honigzugänge. b Aufwärtsbiegung des freien Staubfadens. c Einbuchtungen der beiden Blätter des Schiffchens, in die die Einbuchtungen (c') der Flügel eingreifen. d Die fünf inneren, e die fünf äusseren sich verlängernden und keulig verdickenden Staubfäden. (Ein Vergleich von 8 und 9 ergibt, wieviel die äusseren Staubfäden vom Zeitpunkt der Abgabe des Blütenstaubes bis zum Öffnen der Blüthe noch länger und dicker werden). f Narbe, e-g mit Pollen gefüllter Hohlkegel des Schiffchens. g Öffnung des Hohlkegels, durch die der Pollen herausgedrückt wird. — Nach Herm. Müller, Die Befruchtung der Blumen durch Insecten.

bis unter die schmale Oeffnung des mit zusammengepressten Pollen gefüllten Hohlkegels. Ein Herabziehen des Schiffchens presst die verdickten Staubfädenenden weiter in den Hohlkegel und pumpt einen Theil des Pollens in Nudelform heraus. Bei Aufhören des

Druckes gehen die zusammengepressten, verdickten Staubfadenenden vermöge ihrer Federkraft wieder etwas aus einander und bringen das Schiffchen in die alte Lage. Bei stärkerem Druck kommt auch die Griffelspitze aus der Kegelöffnung. Beim Rückgang in das Schiffchen wird durch die elastisch zusammen schliessenden Ränder der Oeffnung von der Narbe der Pollen abgeschabt, so dass dieser dann für den fremden Pollen (durch die Reibung der Narbenpapillen beim Durchgang klebrig) zur Aufnahme geeignet ist. Unter den zahlreichen Besuchern der Blüthe überwiegen bedeutend die Apiden, deren H. Müller 22 beobachtete und unter ihnen befruchten wieder die meisten Blüthen die Bauchsammler (Arten von *Osmia*, *Megachile*, *Diphysis*, *Anthidium*), während die Schenkel- und Schienensammler und die Kuckucksbienen der Bestäubungseinrichtung weniger angepasst sind. *Anthyllis Vulneraria* weicht durch sehr lange Stiele der Blumenblätter ab, die von einem 9—10 mm langen, in der Mitte blasig angeschwollenen Kelche umhüllt sind, auch die Gestalt der Blüthe weicht wesentlich ab. Insecten, welche zu dem an der Basis der Staubgefässe abgesonderten Honig gelangen wollen, müssen daher die Flügel von den Seiten umfassen und einen Rüssel von wenigstens 9—10 mm Länge unter der Fahne in die Blüthe zwängen. *Bombus silvarum* (Rüssel 10 mm), *B. hortorum* (21 mm), *B. muscorum* (13—14 mm) werden saugend, *Osmia aurulenta* (8—9 mm) Pollen sammelnd getroffen. Als Pumpenkolben fungiren hier die verdickten Enden aller zehn Staubfäden. Bei den ersten Besuchen giebt die Blüthe Pollen an das Haarkleid der Unterseite des Besuchers ab; bei neuen Besuchen reibt sich die Narbe an der Unterseite des Insectes einen Theil ihrer zarten, mit zäher Flüssigkeit gefüllten Zellen auf und behaftet sich nun mit Blüthenstaub, der am Körper des Insectes von anderen Blüthen mitgebracht wird. Die unversehrte Narbe vermag den Pollen nicht festzuhalten, wie man experimentell nachweisen kann, streift man aber die Narbe über eine Unterlage, so bezeichnet ein Streifen zäher Flüssigkeit ihren Weg und es haftet dann der Pollen fest an ihr. Die Nudelpumpeinrichtung von *Ononis spinosa* ist honiglos, die Staubfäden sind wie bei den meisten honiglosen Papilionaceen zu einer Röhre verwachsen (monadelphisch). Nur die honiglose *Coronilla varia* ist diadelphisch (mit einem freien Staubgefäss). Die Blüthen bilden eine Zwischenstufe zwischen der Nudelpumpen-einrichtung von *Lotus* und den Einrichtungen mit einfach aus dem Schiffchen tretenden Geschlechtstheilen (z. B. bei *Melilotus*).

Bei *Ononis* sind im Gegensatz zu *Lotus* und *Anthyllis* alle zehn Staubfädenenden verdickt, die äusseren aber stärker als die inneren, während die inneren in viel reichlicher Menge Blütenstaub erzeugen. Diese Differenzirung der Staubgefässe in pollenerzeugende und als Pumpenkolben fungirende ist bei *Lupinus luteus* noch weiter geschritten (s. Fig. 21). Die Antheren der fünf äusseren Staubgefässe sind vielmal grösser als die der inneren, länglich; sie springen schon in der Knospe auf, verschrumpfen aber nach Entleerung des Pollens in den Hohlkegel und bleiben im unteren Schiffchentheil zurück; die fünf inneren Staubfäden wachsen dann erst lebhaft (ohne sich zu verdicken) und ihre kuglig bleibenden Staubbeutel dienen (mit Ausnahme der oberen an Länge und Dicke zurückbleibenden Staubgefässe) als Pumpenkolben, der kuglige Narbenkopf ist am Grund der Papillen mit einem Kranz steif aufrechter Haare umschlossen, der die Selbstbestäubung hindert.

Als Beispiele der Schmetterlingsblumen mit Griffelbürste führen wir *Lathyrus*, *Pisum*, *Vicia*, *Phaseolus* an. Bei *Vicia Cracca* ist der sehr kurze Griffel dicht unter der Narbe bis weit über die Mitte herab einer Cylinderbürste ähnlich mit langen, schräg aufwärts abstehenden Haaren bedeckt. Die von den dicht den Haaren anliegenden Antheren mit Pollen beladene, aufwärts gekrümmte Griffelbürste liegt in einer Anschwellung der eng zusammengedrückten Spitze des Schiffchens und tritt bei Insectenbesuch aus dem schmalen Spalt hervor, den Insectenkörper mit Pollen beladend. Die Narbe reibt sich hier wie bei *Lathyrus* etc. nach Abgabe des Blütenstaubes klebrig. Die Vereinigung vieler Blüten zu weithin sichtbaren Trauben lebhafter Färbung sichern reichen Besuch von Apiden. Daneben stellen sich aber nutzlos Fliegen und Schmetterlinge ein.

Bei *Vicia sepium* ist der Mechanismus ähnlich, aber der längere (fast doppelt so lange) Griffel trägt unter der eiförmigen Narbe an der Aussen- und Innenseite zwei völlig von einander getrennte Bürsten, die sich etwa 1 mm weit herabziehen. Die Innenbürste, die beim Hervortreten der Griffel aus der oberen Spalte des Schiffchens vorangeht, ist aus einer einfachen Reihe steifer, in der Mittelebene der Blüthe gelegener Haare gebildet, die Aussenbürste besteht nur unten aus einer einfachen Haarreihe, verbreitert und vergrössert sich aber so, dass sie unter der Narbe über die Hälfte des Griffels umfasst, ihre schräg abwärts gerichteten Haare gehen nach oben immer mehr strahlig aus einander, so dass das

obere Ende der Bürste einen flach tellerförmigen Hohlraum darstellt. Der Zugang zum Honig wird hier wesentlich erschwert, so dass nur die kräftigsten Bienen, namentlich *Bombus* und *Anthophora* der Honiggewinnung gewachsen sind. Fliegen und Schmetterlinge werden ausgeschlossen. Freilich trägt dieser Vortheil auch den Nachtheil häufiger Einbruchsdiebstähle mit sich.

Dieses häufige Auftreten von Contreadaptionen seitens der Insecten hat bei den Papilionaceen sicherlich ganz wesentlich mit dazu beigetragen, dass sich eine so grosse Mannigfaltigkeit von den Lebensbedingungen gleich vollkommen angepassten Blüthenrichtungen ausgebildet hat.

Bei *Phaseolus* ist das mit Bürsteneinrichtung versehene Griffelende und die dasselbe umschliessende Spitze des Schiffchens schneckenartig gedreht, bei *Phaseolus coccineus* links. Die Honigbiene und andere Bienen benutzen oft die Löcher, die Hummeln durch den Kelch beissen, da sie zu schwach sind, das Schiffchen hinab zu drücken. Kräftigere Bienenarten mit hinreichend langem Rüssel fliegen auf dem linken Flügel der Blumen an und berühren, indem sie den Rüssel in den Blüthengrund hineindrängen, die Narbe mit der Rüsselbasis, bei stärkerem Druck tritt dann aus der schneckenartig gedrehten Schiffchenspitze der ebenso gedrehte Griffel hervor, so dass die Narbe nach links unten gewendet ist und die pollenbeladene Griffelbürste die Basis des Bienenrüssels bestäubt. Aehnlich ist die Vorrichtung bei *Phaseolus vulgaris*. Beide sind xenokarp.

Robinia Pseudacacia hat gleichfalls Griffelbürsteneinrichtung wie O. Kirchner zuerst gefunden hat.

Die Schmetterlingsblüthe des ersten Typus findet sich auch in der Familie der Scrofularineen bei *Collinsia verna* und *C. bicolor* wieder, ferner bei den Polygaleen, *Polygala Chamaebuxus* (Hummelblume), während *P. vulgaris*, *comosa*, *alpestris* einen ganz anderen Bestäubungsmechanismus haben (der Griffel endet in einen den Pollen aufnehmenden Löffel, hinter welchem ein Narbenhöcker den Rüssel beklebt, so dass er erst beim Rückzug mit Pollen behaftet wird).

Cäsalpiniaceen und andere Pollenblumen mit Arbeitstheilung bei den Staubgefässen.

§ 150. Während bei den Honigblumen, bei welchen gefärbte duftende Blumenblätter die Anlockung besorgen, Honigsaft an Stelle des Pollens als Lockspeise tritt und die Anpassung an

Kreuzung durch bestimmte Besucher so weit gediehen ist, dass z. B. bei den Orchideen eine einzige Anthere zur erfolgreichen Kreuzbefruchtung ausreichend ist, wird bei vielen Pollenblümen der Mangel an Nektar noch durch die Zahl der Staubgefässe und die Pollenmenge ersetzt, so z. B. bei Clematis, Hepatica, Anemone, Adonis, Papaver, Hypericum, Helianthemum, Rosa, bei denen grosse farbige Blumenkronen Auffälligkeit der Blüthe bewirken. Aber es giebt auch Pollenblümen, die durch eine besondere Arbeittheilung mittelst einiger wenigen Staubgefässe eine eben so sichere Kreuzung erzielen, wie die ausgeprägtsten Honigblümen, wie besonders H. Müller und Fritz Müller gezeigt haben. Hierher gehören zunächst die Pollenblümen mit zweierlei Staubgefässen von verschiedener Gestalt, aber gleicher Färbung der Antheren und des Pollens; kürzeren Staubgefässen zur Anlockung mit Beköstigungsantheren und längeren zur Anlockung mit Befruchtungsantheren. Todd, Fritz Müller und Hermann Müller haben für eine kleinere Zahl von Pflanzen nachgewiesen, dass diese Arbeittheilung mit einer Enantiostylie verbunden ist, d. h. mit dem Vorkommen von rechtsgriffeligen und linksgriffeligen Blüthen (den lang- und kurzgriffeligen der Primulaceen etc. entsprechend). Hierher gehört zunächst *Solanum rostratum*. Die unterste Anthere ist bei dieser Pflanze stark verlängert und in eine am Ende aufwärts gekrümmte Spitze verschmälert; ebenso ist der Griffel aufwärts gebogen. Beide sind jedoch aus der Richtung der Blüthenachse nach entgegengesetzter Richtung herausgebogen. Es folgen nun in derselben Traube immer eine rechtsgriffelige und eine linksgriffelige Blüthe auf einander und die gleichzeitig geöffneten Blüthen desselben Zweiges sind entweder alle rechtsgriffelig oder alle linksgriffelig.

Die Kreuzungsvermittler (Hummeln) bekommen, während sie die vier kurzen Staubgefässe, die „Beköstigungsantheren“, ausmelken, in den linksgriffeligen Blüthen ein Pollenwölkchen auf die rechte, in den rechtsgriffeligen auf die linke Seite des Körpers, das sie offenbar immer nur an den Narben entgegengesetzt gerichteter Blüthen abstreifen können. Es muss also hier in derselben Weise Fremdbestäubung eintreten wie bei den heterostylen Blüthen von *Pulmonaria*, *Primula* etc. Bei der Cäsalpiniaceengattung *Cassia* kommen die folgenden Verhältnisse vor:

1. Enantiostylie (Rechts- und Linksgriffeligkeit) ohne Arbeittheilung der Antheren bei *Cassia Chamaecrista* (nach Todd).

2. Enantiostylie mit Arbeitstheilung der Antheren, aber ohne Begünstigung der Kreuzung entgegengesetzter Blüthenformen, bei *Cassia neglecta* (nach Fritz Müller).
3. Enantiostylie mit Arbeitstheilung der Antheren und regelmässiger Kreuzung zwischen Blumen entgegengesetzter Formen bei *Cassia multijuga* (nach Fritz Müller).
4. Arbeitstheilung der Antheren (befruchtende und beköstigende) ohne Enantiostylie bei einer Verwandten der *Cassia laevigata* (nach Fritz Müller).

Cassia Marilandica hat nach Robertson dreierlei Staubgefässe, die drei obersten, die zu dunklen schuppigen Körpern verkümmert sind, ersetzen das Saftmal von Honigblumen und die rothe Zeichnung der oberen Blumenblätter von *C. Chamaecrista*. Vier Staubgefässe bieten den Besuchern den Pollen dar und werden von den Hummeln ausgemolken. Zwei lange Staubgefässe, eins an jeder Seite des Griffels, dienen der Fremdbestäubung.

Die letzte Art schliesst sich demnach an die zweite Abtheilung von H. Müller an, Pollenblumen mit zweierlei Staubgefässen und von verschiedener Gestalt und Farbe der Antheren. Zu ihr gehören zunächst verschiedene Melastomaceen. So haben bei *Heeria* die kürzeren oberen „Beköstigungsantheren“ eine grellgelbe leuchtende Farbe, während die befruchtenden Staubgefässe und die Griffel von dem ins Violette gehenden Roth der Blumenblätter sind, daher sich von den letzteren nicht abheben. Die längeren unteren Staubgefässe haben ausserdem noch eine Hebelvorrichtung am Connectiv, vermöge deren beim Besuch grösserer Bienen (*Xylocopa*, *Bombus*) die Anthere vom Körper entfernt wird, während der Griffel denselben berührt, und erst beim Abfliegen die Pollenmasse dem Bienenkörper angedrückt wird. Die Farbendifferenzirung dient nicht allein dazu, die Insecten auf die augenfälligeren Beköstigungsantheren abzulenken, sondern auch die einsichtigen Besucher sofort an den richtigen Ort zu führen. Unter den Commelinaceen zeigt *Tinnantia undata* ähnliche Differenzirungen der oberen und unteren Staubgefässe wie *Heeria*; noch etwas weiter ist die Umbildung der Blüthentheile bei *Commelina coelestis* gegangen. Gleiche Arbeitstheilung und Verschiedenfarbigkeit zeigen die einfachen kleinen weissen Blüthen der Pontederiacee *Heteranthera reniformis*. Sie enthalten ein langes Staubgefäss mit blassblauen Antheren und zwei kurze Staubgefässe mit glänzend gelbem Pollen. Auch bei

Molliaarten (Tiliacee) und Lagerstroemia (Lythracee) sind die langen Staubgefäße grün, die kurzen gelb. Unscheinbare Färbung des Pollens zum Schutz desselben sind auch sonst häufig, so sind bei *Lythrum Salicaria* die oberen Staubbeutel grünlich, ebenso bei *Echium vulgare*, wo nur wenige einsichtigere Insecten den Pollen wegholen (z. B. *Osmia*). Bei *Echium* wie bei anderen gynodimorphen Pflanzen nehmen aber die Staubbeutel der kleineren weiblichen Blüten, welche nur verkümmerte Pollen erzeugen, wieder eine gelbe oder andere auffälligere Farbe an und dürften als Anlockungsmittel dienen.

Halorrhagideen, Callitricheen, Ceratophylleen.

§ 151. Die genannten Familien enthalten submerse Wassergewächse, von denen aber nur die der letztgenannten Familie streng wasserblüthig (hydrophil) sind.

Halorrhagideen: *Myriophyllum spicatum* ist proterogynisch, anemophil, die in die Luft emporgestreckten Blütenähren tragen zu oberst männliche, unten weibliche Blütenstände, die sich viel früher als die ersteren entwickeln. Die grossen, an dünnen Staubfäden lebhaft im Winde flatternden Antheren enthalten platten, leicht verstäubenden Pollen, der an den stark höckerigen Antheren leicht haftet. Bei *M. verticillatum* stehen die Blüten in den Blattwinkeln und verrathen schon hierdurch eine geringere Anpassung an die Windbefruchtung. Es kommen bei ihm aber wie bei den anderen *Myriophyllum*arten auch unter Wasser normale (nicht kleistogame) Blüten zur Entwicklung, die hydrophil sind. Nach dem Blühen tauchen auch bei *M. spicatum* die Ähren unter Wasser zurück.

Callitricheen. Die einfache Blüthe besteht aus einem starren Staubgefäss oder aus einem zweifächerigen Fruchtknoten mit kurzen Griffeln. Sie wird gewöhnlich für windblüthig gehalten, doch dürften die an der Oberfläche schwimmenden wasserlinsenähnlichen Rasen bei ihren starren Staubfäden und spärlichem Pollen die bei *Lemna* erwähnte Anpassung darstellen. Die zahlreichen untergetauchten Blüten haben Wasserbefruchtung. Bei Pseudocallitricheen, z. B. *Callitriche autumnalis*, haben die Pollenkörner keine Aussenhaut, sind leichter als Wasser und steigen daher nach oben, wobei sie die Befruchtung vollziehen können, da oft mehrere männliche und weibliche Stengelglieder abwechseln; bei *Eucallitriche* dagegen wie *Callitriche verna* sind die Pollenkörner noch von einer

höckerigen, derben Exine (Aussenhaut) umkleidet und an den Antheren ist die den Luftblüthen eigenthümliche Faserschicht vorhanden, die bei deren Aufspringen eine wichtige Rolle spielt.

Ceratophyllum ist die einzige streng hydrophile Gattung des Süßwassers. Bei *Ceratophyllum demersum* stehen männliche und weibliche Blüthen kaum gestielt in verschiedenen Blattwinkeln durch einander. Die weibliche Blüthe enthält einen ovalen Fruchtknoten mit einem den Kelch um das Vier- bis Fünffache überragenden, hakig nach unten gekrümmten Griffel, der sich nach der Spitze hin verschmälert. Der Griffel ist nirgends warzig, doch sondert die ganze Unterseite einen Klebstoff ab und fungirt als Narbe. Die männliche Blüthe enthält in vieltheiliger Hülle 12—16 sehr kurz gestielte, pollenreiche Antheren. Die Staubgefäße bestehen im unteren Theil aus zwei seitlich sich öffnenden Pollenkammern, oben aus lockerem, lufthaltigem Gewebe, dem „Auftrieb“. Letzterer macht das ganze Staubgefäß specifisch leichter als Wasser, während die rundlichen oder länglichen der Exine entbehrenden Pollenkörner nur das specifische Gewicht des Wassers haben. Zur Zeit der Dehiscenz werden die Staubgefäße aus der starren Hülle herausgepresst, schwimmen unter Wirkung des Auftriebes nach oben und erfüllen längs des ganzen Weges das Wasser mit den Pollenkörnern, die hierbei wie bei den spontanen Bewegungen des *Ceratophyllum* an die klebrige Narbe gelangen.

Passifloraceen und andere Ornithophile.

§ 152. Einige Passifloraarten werden vorzugsweise von Kolibris befruchtet, sie enthalten wenig oder gar keinen Honig und sind geruchlos. Die vielfachen Kränze, Vorsprünge etc. in den Blumen dürften kleinen Insecten, für die besondere Lockmittel vorhanden sind, als Falle dienen, aus der sie nicht wieder entweichen können, in der sie vielmehr als Lockspeise für die bestäubungsvermittelnden Kolibris zurückgehalten werden. Andere Arten werden (wenigstens neben den Kolibris) durch Hummeln und *Xylocopa violacea* befruchtet, eine kleine weisse Art vom Itajahy in Brasilien wird trotz Honigreichthumes und lieblichen Duftes nicht von Kolibris besucht, bei ihnen dürften die Strahlenkränze zugleich als Schutzmittel des Nektars gegen Wetterungunst und unberufene Gäste dienen. Die Geschlechts-

säule trägt über den Strahlenkränzen fünf Staubgefässe und darüber drei Narbenäste. Durch ausgeprägte Proterandrie und die Biegung der Staubgefässe, danach der Narben nach unten (ähnlich wie bei *Nigella*) wird Selbstbefruchtung unmöglich gemacht.

Ein Beispiel eines Vogelblüthlers, der Insecten als Lockspeise für Vögel anlockt, ist *Marcgravia nepenthoides*, die Belt folgender Massen schildert: „Die Blüthen dieser sich hoch in die Luft erhebenden Kletterpflanze sind in einen Kreis geordnet, der wie ein umgekehrter Kronleuchter nach unten hängt. Von der Mitte des Blüthenkreises hängt eine Anzahl krugförmiger Gefässe herab, die im Februar und März, wenn die Blüthen sich (in Nicaragua) entfalten, mit einer süsslichen Flüssigkeit gefüllt sind. Diese Flüssigkeit lockt Insecten an und die Insecten locken zahlreiche insectenfressende Vögel, darunter viele Arten von Kolibris. Die Blüthen sind mit ihren abwärts hängenden Staubgefässen so gestellt, dass die Vögel, um zu den Honigkrügen zu gelangen, sie abstreifen und so den Pollen von einer Pflanze auf die andere übertragen müssen.“

In der tropischen und subtropischen Zone finden sich viele Blumen, die durch kleine, Honig und kleine Insecten suchende Vögel, besonders Kolibris (*Trochilus*) und Honigvögel (*Nectarinia*) befruchtet werden und meist durch grosse Blüthen von brennender, besonders häufig scharlachrother Farbe ausgezeichnet sind. In Südbrasilien werden die grossen Blumen von *Carolinea* mit ungeheuer langen Staubfäden von Spechten und anderen grösseren Vögeln befruchtet.

Besondere Lockmittel bieten einige brasilianische *Myrtaceen* den kreuzungsvermittelnden Vögeln dar. 1886 fand Fritz Müller, dass ein im Hochland Brasiliens heimischer Baum, die einzige Art der Gattung *Feijoa*, durch Vögel (*Thamnophilus*) befruchtet wird. Die Blumen, die am Ende der Zweige zu zwei bis fünf augenfällig zusammen stehen, haben 50–60 sehr feste, starre, rothe Staubgefässe mit hellgelbem Blüthenstaub und starrem, dunkelrothem, nach oben verjüngtem Griffel mit knopfiger, den Staubgefässkranz überragender Narbe — alles Eigenthümlichkeiten der Ornithophilie. Ueber den vier dunkelrothen Kelchblättern entfalten sich die vier Blumenblätter zuerst mit gefärbter Aussenseite, bald aber rollen sie sich derartig nach innen, dass ein kaum ein Drittel so breites Rohr entsteht, das blendend weiss erscheint und zuckersüss schmeckt,

während die jungen Blumenblätter gar keinen oder beissenden Geschmack haben. Fritz Müller stellte durch seine Beobachtungen fest, dass die zu einem Bissen omelettartig zusammengerollten Blumenblätter den schwarzen und braunen Vögeln, die dafür den Blütenstaub übertragen, als Leckerbissen dienen. E. Ule hat sodann einen myrthenartigen Strauch, *Myrrhinium*, gefunden, dessen Blumenblätter gleichfalls essbar sind und wie Orangenzucker schmecken. Die Blumenblätter sind hier klein, kaum 5 mm lang, die purpurrothen Staubfäden dagegen fast 30 mm. Dafür stehen die kleineren Blumen in grösserer Zahl beisammen. Die übrigen Myrtaceen Brasiliens haben meist flach ausgebreitete, zarte, weisse Blüten mit zarten, dünnen, weissen Staubfäden und werden hauptsächlich durch Bienen (*Meliporus*) bestäubt.

Wie in den obigen Fällen Vögel den fleischigen Blütenblättern, so gehen nach Burck bei *Freycinetia* Fledermäuse (*Pteropus edulis*) den grossen, rosenrothen, fleischigen Brakteen nach, die sie verzehren. Sie übertragen dabei mit ihrem Kopf den Pollen von Blüthe zu Blüthe bei dieser diöcischen Pflanze.

Die *Abutilon*arten Südbrasiens, deren natürliche Befruchter Kolibris sind, werden so fleissig von den letzteren besucht, dass sie selbst steril werden konnten. Fritz Müller, der in seinem Garten viele Kreuzungsversuche mit diesen *Abutilon*arten vornahm, theilt unter anderem folgendes mit: „Ein prächtiger, grosser Kolibri, dessen schwarze Brust wie eine rothglühende Kohle aufglüht, wenn er irgendwie erregt wird, hat mit seinem unscheinbareren Weibchen sich fast vollständig die Alleinherrschaft über meine *Abutilon* angemasst und verjagt alle anderen Arten. Alle unbedeckten Blüten werden durch denselben befruchtet.“ Auch die scharlachrothen *Salvia*arten, *Rubiaceen* (*Manettia*?) und zahlreiche andere Pflanzen Südbrasiens haben Kolibris zu Bestäubungsvermittlern (cf. Fritz Müller, *Botan. Zeitung* 1870, S. 275).

In Nordamerika ist der einzige dort vorkommende Kolibri, *Trochilus colubris*, z. B. der Hauptbefruchter von *Impatiens fulva* und einer der eifrigsten Besucher bei *Hibiscus lasiocarpus*, *Lobelia cardinalis* und einer Reihe anderer Blumen.

Bei der ornithophilen *Strelitzia reginae* kommen in der Pollenmasse zahlreiche ein- bis mehrzellige Fäden (*Capillitium*) vor, die aus der Antherenepidermis entstehen und einen Zusammenhalt des Pollens bei der Verbreitung durch Kolibris bewirken. (Ueber die

sonstigen Anpassungen der Strelitziablüthe vgl. Ber. d. Dt. Bot. Ges. XII. 1894, p. 53 ff.)

Caprifoliaceen.

§ 153. Durch ungleiche Verlängerung der Blumenröhren sind hier die mannigfaltigsten Anpassungen an die befruchtenden Insecten zu Stande gekommen.

Lonicera Caprifolium mit ca. 30 mm langen Blumenröhren ist eine ausgeprägte Nachtschwärmerblume (*Sphinx Convolvuli*, Rüssel 60—80 mm, *Sph. Ligustri* 37—42, *Sph. pinastri* 28—33, *Deilephila elpenor* 20—24, *D. porcellus* 20 etc. sind die Befruchtungsvermittler); *L. Periclymenum* mit ca. 20 mm langen Röhren lässt auch die langrüsseligsten Bienen zu; *L. tatarica* und *Xylosteum* mit 3—7 mm langer Röhre haben Bienen und einzelne langrüsselige Fliegen zu Bestäubern. *Symphoricarpus* ist nach Hermann Müller vorwiegend Wespenblume; *Viburnum* mit ganz offenem Honig wird von kurzrüsseligen Insecten, Fliegen und Käfern besucht; *Sambucus* ist honiglos, daher sein Besucherkreis noch beschränkter als bei *Viburnum* und *Adoxa*; die Blüthe lockt nur noch winzige honigsuchende Insecten an. Noch mannigfaltiger sind die

Rubiaceen.

Galium Mollugo wird nur von Fliegen, das gelb blühende *G. verum* häufig auch von Käfern (*Cetonien*, *Elateriden* und *Mordelliden*), *Asperula* mit längerer Röhre von *Apiden* und *Bombyliden* besucht, und das äusserste Extrem bietet *Posoqueria (Martha) fragrans*. Letztere, ein Strauch mit weissen, herrlich duftenden Blüthen, ist durch abendliches Blühen und 11—14 cm lange Blumenröhren den langrüsseligsten Schwärmern angepasst, denen (wie z. B. *Sphinx rustica*) in jungen Blüthen der Pollen mit Federkraft (einer Anfangsgeschwindigkeit von ca. 3 m in der Secunde) auf den Rüssel geschleudert und „die Thür vor der Nase zugeschlossen“ wird, in älteren Blüthen aber für die Befruchtung der Genuss des Honigs gestattet ist.

Viele Rubiaceen sind heterostyl dimorph.

Compositen.

§ 154. Die grosse Abtheilung der Korbblüthler verdankt ihr Uebergewicht in der Pflanzenwelt nicht zum wenigsten den trefflichen Anpassungen ihrer Blütheneinrichtungen an die Insectenwelt.

Mit den Umbelliferen (*Orlaya* etc.), Cruciferen (z. B. *Iberis*, *Teesdalia*), Caprifoliaceen (*Viburnum* etc.), Dipsaceen (*Knautia*, *Scabiosa*) und anderen theilen sie die Vereinigung vieler Blüten zu Blüthengenossenschaften, die bei ihnen am weitesten gediehen sind, und innerhalb dieser Genossenschaften die Arbeittheilung in Lockblüthen (Randstrahlen von *Chrysanthemum*, *Aster*, *Helianthus* etc.) und Geschlechtsblüthen. Die dichte Stellung der Blüten in der Scheibe, die die Ausbildung der Einzelkelche zu Schutzvorrichtungen überflüssig macht, gestattet den Insecten in kurzer Zeit zahlreiche Blüten zu befruchten. Die Augenfälligkeit wird dadurch gesteigert, dass die Aussenblüthen bei den Cynareen sich nach aussen biegen, bei den Cichoriaceen ihren Saum zu einem langen, nach aussen gerichteten Strahl entwickeln, bei den Asteroideen sich auf Kosten der Geschlechtstheile zu strahlig abstehenden gefärbten Blättern umgestalten, während bei anderen (*Carlina*) die innersten Hüllblätter diese Rolle übernommen haben. Der Honig wird von einem den Griffelgrund ringförmig umgebenden „Nektarkragen“ so reichlich abgesondert, dass er bis in den nach oben erweiterten Theil der engen Blüthenröhre aufsteigt und ebenso leicht zugänglich ist wie bei den Umbelliferen. Während er aber bei diesen völlig offen liegt, wird er bei den Compositen durch die zusammenschliessenden Staubbeutel vor Regen geschützt. Die Leichtzugänglichkeit des Honigs hat einen sehr mannigfaltig reichen Besucherkreis zur Folge, der in Folge der ausgeprägten Proterandrie meist Fremdbestäubung ausübt. Dies ist besonders der Fall bei vielen Cynareen, bei denen das Aufblühen so rasch vom Rand bis zur Mitte der Körbchen fortschreitet, dass dasselbe erst längere Zeit rein männlich, dann längere Zeit rein weiblich ist, ferner bei den zahlreichen Compositen, bei welchen eine Differenz der geschlechtlichen Entwicklung stattgefunden hat. Aber auch bei anderen findet vorwiegend xenogame oder doch allogame Befruchtung statt. Der Bestäubungsmechanismus ist ein sehr wirksamer. Die zu einem Hohlcyliner verwachsenen Antheren dehisciren schon in der Knospe nach innen und erfüllen den Hohlraum, dessen Boden der noch kurze Griffel bildet. Letzterer ist ringsum mit Bürsthaaren besetzt, durch welche der Pollen aus dem Cylinder herausgefegt wird. Bei den Lobeliaceen geschieht dies erst, wenn der Griffel aus der Antherenröhre herauswächst, bei den Compositen kommt aber vorher eine Reizbarkeit der Staubgefässe ins Spiel. Die letzteren (deren Filamente getrennt sind

und den Eingang zum Honig frei lassen) verkürzen sich, wenn sie von dem Rüssel eines Insectes berührt werden, so, dass der Antherencylinder längs der inneren Griffelbürste herabgezogen wird und diese den Pollen herausfegt und den Insectenkörper damit bestäubt. Erst längere Zeit darnach wächst der Griffel weit aus der Röhre heraus und wird empfängnissfähig, meist entfernen sich die beiden Narbenhälften von einander, so dass ihre papillöse Innenfläche zur Aufnahme von Pollen bereit ist. Die Reizbarkeit der Staubfäden wurde bei *Centaurea*, *Onopordon*, *Cichorium*, *Hieracium* etc. schon von Kölreuter beobachtet. Die Fegehaare bilden entweder einen Ring um die Basis der Griffeläste (*Centaurea*, *Cirsium*), oder einen an der Spitze des Griffels zusammengedrängten Büschel (*Chrysanthemum*, *Achillea*) oder sie sind über einen grösseren Theil der Aussenseite des Griffels verbreitet.

Von den insectenblüthigen Senecioniden findet sich nach Del-pino ein stufenweiser Uebergang in ausgeprägt windblüthige Artemisiaceen (*Artemisia dracunculus* etc.).

Die verschiedenen Einrichtungen mögen an einigen Beispielen erörtert werden.

Centaurea Cyanus besitzt (wie die übrigen Arten von *Centaurea*) oben klappenförmige Anhängsel der Staubbeutel, welche anfangs oben zusammenneigen und den Antherencylinder schliessen, der Griffel trägt unter der kurzen, zweilappigen Narbe einen Ring von Fegehaaren. Lässt man Blüthen einige Tage unberührt im Zimmer stehen, so öffnen sich die Endklappen des Antherencylinders und es kommt ein wenig Blütenstaub heraus. Berührt man nun mit einer Nadel, so quillt in kurzer Zeit eine Menge Blütenstaub hervor. H. Müller beobachtete, wenn er die Staubfäden mit der Nadel anstiess, dass der Antherencylinder sehr rasch 2—3 mm, dann langsamer 5—6 mm weit längs dem Griffel herabgezogen wurde, so dass in wenigen Secunden eine Menge Pollen hervorquoll und dann allmählich der Griffel auf 3—4 mm aus der Oeffnung hervortrat.

Bei *Centaurea Jacea* sind Rand- und Scheibenblüthen gleich, erstere nur so stark nach aussen gebogen, dass die Blüthengenossenschaft von 8—10 mm Durchmesser auf eine Fläche von 20—30 mm Durchmesser ausgebreitet wird; bei *Centaurea Scabiosa* sind die Randblüthen steril ohne glockige Erweiterung, mit langen, ganz nach aussen gebogenen Röhren. Bei *C. Cyanus*, der Kornblume, dienen die Randblüthen ebenso ausschliesslich der Anlockung der

Insecten, indem sie aber die blauen grossen Trichter nach aussen wenden, vergrössern sie die Fläche der Blüthengenossenschaft von 20 auf 50 mm Durchmesser.

Chrysanthemum Leucanthemum. Die gelbe Scheibe besteht aus 400—500 Blüthchen von etwa 3 mm Länge, deren Honig in den Glöckchen aber nur etwa 1 mm tief liegt. Die Scheibe hat 12—15 mm Durchmesser, die weiteren Lappen der meist 21 Randblüthen sind aber 14—20 mm lang und 3—6 mm breit, der ganze Blütenstand erreicht fast einen Durchmesser von 40 bis 50 mm. Im ersten Stadium liegt der Blütenstaub, im zweiten liegen die Narbenflächen der Griffeläste, die mit einem dichten Büschel divergirender Haare enden, unmittelbar über den Glöckchen. Bei ausbleibendem Insectenbesuch oder Schneckenbesuch (bei Regenwetter) findet Selbstbestäubung statt. Bei dem Gänseblümchen, *Bellis perennis*, ziehen sich die Griffeläste nach erfolgter Bestäubung wieder ins Glöckchen zurück.

Bei *Chrysanthemum carinatum* (aus der Berberei) ist der Farbengegensatz der Scheiben und Randblüthen noch erhöht durch die verschiedene Färbung der letzteren. Die Scheibe ist schwarzroth, der Strahl weiss, am Grund gelb oder zwischen beiden Färbungen lebhaft roth, so dass dann auf die dunkle Scheibe ein leuchtend gelber Kreis folgt, der durch eine karminrothe Ringzone von dem äusseren weissen Theil getrennt ist. In den Gärtnereien sind diese und einige andere Arten, besonders *Chrys. indicum* zur buntesten Mannigfaltigkeit an Farbe und Form durch Bastardirung und Zuchtwahl umgestaltet worden.

Bei *Tussilago Farfara* sind 30—40 männliche Scheibenblüthen und gegen 300 in mehreren Reihen stehende rein weibliche Randblüthen zu einem Blütenkörbchen vereinigt, das sich bei Sonnenschein zu einer goldgelben Scheibe von 20—25 mm Durchmesser ausbreitet. Den weiblichen Randblüthen fällt hier die Rolle zu, die Blüthengenossenschaft bemerkbar zu machen und Früchte zu bilden, den Scheibenblüthen dagegen die Pollenproduction und Honigabsonderung. Erstere haben honiglose Blumenröhren mit 6—8 mm langem linealischen Strahl und einen am Ende mit zwei sich aus einander spreizenden Narbenästen versehenen Griffel, der an der Spitze als nutzloses Ueberbleibsel Fegehaare hat. Die Scheibenblüthen haben zwar einen Griffel, dessen Aeste aber verwachsen bleiben und, dicht mit kurzen Fegehaaren besetzt, bei der Pollenentladung thätig sind; der Frucht-

knoten enthält aber eine verkümmerte Samenknospe. Ein dickfleischiger gelber Nektarkragen an der Basis des Griffels scheidet Honig aus. Die Narben der weiblichen Randblüthen entwickeln sich erheblich früher als der Pollenapparat der Scheibenblüthen.

Bei *Petasites albus* (und ähnlich verhält sich auch *P. officinalis*) hat eine weitere geschlechtliche Differenzirung stattgefunden, indem zweierlei Stöcke zur Ausbildung gelangt sind. Die einen (Zwitterpflanzen) enthalten proterandrische Zwitterblüthen mit Bürstenapparat und eine Reihe weiblicher Blüthen ohne Corolle und mit sehr kurzen röthlichen Griffelästen, die sich lange vor den Zwitterblüthen entwickeln; die anderen Stöcke enthalten nur wenige unfruchtbare Zwitterblüthen in der Scheibe, die nur halb bis ein Drittel so gross als die normalen Zwitterblüthen sind, im Uebrigen weibliche Blüthen (weibliche Pflanzen). Ich sah die Blume im Erzgebirge, wo sie im ersten Frühjahr (gleich *Tussilago*) blüht, von zahlreichen Hummeln bestäubt. Bei *Tussilago* finden sich nach H. Müller hauptsächlich Honigbienen, *Andrena*, *Halictus*, von Dipteren *Bombylius major*, *Eristalis tenax* und von Käfern *Meligethes* ein.

Bei *Eupatorium cannabinum* sind die Köpfchen zwar klein, vier- bis fünfblüthig, aber es stehen mehrere hundert Köpfchen in einer Doldenrispe bei einander. Die weiten Griffeläste sind hier noch etwas länger als die röthliche Blumenkrone, an ihrem Ende dicht mit Fegehaaren besetzt, während das untere Viertel jederseits am Rande einen Streifen von Narbenpapillen trägt. Bald nach dem Aufblühen ragen die mit Fegehaaren besetzten Enden der ausgespreizten Griffeläste frei hervor, so dass die Insecten den Blüthenstaub abstreifen, die unteren, narbentragenden Stücke der Griffeläste sind noch eingeschlossen, später treten auch sie aus den Glöckchen hervor und divergiren so weit, dass die Insecten (vorherrschend Schmetterlinge neben Honigbienen, Hummeln und Fliegen) mit der Narbe in Berührung kommen.

Campanulaceen.

Unter den Campanulaceen hat *Jasione montana* durch ihren Blüthenstand (aus 70—180 Blüthen) grosse Aehnlichkeit mit den Compositen und theilt mit ihnen den Vortheil der gleichzeitigen Befruchtung mehrerer Blüthen bei jedem Besuch und die Reichhaltigkeit der Insectenbesuche (H. Müller führt 99 Besucher auf).

Die ausgeprägt proterandrischen Blüten bieten den Honig frei dar, da die linealischen Blütenzipfel bis auf den Grund getheilt sind. Die Staubgefässe sind am Grund der freien Staubbeutel zu einem den Griffel umgebenden Ring verwachsen. Letzterer bildet anfangs eine Cylinderbürste, die zuletzt selbst die Blütenblätter überragt, später, nachdem Blütenstaub und Fegehaare verschwunden sind, eine zweitheilige Narbe darbietet. Die Blütheneinrichtung von *Phyteuma spicatum* stimmt hiermit im Wesentlichen überein.

Bei *Campanula* ist zu jeder Blütenbestäubung ein einzelner Besuch nöthig. Die grossen glockenförmigen blauen Blüten haben gelbes, fleischiges, den Griffel umschliessendes Nectarium. Die Staubgefässe sind in der Knospe mit der dehiscirenden Seite der Bürste des noch unentfalteten Griffels angepresst, sie schrumpfen dann bald und ziehen sich auf den Blüthengrund zurück. In der dann sich öffnenden Blüthe finden die Insecten zunächst die pollenbeladene Cylinderbürste, deren Haare allmählich schrumpfen, später erst breiten sich die Griffeläste aus und legen die Narbe frei.

Primulaceen und andere heterostyle Pflanzen.

§ 155. Die Primulaceen besitzen sämmtlich regelmässige Blumen mit fünf Staubblättern und einem Stempel, bieten aber die mannigfachsten Abstufungen von offenen honiglosen oder mit leicht zugänglichem Honig versehenen Blumen zu solchen, die durch die Honigbergung den langrüsseligen und blumeneifrigsten Insecten, Bienen und Faltern angepasst sind. Zu den Pollenblumen rechnet H. Müller die weissblühende proterogynische *Trientalis europaea*, die gelben *Lysimachia*-arten und die rothe und blaue *Anagallis arvensis* und *A. coerulea*. Die letzteren besitzen an den Staubfäden gegliederte, keulig verdickte Haare, die nach Delpino hier wie bei *Verbascum* (*Scrofulariacee*) den pollensammelnden Bienen zum Festklammern dienen. Bei den *Lysimachia*-arten (bei *L. vulgaris* grossblüthige Insectenform und kleinblüthige autogame Form) ist anfangs die etwas früher entwickelte Narbe aus dem Staubblattcylinder herausgebogen. Bei *Lysimachia vulgaris* stellen sich pollensammelnde Schwebfliegen und Apiden (*Macropis labiata*) zahlreich ein. Vereinzelt Halictus, *Andrena* und *Odynerus* suchen vergeblich an den glänzenden Stellen am Grund der Blumenblattlappen nach Honig. H. Müller beobachtete, dass *Macropis labiata*, emsig über die Blüten fegend, sich dicke Ballen durch-

feuchteten Pollens rings um die Hinterschienen häuft. Woher sie den Saft nehmen, blieb ihm räthselhaft, da sie mit ihren stumpfen, langbewimperten Kieferladen das Zellgewebe der Blüthe nicht anbohren können. Es sind aber, wie ich fand, nicht nur die Staubfäden aussen, sondern auch die Blumenkrone innen dicht mit langgestielten Drüsenknöpfen besetzt, welche den Saft liefern. Führt man einen spitzen Gegenstand in die Blüthe ein, so kann man leicht beobachten, wie dieser von den Drüsenknöpfen (die unter einer Glasglocke sogar grosse Tröpfchen Flüssigkeit ausscheiden) befeuchtet wird, so dass dann der grubig-narbige, eigenthümlich gestaltete Pollen leicht daran haftet. Auch bei der selbststerilen *L. nummularia* finden sich die Drüsen an Staubfäden, und hier besonders an unteren Theilen der Blumenkrone (vgl. *Verbascum*).

Bei den *Androsace*-arten wird der Nektar noch im Grund einer kurzen aber engen Röhre blumensteten Insecten (Falter, Bienen, blumensteten Fliegen) dargeboten. Die Blumenfarbe schreitet bei ihnen vom Weiss zum Rosenroth fort. Bei *A. Chamaejasme* mit sehr augenfälligem Blüthenstand und reichlichem Nektar ist der Insectenbesuch am reichlichsten; das gelbe Saftmal um den Blütheneingang wird nach der Bestäubung karminroth und die Blumenkronenzipfel werden rosenroth (vgl. über die Bedeutung dieses Farbenwechsels *Pulmonaria*). Die *Soldanella*-arten mit lila- bis violettfarbigen Blüthen mit herabhängenden, zerfransten Glöckchen, Ausbildung eines den Blütheingang verengenden Schirmes sind Bienen und Hummeln angepasst.

Die alpinen *Primula*-arten sind Falterblumen von lila bis purpurrother Farbe, wie fast alle deutschen und Schweizer Falterblumen, die sich die Falter nicht erst aus ausgeprägten Hummelblumen zu Falterblumen umgezüchtet haben (wie *Rhinanthus alpinus*, *Viola calcarata*, die Untergattung *Cyclostigna* von *Gentiana*). Die alpine *Primula longiflora* (*homostyl*) mit 16—24 mm langen Blumenkronen ist aus einer Tagfalterblume zu einer Tag-schwärmerblume geworden, die allein der Taubenschwanz (*Macroglossa*, Rüssel 25—28 mm) und der Wolfsmilchschwärmer (Rüssel 25 mm) auszubeuten vermögen.

Primula farinosa, in den Alpen Falterblume und mit engerem Blütheneingang lebhafter gefärbter und grösserer Blumen, scheint in Norddeutschland (Pommern) Bienenblume geworden zu sein. Unsere gelben Tieflandsprimeln sind den Hummeln und Bienen angepasst.

Ch. K. Sprengel hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass bei *Hottonia* zweierlei Stöcke verschiedener Blütenform auftreten, deren eine langgriffelig ist, aber tief in der Röhre stehende Staubgefässe hat, während die andere kurzgriffelig ist und hoch in der erweiterten Röhre stehende Staubgefässe enthält. Darwin fand diese Formen bei Primeln und hat nachgewiesen, dass allein erfolgreich die Bestäubung der kurzen Griffel durch den Pollen der tiefstehenden Staubgefässe (der langgriffeligen Form) oder der langen Griffel durch den Pollen der in gleicher Höhe stehenden Staubgefässe der kurzgriffeligen Form ist. Hildebrand, Treviranus u. A. haben dann die Experimente Darwin's an unseren gewöhnlichen Primeln und Aurikeln, bei *Primula sinensis*, *P. farinosa*, *P. minima* wiederholt und vollen Erfolg bei dieser legitimen Bestäubung, geringen oder keinen Erfolg bei illegitimer Bestäubung erzielt. John Scott hat 36 Arten von *Primula* aufgeführt, welche diese Zwiegestalt („Heterodistylie“, „heterostylen Dimorphismus“) zeigen. Ausser den *Primula*-arten und *Hottonia* sind bei uns noch heterodistyl: *Pulmonaria officinalis* etc., *Fagopyrum esculentum* (Buchweizen), *Menyanthes trifoliata* (Fieberklee). Ausserdem sind aber eine grosse Anzahl heterodistyle Arten der verschiedensten Gattungen bekannt geworden, so zählt F. Ahlefeld 29 dimorphe *Linum*-arten auf, die in Europa, Asien, Nordafrika heimisch sind, während die *Linum*-arten in Nord- und Südamerika und am Cap, ähnlich wie unser gewöhnlicher Flachs und *Linum catharticum* etc., homostyl oder monomorph sind. So finden sich z. B. heterodistyle Species noch bei den Gattungen *Lithospermum*, *Arnebia*, *Hockinia*, *Limnanthemum*, *Erythroxyton*, *Cinchona*, *Plantago*, *Rhamnus*, *Mertensia*, *Leucosmia*, *Dryospermum* etc. Von 83 Arten von *Turneraceen* fand Urban 48—56 Arten vollkommen, 6 unvollkommen heterodistyl. *Primula mollis*, *P. scotica*, *P. verticillata* etc. sind homostyl und mit eigenen Pollen fruchtbar.

Bei den heterostylen Arten ist meist nicht nur eine verschiedene Gestalt der Blumenkrone mit der Heterostylie verbunden, sondern auch ein Unterschied in der Grösse der Pollenkörner und Narbenpapillen. Die Pollenkörner der kurzgriffeligen Form sind, dem langen Pollenschlauch, den sie bei legitimer Bestäubung (der Narben der langen Griffel) zu treiben haben, entsprechend, bedeutend grösser, als die der tiefstehenden Staubgefässe der langgriffeligen Form, deren Schläuche bei legitimer Befruchtung

nur den kurzen Griffel durchwachsen müssen. Entsprechend sind die Narbenpapillen der kurzen Griffel klein und dicht, die der langen gross und weitstehend. Bei *Faramea* sind die grossen Pollenkörner stachelig, die kleinen nicht. Ueber das Zustandekommen des heterostylen Dimorphismus giebt uns z. B. die Wasserfeder, *Hottonia palustris*, Aufschluss, die in Bezug auf Lebensweise und Vegetationsorgane von *Primula* weit verschieden ist, in ihrer Blütheneinrichtung jedoch grosse Uebereinstimmung zeigt (ähnlich wie *Utricularia* steigt *Hottonia* zur Blüthezeit zum Wasserspiegel auf und streckt ihren terminalen Blütenstand über das Wasser empor). Honigsuchende Insecten, welche die Blüten von *Hottonia* in gleicher Weise besuchen, müssen am Vorderkörper den Blütenstaub der tiefgelegenen Antheren, am Hinterleib den der langen Staubgefässe mit sich führen; mit letzteren können sie aber nur die Narben der langen Griffel, mit ersteren die der kurzen Griffel bei der gewöhnlichen Art des Besuchs erlangen. Anders ist es mit pollensuchenden Insecten, die zum Besuch der kurzen Griffel keine Veranlassung haben, dagegen beim Besuch der tiefstehenden Antheren mit dem pollenbeladenen Kopf gelegentlich die Narbe der langen Griffel berühren.

Während bei Blumen, deren Blütenmechanismus nur oder vorwiegend durch Zuchtwahl honigsuchender Insecten zu Stande gekommen ist, illegitime (künstliche) Bestäubung fast gänzlich wirkungslos ist, wird da, wo pollensuchende Insecten neben den honigsuchenden regelmässige Gäste sind, eine Heterostylie entstanden sein, bei der die legitime Bestäubung zwar die erspriesslichste ist, von den illegitimen Bestäubungen aber die der langen Griffel immerhin jener nahe kommt. So ist es nach den Experimenten von John Scott und Herm. Müller bei *Hottonia palustris*, wo die Bestäubung durch pollenfressende Fliegen in ausgedehnter Masse ausser durch saugende Hautflügler (*Pompilus viaticus*) und Fliegen (*Empis*, *Eristalis*, *Rhingia*) bewirkt wird. Bei den Experimenten von H. Müller ergaben die zwei legitimen Verbindungen zusammen, verglichen mit den zwei illegitimen, Samenkörner im Verhältniss 100 : 61. Es war die mittlere Zahl der Samenkörner auf die Kapsel bei

- | | |
|---|------|
| 1. legitimer Bestäubung der langgriffeligen Form . . | 94,4 |
| 2. illegitimer Bestäubung der langgriffeligen Form von
einer anderen Pflanze | 77,5 |

- | | |
|---|------|
| 3. legitimer Bestäubung der kurzgriffeligen Form . . . | 66,2 |
| 4. illegitimer Bestäubung der kurzgriffeligen Form von
einer anderen Pflanze | 18,7 |
| 5. Selbstbestäubung der langgriffeligen Form . . . | 15,7 |
| 6. Selbstbestäubung der kurzgriffeligen Form . . . | 6,5 |

Weit seltener als dimorphe Heterostyle sind trimorphe Arten, bei denen Antheren und Narben in drei Höhensätzen vorkommen und bei denen es dementsprechend kurzgriffelige (mikrostyle), langgriffelige (makrostyle) und mittelgriffelige (mesostyle) Stöcke giebt. Aus unserer Flora ist nur *Lythrum Salicaria*, der Färbe-weiderich, als heterotristyl zu verzeichnen.

Die stattlichen rothen Blumenähren dieser an den Ufern unserer Gewässer wachsenden Pflanze werden durch zahlreiche Insecten besucht, denen die dunklen Mittellinien der Blumenblätter und der innen rothe Kelch den Weg zum Nektar zeigen. In den Blüten der dreierlei Stöcke, die 1841 von Vaucher entdeckt wurden, finden sich zwei Kreise von je sechs (oder fünf) Staubgefässen und ein Griffel. Die kurzgriffelige Form hat einen kurzen, in der Kelchröhre eingeschlossenen Griffel, die mittleren Staubgefässe ragen 3—4 mm, die längsten 6—8 mm weit aus derselben hervor. Bei der mittelgriffeligen bleiben die unteren Staubgefässe im Kelch, der Griffel nimmt die mittlere Höhe (3—4 mm aus dem Kelch) ein, die längsten Staubgefässe sind wie bei der vorigen Form beschaffen, mit grünem (unscheinbarem) Pollen (zum Schutz gegen Pollenfresser) versehen, während sonst der Pollen gelb ist. Die langgriffelige Form hat schliesslich einen 6—8 mm aus dem Kelch ragenden Stempel und zwei Sätze kurzer und mittlerer Staubgefässe wie bei den anderen. Grösse der Narbenpapillen und der Pollenkörner nimmt vom oberen zum unteren Kreis wesentlich ab.

Nach den zahlreichen Versuchen von Darwin sind von den 18 möglichen Bestäubungsarten (jede der drei Narben mit jeder der sechs Antherensorten) nur die sechs von voller Fruchtbarkeit, in denen Geschlechter gleicher Höhe mit einander vereinigt werden. Diese legitimen Bestäubungen vollziehen bei *Lythrum Salicaria* die Apiden: *Cilissa melanura* (überall und sich fast ausschliesslich auf den Besuch dieser Pflanze beschränkend), *Saropoda rotundata*, *Apis mellifica*, Hummeln, *Megachile centuncularis*; von Dipteren: *Helophilus pendulus* und *trivittatus*, *Volucella plumata*, während *Halictus*arten, *Syrphus balteatus*, *Melithreptus taeniatus*,

Schmetterlinge etc. nur eine oder zwei legitime Befruchtungen regelmässig vollziehen können. Wie *Lythrum Salicaria* verhält sich z. B. *L. Graefferi*, während nach Köhne 21 Arten von Lythraceen (z. B. *L. thymifolium*) dimorph und 340 Arten (z. B. *L. hyssopifolium*) monomorph sind. Unter den ausländischen *Oxalis*-arten sind nach Hildebrand unsicher 20, nahezu sicher 51 Species heterostyl trimorph, z. B. *O. Valdiviana*, *O. Reynellii*, *O. gracilis*, von denen die erstere häufiger in Gärten zur Einfassung von Rabatten benutzt wird. Bei der, unserer homostylen *Oxalis stricta* nahestehenden, trimorphen, nordamerikanischen *O. Sucksdorfii* fand Trelease in Procenten: langgriffelige Stöcke 25, mittelgriffelige 54, kurzgriffelige 21. Von *O. violacea* fand Trelease nur die lang- und kurzgriffelige Form und zwar von der ersteren 63, der letzteren 37 aufs Hundert. Während die dimorphe Heterostylie (wie die trimorphe) ursprünglich aus Blumenformen mit schwankender Länge der Sexualorgane sich gebildet haben mag, ist dieselbe in anderen Fällen aus dem Trimorphismus hervorgegangen, so nach W. Burck bei *Connarus Bankensis*, wo die gegenwärtigen Blütenformen, wie aus dem Vorkommen rudimentärer Organe hervorgeht, der lang- und mittelgriffeligen Form einer ursprünglich trimorphen Art entsprechen. Bei *Connarus falcatus*, die morphologisch trimorph ist, ist der eine Staubgefässkreis in einer Rückbildung begriffen, so dass die Art biologisch nur dimorph ist, ebenso bei *Averrhoa Eichhornia* (*Pontederia*) *crassipes* besitzt gleichfalls lang-, kurz- und mittelgriffelige Individuen, während Fritz Müller eine andere scheinbar trimorphe *Pontederia* nur in lang- und kurzgriffeliger Form antrifft (vgl. auch die der Heterostylie entsprechende Enantio-stylie, die bei den Cäsalpinaceen erörtert ist).

Die Bestäubungsmechanismen und Bestäubungsvermittler der Asclepiadeen.

§ 156. Die Asclepiadeen wetteifern hinsichtlich des complicirten und trefflich angepassten Bestäubungsmechanismus mit den Orchideen. Wie bei ihnen sind die Pollenkörner (deren Production in geringer Zahl der vorzüglichen Anpassung wegen bemerkenswerth ist) nicht trocken staubig, sondern zu wachsartigen Massen in besonderen Pollinien vereinigt. Während aber bei den Orchideen die Pollenmassen der einzelnen Anthere, für sich frei, mit klebriger Haftscheibe am Ende eines Stieles versehen sind, sind bei den

Asclepiadeen die Stielenden der Pollinien je zweier benachbarter Antheren (verschiedener Staubgefässe) durch einen harten hornartigen mit Schlitz versehenen Klemmkörper verbunden und werden mit diesem durch die bestäubungsvermittelnden Insecten gewaltsam aus den Staubgefässen herausgerissen. Bei unserem einheimischen *Vincetoxicum officinale*, dessen Klemmfalle zuerst von Chr. Conr. Sprengel, dann von F. Hildebrand richtig gedeutet und näher untersucht wurde, sind die Blüthentheile sehr klein und ohne Lupe und schwache mikroskopische Vergrösserung schwer zu unterscheiden. Dem Anfänger ist es daher zu empfehlen, die merkwürdige Klemmfalle der Asclepiadeen zuerst bei einer in Gärten cultivirten Species mit grösseren Blüthen, etwa *Asclepias Cornuti* (*A. syriaca*) näher zu studiren. Bei *Asclepias Cornuti* ist nach Hermann die Blütheneinrichtung die folgende. Der Fruchtknoten trägt oben einen fleischigen Knopf, dessen Unterseite nur an fünf von aussen zugänglichen Stellen als Narbe fungirt. Eine den Fruchtknoten umschliessende Säule trägt fünf Staubgefässe und davor fünf fleischige Nektarien. Die Staubgefässe (fast ohne Staubfäden) liegen rings um den fleischigen Narbenkopf (zwischen den Narbenflächen) dicht an und sind nach hinten offen, während die plattenförmigen Staubkölbchen oder Pollinien nach aussen durch zwei schwache Vorwölbungen der Antherenhaut sich bemerkbar machen. Nach dem Narbenkopf zu zeigt jedes Staubgefäss einen häutigen Lappen, der sich auf die Oberfläche des Knopfes auflegt. Rechts und links trägt das Staubgefäss einen nach oben zu gleichmässig verschälerten und am oberen Rande des Knopfes spitz zulaufenden blattartigen Anhang, der von der Säule senkrecht absteht und an dem Anhang des benachbarten Staubgefässes so dicht anliegt, dass zwischen beiden nur ein schmaler unten etwas weiterer Schlitz bleibt, hinter welchem gerade die empfängnissfähige Stelle der Unterseite des Narbenkopfes liegt. Im oberen Ende dieses Schlitzes liegt der Klemmkörper, eine hornartige, harte, der Länge nach beiderseitig nach vorn eingebogene Platte, dessen vordere Ränder dicht an einander liegen und einen engen Spalt bilden. An ihm sind die Pollenmassen der Hälften der Nachbarstaubgefässe mittelst zweier hinter den Staubgefässen versteckt liegenden Stränge befestigt. Ausserhalb der Staubgefässe, vor deren Mitte, trägt die den Fruchtknoten umschliessende Scheibe, dicht an den Staubgefässen

anliegend, die fünf reichlich Honig secernirenden Nektarien, welche nach innen hohle, blattartige Gebilde darstellen, deren jedes nach dem Narbenkopf zu ein spitzes, kegelförmiges Horn entsendet, das den Anhängseln der Staubgefäße auf dem Narbenkopf dicht anliegt und das Staubgefäß während der Zerrversuche der fest-

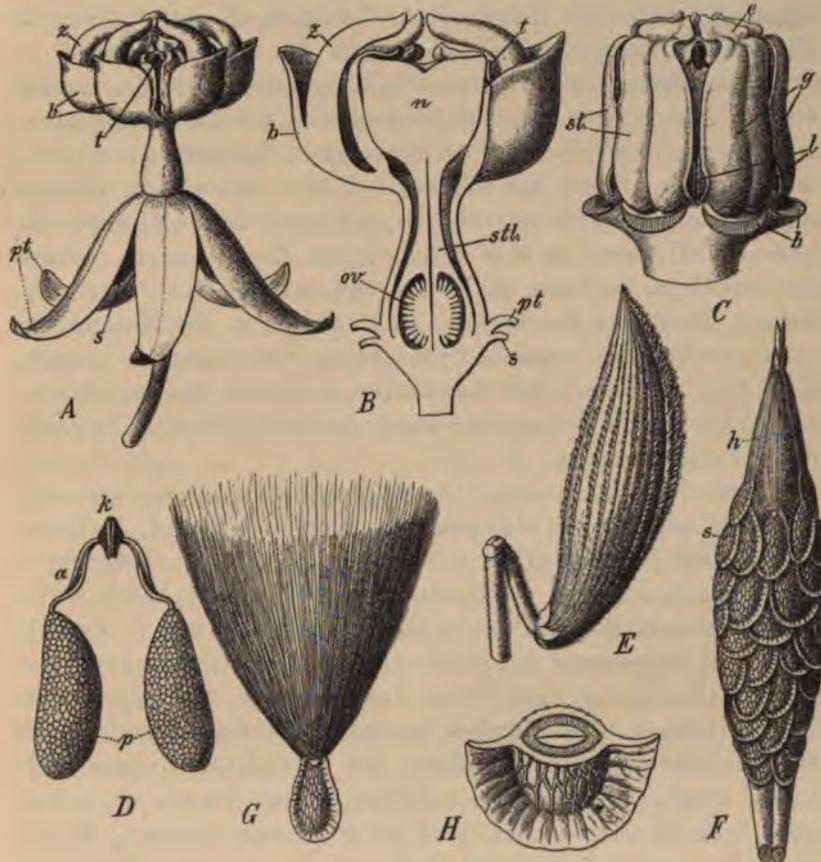


Fig. 23.

Asclepias Coruuti. *A* Blüthe; *s* Kelch; *pt* Blumenkrone; *b* Coronaschuppen; *z* Anhang derselben; *t* Translator. — *B* Dieselbe im Längsschnitte; *ov* Fruchtknoten; *stl* Griffel; *n* Narbenkopf. — *C* Geschlechtsapparat; *st* Staubblätter; *b* Grundtheil; *e* Endtheil; *l* Leitschienen; *e* Staubbeutel. — *D* Pollinie *p*, getragen von den Translatorarmen *a* und dem Klemmkörper *k*. — *E* Frucht. — *F* Samen. — *H* Der Same im Querschnitte, nach K. Schumann.

geklemmten Insecten in seiner Lage erhält. Insecten, welche von dem süßen Wohlgeruch der Blüthen angelockt die Blüthen besuchen, um von dem reichen Honig zu naschen, gerathen mit den Füßen in den Schlitz und Klemmkörper und müssen, um sich zu

befreien, die Pollinien aus den Antherenfächern herausreissen. Anfangs stehen die beiden Staubkölbchen weit aus einander. An der Luft trocknen jedoch die Stränge rasch und drehen sich, so dass die Polliniumplatten dicht an einander rücken und so mit Leichtigkeit in den Schlitz einer noch unbefruchteten Blüthe eingeführt werden können. Hier bleiben die Pollinien an der Narbenfläche haften, indem das Insect die Beine mit kräftigem Ruck zurückzieht; die Klemmkörper nebst Strängen bleiben an den Beinen zurück.

Die Blütheneinrichtung unseres *Vincetoxicum* wie der meisten übrigen *Asclepiadeen* zeigt im Wesentlichen dieselbe Klemmfallen-vorrichtung, aus welcher die einsichtigeren Bestäubungsvermittler unverzagt den Pollen von Blüthe zu Blüthe übertragen, während ungebetene Gäste gefangen bleiben und meist in der Klemme umkommen. Während es aber bei *Asclepias*, *Gomphocarpus*, *Centrostemma*, *Hoya*, bei denen die Nektarien vor den Staubgefässen stehen, die Beine der Insecten sind, welche in die Klemme gerathen, wird bei *Arauja*, *Cynanchum*, *Vincetoxicum*, *Stapelia*, *Bucerosia*, bei denen die Nektarien mit den Staubgefässen abwechseln, die Befruchtung durch den in die Klemme kommenden Rüssel vollzogen.

Innerhalb der Gattung *Asclepias* haben wieder sehr verschiedene Anpassungen stattgefunden, wie Hildebrand, Delpino, Herm. und Fritz Müller und Andere, zuletzt Ch. Robertson durch Beobachtungen in Nordamerika festgestellt haben. Nur bei den grossblüthigen Arten, *Asclepias Sullivantii* und *A. Cornuti*, sind nach Robertson die Beine mancher Bestäuber so kurz, dass die Krallen die einzigen Theile derselben sind, die festgeklemmt werden können. Bei *Bombus separatus*, *B. Pennsylvanicus* und *B. scutellaris* fand er die Pollinien von *A. Sullivantii* ebenso wohl an den Schiensporen als an den Krallen, ebenso bei *Danais Archippus*, hoch an den Tarsenhaaren bei *Priononyx Thomae*. Ebenso waren bei *Scolia bicincta* die Pollinien der *Asclepias Cornuti* an den Tarsenhaaren festgeklemmt. Dieselben Insecten, die die Pollinien von *A. Cornuti* und *Sullivantii* an ihren Krallen fortschleppen, tragen die der kleinblüthigen Arten, *Asclepias tuberosa*, *A. incarnata*, *A. verticillata*, an den Tarsenhaaren angeklemt fort. Ein Exemplar von *Argynnis Cybele* an *A. Cornuti* gefangen, hatte Pollinien dieser Pflanze an den Krallen, die von *A. tuberosa* an den Tarsenhaaren, ebenso trug ein an *A. tuberosa* gefangenes Exemplar von *Papilio asterias* die Pollinien dieser Pflanze an den

Tarsenhaaren, die von *Sullivantii* an den Krallen. Bei *Asclepias incarnata*, *A. verticillata* und *A. tuberosa* traf Robertson folgende Insectengattungen an mit den Pollinien an höher gelegenen Theilen des Beines: *Apathus*, *Melissodes*, *Ceratina*, *Megachile*, *Epeolus*, *Halictus*, *Vespa*, *Polistes*, *Odynerus*, *Cerceris*, *Crabro*, *Pompilus*, *Priocnemis*, *Myzine*, *Pieris*, *Colias*, *Libythea*, *Conops*, *Midas*, *Trichius*, *Euphoria*. Es ist demnach nicht nöthig, wie dies H. Müller und Corry annahmen, dass der ganze Fuss in die Pollenkammer eindringt, vielmehr können auch einzelne Härchen und Sporne durch die Führung des Schlitzes in die Klemme kommen.

Asclepias verticillata nähert sich in Farbe, Zugänglichkeit des Nektars und nach seinem Bestäuberkreis mehr gewissen Umbelliferen als den übrigen *Asclepias*-arten. Das Gynostegium ist sehr klein, die Staminaffügel sind 1—1,4 mm hoch, daher überwiegend kleine, kurzrüsselige Besucher, wie *Halictus*, *Odynerus*, *Cerceris*, *Crabro*, *Pompilus*, *Priocnemis*, *Myzine*, während bei *Asclepias incarnata*, *A. Cornuti*, *A. Sullivantii* die Zahl der langrüsseligen Insecten mit der Grösse der Blüten zunimmt. Nur die kleinsten Insecten *Ceratina dupla*, *Halictus*, *Cerceris* trugen die Klemmkörper an den Krallen. Von 92 Insecten trugen 88 die Klemmkörper nur an den Haaren, 4 an den Krallen, 8 am Rüssel. Gefangene und getödtete Thiere fand Robertson hier nicht.

Bei *Asclepias Cornuti* haben Delpino, Hildebrand, H. Müller in Europa 31 Insectenspecies, darunter *Bombus italicus*, *B. terrestris* und die Honigbiene beobachtet. Robertson traf in Illinois unsere Honigbiene (die bekanntlich in Amerika erst eingebürgert worden ist), sechs Diptera und sechs Lepidoptera todt in den Blüten, und 32 weitere Insecten besuchten die Blüthe gleichfalls mit grösserer oder geringerer Lebensgefahr, während 27 Insecten die Pollenmassen herausrissen und auf andere Blüten übertrugen: *Bombus separatus*, *B. pennsylvanicus*, *B. americanus*, *Melissodes*, *Odynerus*, *Cerceris*, *Bembex*, *Pelopaeus*, *Sphex*, zwei *Priononyx* sp., *Myzine*, *Scolia*, zwölf grössere Schmetterlinge; von Diptera: *Midas clavatus*; von Coleopteren: *Trichius piger*.

Bei *Asclepias Sullivantii*, bei der der Spalt zwischen den Antheren reichlich einen Millimeter länger ist, als bei *A. Cornuti*, haben kurzbeinige Insecten grosse Mühe, die in der Narbenkammer verbleibenden Pollinien abzureissen und sie müssen häufig ihr Leben lassen. Solche nicht dem Bestäubungsgeschäft angepasste Arten fand Robertson 16, darunter *Apis mellifica* und *Trichius piger*,

bei 23 war der Erfolg unsicher, während 11 Arten der Blütenbestäubung gut angepasst erschienen (*Bombus separatus*, *B. Pennsylvanicus*, *B. scutellaris*, *Bembex nubilipennis*, *Pelopaeus caementarius*, *Priononyx Thomae*, *Papilio asterias*, *Colias philodice*, *Danais archippus*, *Argynnis Cybele*, *Pyrameis atalanta*), auch *Colibris* (*Trochilus colubris*) besuchten die Blüthe, aber ohne Nutzen für dieselbe. Besonders ungeschickt benimmt sich dieser Pflanze gegenüber in Nordamerika unsere Honigbiene, die dort erst 1675 aus Europa eingeführt wurde (in Brasilien erst 1845). An einem Platz, der 52 Sammenkapseln hervorbrachte, wurden 147 tote Bienen eingesammelt, an einem anderen Fleck wurden in 14 Tagen 671 tote Bienen abgelesen, oft vier, einmal sogar sieben in einer Dolde. Viele der gefangenen Thiere fielen den Ameisen, Spinnen und dem *Podisus spinosus* zum Opfer. Bei der Ausbildung der Bestäubungseinrichtung dieser Pflanze dürften die Hummeln den meisten Einfluss gehabt haben. Die Ungeschicklichkeit der Stockbienen erklärt sich daraus, dass sie nicht der eigentlichen Fauna, der Heimath der Pflanze angehören.

Asclepias tuberosa mit orangerother Blütenfärbung ist ihrem Blütenbau nach den Tagfaltern angepasst, ebenso *A. purpurascens* und — nach Fritz Müller — *A. curassavica*.

Bei *Acerates longifolia* liegen die hornlosen Nektariumhauben dem Gynostegium dicht an. Die Antherenflügel messen vom Corpusculum etwa 1 mm und sind zum Fang feinerer Härchen des Körpers der Insecten angepasst. Letztere können leicht zum Nektar gelangen. Die eigentlichen Bestäuber, die Hummeln (*Bombus scutellaris* etc.), zeigen dementsprechend oft die ganze Unterseite der Brust und des Unterleibes von den Klemmkörpern und Pollinien bedeckt. Manche Hummeln tragen auf der Bauchseite über 100 Pollinien. Auch Bienen sind häufig mit Pollinien, zuweilen mit 30—54 bedeckt. Bei *Acerates viridiflora* werden die Pollinien durch die Härchen der Beine, nicht durch die Bauchhaare verbreitet. Während sie sonst durch das damit verbundene Retinaculum an der Narbe zurückgehalten werden, geschieht dies hier in Folge ihrer eigenen Grösse.

Bei *Arauja albens* (*Physianthus*) werden die Klemmkörper mit den Staubkölbchen durch den Rüssel der Hummeln, bei unserem *Vincetoxicum officinale* durch den kleiner Fliegen übertragen. Die in den Vegetationsorganen cactusähnlichen Stapelien (*St. hirsuta*, *St. grandiflora*) locken durch Aasgeruch und trübe

(rothgesprenkelte) Zeichnung Aasfliegen (*Musca vomitoria*, *Sarcophaga carnaria*) in ihre Rüsselklemme. Schon Sprengel sagt: „*Stapelia hirsuta* stinkt also bloss deswegen wie Luder, damit die Fleisch- und Luderfliegen, denen dieser Geruch höchst lieblich ist, dieselben besuchen und befruchten. Bienen und Hummeln werden dieselbe gewiss nicht besuchen, weil sie einen solchen Gestank verabscheuen.“ Aasfliegen legen sogar ihre Eier oder Maden an die Blumen. Natürlich gehen dieselben hier zu Grunde.

Stephanotis wird durch den Rüssel der Nachtschmetterlinge befruchtet. Der Grund der Blumenröhre bildet einen weiten Honigbehälter.

Ceropeja elegans bilden eine Kesselfalle, der von *Aristolochia Clematidis* ähnlich. Kleine Fliegen (*Gymnopa opaca*) finden erst den Ausgang nach Kräuselung der Reussenhaare.

Die Verbindungsarme des Klemmkörpers mit den Pollinien tragen bei den Marsdenieen (*Marsdenia erecta* auf der Balkanhalbinsel, *M. Condurango* von Quito) aufrechte Pollinien, während sie bei den Cynancheen herabhängen, auch bei *Secamone* sitzen die aufrechten Pollinien paarweise an den Translatoren, bei den *Periplocoideen* sind die Verbindungsarme spatel- oder füllhornförmig am Grunde mit einer Klebscheibe versehen, wie bei den Orchideen.

Gentianeen und Apocyneen.

§ 157. An die *Asclepiadeen* schliessen sich die mit ihnen die Ordnung *Contortae* bildenden Familien der *Enziane* (*Gentianeen*) und *Fliegenfallengewächse* (*Apocyneen*) an.

Bei den *Gentianeen* haben sich nach Herm. Müller innerhalb der Gattung *Gentiana* vier wesentlich verschiedene Blumenformen unter der Zuchtwahl der Insecten ausgebildet. Während *Gentiana lutea* offene, einem gemischten Besucherkreis zugängliche Blüten besitzt, in denen auch Autogamie eintreten kann, haben *Gentiana punctata*, *purpurea*, *pannonica*, *asclepiadea*, *Fröhlichii*, *frigida*, *acaulis*, *excisa*, *cruciata*, *Pneumonanthe* und *ciliata* proterandrische, glockenförmige, der Kreuzungsvermittlung durch Hummeln angepasste Blumenkronen. Bei *G. tenella*, *nana*, *campestris*, *germanica*, *Amarella*, *obtusifolia* ist der Eingang der Blumenröhre mit einem Gitter vierspaltiger Anhängsel derartig verschlossen, dass nur Bienen und Falter, die Kreuzungsvermittler dieser Arten, mit ihren Rüsseln eindringen können. Bei *G. bavarica*, *verna*,

nivalis, imbricata, aestiva, pumila, utriculosa ist schliesslich die lange, enge Blumenröhre durch die scheibenförmige Narbe so verschlossen, dass nur langrüsselige Schmetterlinge den Nektar erreichen und als Kreuzungsvermittler dienen. Den ausgewählten Bestäubungskreisen entsprechend, sind die streng angepassten Bestäubungsmechanismen der Enziane durch besondere Farbenpracht der Blumen und der Saftmale im Besonderen ausgezeichnet. Ausser bei *Gentiana lutea* und *punctata* mit gelben (bei letzterer mit dunkelpurpurfarbenen Punkten) und *G. purpurea* mit purpurrother Blumenkrone (den Bastarden mit feuerrothen und anderen Färbungen) überwiegt eine mehr oder weniger tiefblaue Grundfarbe. Von anderen Gattungen der Gentianeen sind der Fieberklee (*Menyanthes trifoliata*) mit weisser, zottiger Blumenkrone, die gelbblühende Seekanne (*Limnanthemum nymphaeoides* wie *L. Humboldtianum*) heterostyl, dimorph, wahrscheinlich auch die rosaroth Erythraea Centaurium mit schraubig gedrehten Staubbeuteln, bei der Stöcke mit Pollenkörnern von zweierlei verschiedenen Dimensionen beobachtet worden sind. Erythraea hat Pollenblumen und wird durch Schmetterlinge bestäubt, welche vermuthlich das saftige Blüthengewebe anbohren.

Von Apocynen sind die Vincaarten, näher von Darwin, Delpino (besonders *V. rosea*), Hildebrand und Hermann Müller untersucht worden. Bei *Vinca minor* befinden sich am Grunde der ca. 11 mm langen Blumenröhre zwei gelbe, die Basis des Fruchtknotens umgebende Honigdrüsen. Der Griffel ist nach oben kegelig verdickt, mit einem scheibenförmigen Aufsatz versehen, dessen klebriger Rand als Narbe fungirt. Oben trägt diese Scheibe ein kurzes Haarbüschel, an welches die knieförmig gebogenen Staubfäden die Antheren mit der dehisirenden Seite andrücken. Der Rüssel der bestäubenden Insecten (Hymenoptera: Hummeln, *Anthophora pilipes*, *Osmia*, und Diptera: *Bombylius major*, *B. discolor*) muss sich bei dem Eindringen in den Blüthengrund an dem Narbenrand mit Klebstoff beschmieren, an dem beim Zurückziehen der Blüthenstaub des Haarschopfes fest haftet. Beim Besuch einer weiteren Blüthe wird derselbe an die Narbe abgesetzt. Bei anderen Gattungen der Apocynen hat sich eine noch ausgeprägtere und unberufenen Insecten verhängnissvollere Klemmfalle ausgebildet als bei den Asclepiadeen. Aber nur die strenge Scheidung der Narben- und Pollenkammer und das Vorhandensein einer hölzernen Klemmplatte erinnern an die im Uebrigen gänzlich verschiedene Klemmfalle der Asclepiadeen.

Die gemeine Fliegenfalle, *Apocynum androsaemifolium*, besitzt weissliche Blüthenglöckchen, innen mit einem aus rothen Strichen bestehenden Saftmal, welche zu den Nektarien im Grund der Blüthe führen. Letztere scheiden, durch besondere Saftdecken und die Haare der Staubfäden geborgen, einen widerlich süsslich riechenden Nektar aus. Fünf mit kurzem Filament versehene Staubgefässe umschliessen, einen Kegel bildend, den knopfförmigen Aufsatz des Griffels. Dieser Griffelknopf wird durch einen äqua-

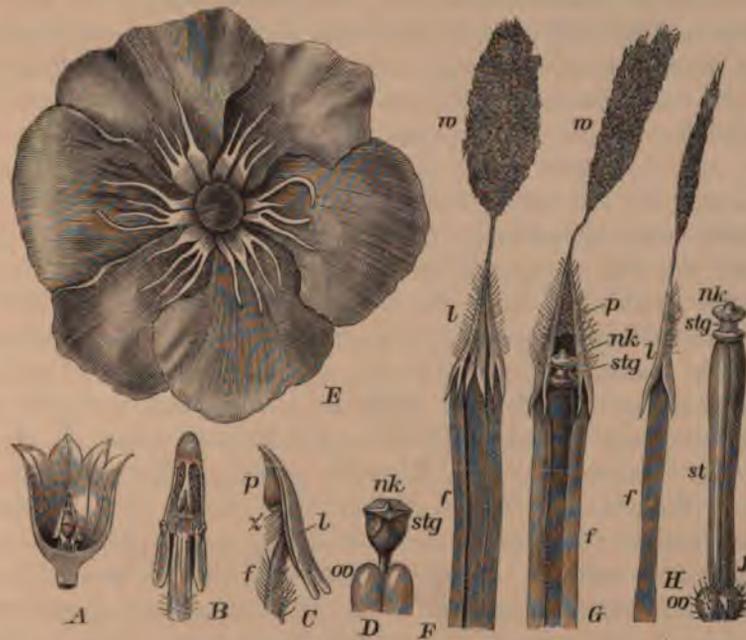


Fig. 24.

Blütheneinrichtung der Apocynen. *A-D* *Apocynum androsaemifolium*. *A* Aufgeschnittene Blüthe. *B* Staubgefäss von innen. *C* Dasselbe von der Seite. *D* Stempel. — *E-J* *Nerium Oleander*. *E* Blume, von oben die Nebenkronen und im Blütheneingang den Wollpfropfen zeigend. *F* Staubgefässkegel. *G* Derselbe nach Entfernung der vorderen Staubgefässe. *H* Einzelnes Staubgefäss von der Rückseite. *J* Stempel. *ov* Ovarium; *st* Griffel; *stg* Narbenfläche; *nk* Narbenkopf; *p* Pollenbehälter; *l* Holzplatte.

torialen, ringsum laufenden Vorsprung in einen oberen, anfangs rundlichen, später fünfeckigen, gebuckelten Aufsatz und einen unteren, ausschliesslich als Narbe fungirenden Theil getheilt. Die Staubgefässe sind etwas oberhalb ihrer Mitte auf der Innenseite mit dem Ringvorsprung des Narbenkopfes verwachsen, so dass der in ihrem obersten Theil erzeugte Pollen in einer besonderen Kam-

mer durch Griffelring und zottige Behaarung der Staubgefässe an diesem Theil von der eigentlichen Narbe völlig abgeschlossen ist. Die Rückseite der Staubgefässe bilden derbe, scharfkantige, holzähnliche Platten, die einmal die Insecten hindern, durch Wegfressen des oberen Theiles der Sexualorgane einen bequemeren Weg zum Nektar zu finden, andererseits aber in ihrer nach oben sich verengenden Berührungsfuge die Insecten einklemmen. Ohne Zuthun der Insecten kann der nichtstaubige, grobkörnigcohärente Pollen (die Pollenkörner sind zu je vier packetförmig verbunden) nicht aus der Pollenkammer gelangen. Die Bestäubungsvermittler sind grössere Fliegen (Musciden, Syrphiden, Stratiomyiden) und Apiden. Die Blüthentheile functioniren bei der Bestäubung auf folgende Weise. Der Staminalkegel wird, da von der Blumenkrone aus die Saftdecke dem Rüssel im Wege ist, als Anflugfläche benutzt, von der aus das Insect seinen Rüssel durch den engen Eingang gewaltsam ins Nectarium senkt. Beim Zurückziehen geräth der Rüssel nothwendigerweise in den sich nach oben verengenden Spalt der fest zusammenhaltenden Stamina, wobei er die klebrige Narbe streift, und ist in der Gegend der Haarleiste des Staubgefässes völlig eingeklemmt. Nun gilt es gewaltsame Anstrengung, um den Staminalkegel zu sprengen, und mancher Rüssel, manches Bein, manches Insect geht dabei zu Grunde und bleibt in der Klemme sitzen. Grössere Insecten, wie *Eristalis tenax*, *E. arbutorum*, *Eristalis nigratarsis*, *Microdon apiformis*, *Platycheirus peltatus*, Wespen und Bienen, befreien sich durch einen kräftigen Ruck aus der Klemme, wobei der Rüssel in die Pollenkammer kommt und, nachdem er zuvor am Griffelring ein klebriges Schleimtröpfchen mitgenommen, die ganze Pollenmasse mit herauszertr (dieselbe bleibt auch an einer spitzen Nadel haften, mit der man die Rüsselbewegung nachahmt). Beim Besuch einer zweiten Blüthe wird der Pollen zunächst an der Narbe abgesetzt.

Die genannten Bestäubungsvermittler lassen sich durch die vorübergehende Gefangenschaft nicht hindern, eine grosse Anzahl von Blüthen nach einander zu besuchen, doch werden sie durch den kräftigen Ruck abgehalten, dieselbe Blüthe zweimal nach einander zu besuchen. Insecten, die nicht die Kraft haben, in die Pollenkammer einzudringen und der Pflanze für den genossenen Nektar einen Gegendienst zu leisten, kommen in der Staubgefässklemme um, so besonders häufig *Spilogaster carbonella*, *Scatophaga merdaria*, *Anthomyia pluvialis*, *Syritta pipiens*, zuweilen auch kleinere Hymenoptera und verein-

zelte Lepidoptera. Die von zahlreichen Fliegenleichen, Rüsseln, Beinen erfüllten Blüten zeigen, wie gross die Zahl solcher ungewitzigter Besucher ist.

Bei *Apocynum hypericifolium* ist die Blüthe bedeutend kleiner, unscheinbar, grünlich bis gelblichweiss ohne rothe Zeichnung und von widerlicherem Geruch als bei *A. androsaemifolium*, im Uebrigen ist der Bestäubungsapparat dem vorigen wesentlich gleich. Die trübere Färbung und die fehlenden rothen Striche deuten schon (ähnlich wie bei *Vincetoxicum*) auf den Ausschluss der Apiden hin. In der That ist der Besucherkreis ein engerer. Diese ausgewählte Fliegengesellschaft stattet aber der Pflanze einen mindestens ebenso reichen Besuch ab, als er dem *Apocynum androsaemifolium* zu Theil wird, und es werden auch die Blüten von ebenso zahlreichen, wenig blumenkundigen, unberufenen Gästen aufgesucht. So fand ich z. B. am 7. Juli 1883 von früh bis Nachmittags 3 Uhr in meinem Garten 88 kleinere Syrphiden und Musciden (besonders häufig *Empis aestiva*) in 56 Blüten gefangen und getödtet (in einzelnen Blüten bis 5 Fliegen). Bei der Kleinheit, Zartheit der Blüten würden dieselben (eventuell auch bei befruchteten) durch die Menge verwesender Fliegencadaver zu Grunde gehen, wenn sie nicht eine weitere Eigenschaft besässen, die ich als Schutzvorrichtung deuten möchte, nämlich die, dass sich die Blüten schliessen. Ich habe in vielen Fällen beobachtet, dass Fliegen, besonders grössere, bei dem festen Zusammenschluss der Blütenzipfel aus der Blüthe herausgequetscht und entfernt wurden. Meine Beobachtungen über die Reizbarkeit der Blumenkrone wurden zwar durch ungünstige Witterung so oft unterbrochen, dass ich ein völlig abgeschlossenes Resultat noch nicht erhielt. Einiges scheint mir aber daraus sicher hervorzugehen: dass das Schliessen der Blüthe zwar zuletzt (nach 1—2 Tagen) auch ohne Zuthun der gefangenen Fliegen erfolgen kann (von 27 durch ein Netz vor Fliegen geschützten Blüten, die sich am 8. Juli 1883 öffneten, gingen einzelne erst am 10. Juli Mittags an, sich zu schliessen, andere welkten offen), dass es aber gewöhnlich und oft unmittelbar nach dem ersten Aufblühen die Folge eines durch die zappelnden Gefangenen verursachten Reizes ist. Einzelne Blüten schienen trotz der gefangenen Insecten offen zu bleiben, andere sich nach Entledigung der gefangenen Fliegen wieder zu öffnen (so hatte sich unter anderen eine am 8. Juli gekennzeichnete Blüthe nach dem Fang dreier Fliegen geschlossen,

am 9. Juli waren die vorher verendeten Thiere entfernt und die Blüthe öffnete sich wieder, noch andere bleiben nach dem Fliegenfang ein für allemal geschlossen. Unabhängig erwies sich das Schliessen von Witterung und Tageszeit.

Hier mag noch eine Beobachtung Platz finden, welche ich über die Concurrrenz des *Apocynum hypericifolium* mit anderen Blütenpflanzen machte. Während in meinem Garten 1881 (wie dann auch 1883) stets zahlreiche Fliegen die Blüten besuchten und viele davon gefangen wurden, fand ich zu meinem Erstaunen 1882 in den ersten 2—3 Wochen der Blüthezeit keine einzige Fliege in den Blütenfallen. Dagegen wurden einige üppig blühende Stöcke von *Ruta graveolens* auf demselben Beet sehr eifrig von Fliegen besucht. Am 15. Juli wurden die Blütenstengel von *Ruta* sämmtlich entfernt. Die Folge war die, dass nun das *Apocynum* wieder von Fliegen besucht wurde und sich an einem einzigen Stock in den auf einander folgenden Tagen 8, 7, 7, 5 etc. Fliegen fingen. Zwischen *Apocynum* und *Ruta* besteht also eine ähnliche Concurrrenz in Bezug auf die bestäubenden Insecten, wie sie Herm. Müller für *Geum rivale* und *Pulmonaria officinalis* einerseits und für *Primula elatior* andererseits erwähnt hat. *Primula* wird begierig von Hummeln aufgesucht, blüht aber *Geum rivale* daneben, so gehen die Hummeln nur an diese Pflanze, und die Wiesenhummel, *Bombus pratorum*, lässt die Primeln ebenso unbeachtet, wenn Lungenkraut daneben blüht. In Bezug auf die zur Bestäubung der Bohnenblüthen nöthigen Hummeln hat Dodel-Port im Botanischen Garten in Zürich Aehnliches beobachtet. So lange *Cerithe major*, *Calendula officinalis*, *Centaurea Cyanus*, *Bidens Leucanthemum*, *Cichorium pumilum* blühten, setzten die Bohnen keine Früchte an, während nach dem Verblühen dieser Pflanzen reichliche Bohnen gezogen wurden.

Apocynum hypericifolium ist völlig selbststeril. Die Pflanze ist nunmehr seit 13 Jahren in meinem Garten und hat sich jährlich mehr und mehr durch die tiefgehenden Rhizome verbreitet. Die zahlreichen Blütenstände haben aber trotz des reichen Insectenbesuches und trotz künstlicher Uebertragung des Pollens bisher keine einzige Frucht angesetzt. Sämmtliche Exemplare stammen von einem Rhizom ab. Bei *Apocynum androsaemifolium* stammen die von mir beobachteten Stöcke auch von einem Rhizom ab, das vor ca. 35 Jahren in den Fürstlichen Küchengarten zu Greiz verschleppt wurde, und auch diese Pflanze scheint in hohem Masse

selbststeril zu sein, doch nicht völlig, da vereinzelt Kapseln mit den kleinen, haarschopftragenden Samen gefunden wurden.

Nach Fritz Müller ist auch *Tabernaemontana echinata* mit Pollen von demselben Stock unfruchtbar.

Eine ähnliche Fliegenfalle, wie die Apocyneen, hat nach A. Tomes auch *Wrightia coccinea*.

Von besonderem Interesse ist es, zu verfolgen, wie sich der für die meisten Apocyneen typische Bestäubungsapparat bei den schmetterlingsliebenden Oleanderarten (*Nerium*) ausgestaltet hat. Die folgenden Untersuchungen sind hauptsächlich an *Nerium odoratum* gemacht, bei *N. Oleander* sind jedoch die Verhältnisse wesentlich gleich, auch bei *Nerium cupreum*, *N. Grangeanum*, *N. Ricciardianum* ist der Blütenbau der gleiche, nur hat *N. cupreum* ein lebhafteres Saftmal und die Grösse und Färbung der Blüthe schwankt. Der wohlriechende Oleander besitzt grosse, trichterförmig-röhrlige, oben radförmig ausgebreitete, fünftheilige rosenrothe Blumenkrone, innerhalb deren sich eine fünftheilige Nebenkronen mit völlig zerschlitztem Rande und dunkelrothen, das Saftmal bildenden Streifen findet. Letztere führen bis zum Grund der Blumenröhre, wo ein Kamm zahnartiger Drüsen den Nektar ausscheidet. Die Nebenkronen gleichen den zerschlitzten Blumenkronen gewisser schmetterlingsliebender Caryophyllaceen und deuten nebst der Farbe, dem besonders am Abend sehr intensiven Wohlgeruch und der Länge der Blumenröhre (ca. 20 mm) auf eine Anpassung an Schmetterlinge hin. Dass es sich bei *Nerium* wirklich um eine lepidopterophile Einrichtung handelt, das beweist nicht nur eine Beobachtung der Kreuzungsvermittler (zu denen z. B. der Oleanderschwärmer, *Sphinx nerii*, gehört), sondern auch die eigenthümliche Modification des Apocyneenbestäubungsapparates. Innerhalb der Blüthe findet sich ein aussen durch Holzplatten bedeckter Staminalkegel, der innen mit dem Rande des Narbenkopfes verwachsen ist und so in einen oberen dicht verschlossenen Hohlraum, in dem sich der einzellige, körnig-klebrige Pollen (bei *Apocynum* vierzellig) ansammelt, und in einen unter dem Narbenkopf befindlichen Raum getheilt ist, welcher den unteren, allein als Narbe fungirenden Theil des Griffelaufsatzes bildet. Soweit gleicht der Apparat dem von *Apocynum*; es sind jedoch beim Oleander die hölzernen Staminalplatten nach unten mit spitzeren Zipfeln versehen und längs des Rückens behaart, und die Filamente sowohl, wie die aus lockerem Gewebe bestehenden Griffel der Blumenröhre ent-

sprechend verlängert (die Griffel sind ca. $13\frac{1}{2}$ mm, der ganze Stempel mit Fruchtknoten und Narbenkopf 16—17 mm lang). Die wichtigste Umänderung zeigt der obere Theil der Staubgefäße. Jedes Stamen trägt nämlich am oberen Ende einen am Grund fädigen, dann sich verbreiternden, fiederigen, langen, fuchsschwanzartigen Fortsatz, die fünf Fortsätze sind oben zusammengedreht und bilden einen mit dem Staminalkegel durch dünnen Stiel verbundenen, ca. 8—9 mm langen, 4 mm breiten, locker wolligen, weisslichen, ellipsoidischen Kolben, der mit der Nebenkronen den Eingang derartig verschliesst, dass nur die langrüsseligsten Insecten (Schmetterlinge) den Blüthengrund mit dem Nektar erreichen können. Da, wo sich, wie in älteren Blüthen, die pinselförmigen Theile des Wollkolbens von einander gelöst haben, haben sie die Form von Narbenästen und geben der Blüthe das Ansehen eines ausgeprägten lepidopterophilen Nelkenblüthlers. Im Innern der Blüthe erwarten die kreuzungsvermittelnden Schmetterlinge dieselben Schwierigkeiten, wie bei *Apocynum*. Ihr Rüssel kann nur in den engen, haarfreien Rinnen zwischen den langen, etwa 1—2 mm unter dem Kegel an die sich verengende, noch etwa 10 mm lange Blumenröhre angewachsenen Staubfäden auf den Grund dringen und muss von da in der nach oben sich immer mehr verengernden Spalte der Staminialplatten zurück; hier wird er zunächst die untere Griffelkopfseite, die Narbe berühren und eventuell Anthese bewirken, dann mittelst der klebrigen Flüssigkeit des oberen Narbenrandes nach Sprengung der Pollenkammer neue Pollenklümpchen aufnehmen. Dass hierzu nicht alle Besucher ausreichende Kraft und Ausdauer haben, vielmehr auch hier unberufene Gäste gefangen und getödtet werden (wobei der giftige Saft und Duft mitzuwirken scheint), ist selbstverständlich. Die Beobachtung zweier solcher gefangenen Gäste in einer Oleanderblüthe war es, die meine Aufmerksamkeit zuerst auf die Bestäubungseinrichtung dieser Pflanze lenkte.

Der Wollpfropfen der Staubgefäße des Oleanders, wie der Griffelschopf von *Vinca* schützt gleichzeitig auch den Nektar des Blütheninnern vor Regen.

Strophanthus hispidus mit sehr langgeschwänzten Blumenkronenabschnitten und Kronenschuppen verhält sich sonst ähnlich wie *Apocynum*.

Borragineen und die Bedeutung des Farbenwechsels für die Blume.

§ 158. Die Borragineen mit radförmigen, röhrigen bis trichterförmigen Blumenkronen sind theils offene Blumen mit völlig durch Schlundschuppen geborgenem Honig, theils ausgeprägte Bienenblumen.

Pulmonaria officinalis ist heterostyl dimorph, in hohem Grade selbststeril, ausgezeichnet durch besonderen Farbenwechsel. Die jungen Blüten sind roth gefärbt, werden aber nach der Bestäubung lebhaft blau. Aehnlichen Farbenwechsel erleiden *Ribes sanguineum*, *Fumaria capreolata* var. *pallidiflora*, *Weigelia rosea*, *Polygala Chamaejasme*. Der Farbenwechsel, bei welchem die intensivere Färbung erst nach Aufhören der Nektarsecretion vor sich geht, hat einen dreifachen Vortheil: 1. Auffälligmachen des Blütenstandes, 2. Ablenkung der wenig blumensteten und blumentüchtigen Insecten von den frischen Blüten, 3. leichteres Auffinden der noch unbestäubten Blüten seitens der intelligenteren Insecten, die hierdurch und weil andere Insecten nicht mehr im Weg sind, in kurzer Zeit eine grosse Zahl von Blüten besuchen. Bei *Pulmonaria officinalis* besucht in der That die langrüsseligste der einzellebenden Bienen, *Anthophora pilipes*, welche der Hauptkreuzungsvermittler ist, fast ausschliesslich rothe Blüten, während die flüchtigen, unregelmässigeren Besucher *Bombus hypnorum*, *B. hortorum*, *Osmia rufa* rothe und blaue Blumen besuchen. Bei einer brasilianischen *Lantana*, deren Blüten drei Tage dauert, sind die Blüten nach Fritz Müller am ersten Tag gelb, am zweiten Tag orange, am dritten Tag purpurn. Einige Tagfalter (*Danais*, *Eriippus*, *Pieris Aripa*) stecken den Rüssel nur in die gelben und orange-farbenen, andere (*Heliconius*, *Apseudes*, *Colaenis Julia*, *Eurema Leuce*) ausschliesslich in die gelben Blüten des ersten Tages. Auch bei *Ribes aureum* besucht *Anthophora pilipes* nur die gelben Blumen und meidet die älteren Blumen, deren innerer Blüthensaum sich blutroth gefärbt hat. Bei der Liliacee *Eremurus spectabilis* entfalten sich die Perigonzipfel umgekehrt vor den Befruchtungsorganen. Erst nach dem Welken der Corolle kommen Nektarien, Staubgefässe und Stempel zur Entwicklung. Die Aufmerksamkeit unberufener Gäste wird hier auf die noch nicht wie dort auf die nicht mehr ausbeutefähigen Blüten gelenkt. Bei *Spiraea opulifolia* findet die Verfärbung älterer Blüten nicht an der Corolle, sondern

an den Fruchtknoten statt und ist am intensivsten (blutroth) an den trockenen Samenkapseln. Ich fand auch hier, dass Honigbienen, Hummeln, pollensammelnde Eristalis- und Syrphidenarten regelmässig in die Blüthen mit grüngelbem Stempel und nicht erst in die mit rothem Stempel flogen, die aber den Blütenstand sehr augenfällig machen.

Der Farbenwechsel der Blumen kommt bei den Borragineen (*Heliotropium mutabile*, *Myosotis versicolor* etc.), wie anderen Familien häufiger vor, hat aber, wie es scheint, nicht überall eine biologische Bedeutung.

Echium vulgare ist proterandrisch und sowohl hierdurch wie durch die höhere Lage der Narbe völlig der Fremdbefruchtung angepasst, so dass nicht nur die Fähigkeit der Selbstbestäubung erloschen ist und die Antheren schiefergraue Schutzfärbung annehmen konnten, sondern auch Stöcke mit kleineren weiblichen Blüthen (deren Antheren nur noch rudimentäre gelbe Pollenkörner enthalten) zur Ausbildung kommen. Unter den zahlreichen Insecten — H. Müller zählt deren 67 auf — beschränken sich *Osmia adunca* und *O. caementaria* fast nur auf den Besuch der *Echium*blüthen.

Auch das Gurkenkraut, *Borrago officinalis*, ist proterandrisch. Es tragen die nach unten gewendeten hellblauen, in der Mitte weiss gezeichneten Blumen einen dunklen Staubgefässcylinder, in dessen Grundtheil sich der am Fruchtknoten abgeschiedene Nektar sammelt, während am Ende sich der Pollen der nach unten dehiscirenden Antheren sammelt. Honigsuchende Insecten müssen sich von unten an die Blüthe hängen und den Rüssel in die Staubfadentröhre hineinzwängen. Hier finden sie Honig und sie öffnen dann den durch die Antheren gebildeten Kegel und bewirken, dass etwas Blütenstaub herausfällt, der dann in älteren Blüthen Befruchtung bewirken kann. Der durch Auszackungen der Blumenkrone und starre Anhänge der Staubgefässe gestützte Antherenkegel schliesst sich immer wieder. Nur Apiden (*Apis mellifica*, *Bombus pratorum*, *Halictus*, *Megachile*) bringen diese Arbeit fertig.

Bei *Symphytum officinale* ist die ganze herabhängende Blüthenglocke 14, der obere engere Theil an der Basis 8 mm lang, an der Grenze finden sich nach innen eingestülpt lange dreieckige Taschen, die das Insect zwingen, den Rüssel unmittelbar zwischen den Antheren in die Blüthe zu führen, um Honig zu gewinnen (nicht zwischen den Staubfäden hindurch). Dass dies der Zweck

der Taschen ist, beweisen die Besucher. Ohne Taschen wäre der Honig in 8 mm Tiefe zu erreichen, zwischen den Taschen ist er in 11 mm Tiefe erst zu finden. Nun haben die honigsaugenden Besucher der Pflanze die eingeklammerten Rüssellängen: *Rhingia rostrata* (11—12), *Bombus silvestris* ♀ ♂ (11—14), *B. agrorum* ♀ (13—15), *B. Rajellus* ♀ ♂ (11—13), *Anthophora pilipes* ♀ (20—21). Dagegen gewinnen *Bombus terrestris* ♀ (7—9), kleine Arbeiter von *B. lapidarius* (9—10), sowie *B. pratorum* ♂ (8—9) den Honig nur durch ein Loch, das sie gewaltsam in den engen Theil der Blumenröhre brechen. Die Blütenfarbe von *S. officinale* ist in der einen Gegend vorwiegend gelblichweiss, in einer anderen röthlichviolett. Aehnliche Fälle hat Kerner erörtert. So trägt *Campanula Trachelium* am Brenner weisse, in den Thälern der östlichen Kalkalpen blaue, *Viola calcarata* auf den Hochgebirgswiesen der westlichen Centralalpen blaue, in den östlichen Alpen in Krain gelbe Blumen, *Astragalus vesicarius* blüht hier gelb, dort violett, *Melittis Melissophyllum* in Südtirol nur weiss, in Niederösterreich und Ungarn weisspurpurn. Aehnliches gilt für *Nigritella angustifolia*, *Anacamptis pyramidalis*, *Anemone alpina* (gelb und weiss), *Melampyrum pratense* (mit blassgelben oder purpurrothen Deckblättern). Kerner sucht diese örtlich verschiedene Farbenentwicklung auf den Vortheil der Contrastfarben zurückzuführen. Blaue Glockenblumen treten z. B. neben den gelben Sternen der *Arnica montana* auf dem grünen Wiesenteppich wirksamer hervor und umgekehrt. Allgemein geben Weiss und Roth, Blau und Gelb, Violett und Orange auf dem grünen Wiesenteppich die wirksamsten Contraste, und es sind tatsächlich, wie Kerner hervorhebt, an dem bunten Wiesenteppich selten alle Blumenfarben zugleich betheilig, vielmehr herrschen in der Mehrzahl der Fälle neben dem Grün nur noch zwei Farben vor und zwar je zwei der oben genannten.

Cerintho alpina ist eine Hummelblume, *C. minor* Bienenblume. Die kleinen honigarmen Blüten von *Lithospermum arvense* und den kleinen *Myosotis*arten sind homogam und in der Regel autokarp, während die grösseren Arten von *Vergissmeinnicht* noch proterandrisch sind. Bei den kleinblüthigen *Myosotis*arten mit gelbem Saftmal sah ich öfter Thrips aus- und einkriechen.

Polemoniaceen.

§ 159. Die aus dem Oregongebiet in Nordamerika stammende *Collomia grandiflora* hat sich seit etwa 60 Jahren durch ganz

Deutschland verbreitet, theils an Flussufern, theils auf Schutt (Eisenbahndämmen) und Steinhäufen, theils in Gartenhecken wachsend — ein Ueberbleibsel aus den Gärtnereien. In der Heimath blüht die Pflanze nur chasmogam mit grossen, 20—22 mm langen, anfangs gelblichen, später schmutzig-fleischrothen, röhrig-trichterförmigen Blumenkronen, die in einem dichten Köpfchen stehen. Wegen dieser schönen Blumen ist sie offenbar eingeführt worden und auch in vielen Privatgärten heimisch gewesen, hat sich aber im Lauf ihres Aufenthaltes in Europa derart verändert, dass sie kaum wieder zu erkennen ist und in ihrer jetzigen Gestalt kaum Verbreitung durch Gärtnereien gefunden haben würde. Jedenfalls blühte auch bei uns die Pflanze anfangs normal. 1876 entdeckte ich bei ihr kleistogamische Blüten und stellte seit jener Zeit fest, dass die Pflanze auf neuen Standörtern sich ausserordentlich üppig vermehrt und verbreitet, dabei aber das chasmogame Blüten anfangs langsam, zuletzt sehr rasch einstellt, um schliesslich wenige Jahre nur kleistogam, mit winzigen, im drüsigen Kelch geschlossenen Blüten zu blühen und dann von dem Standort zu verschwinden. Gegenwärtig verhält sie sich an vielen Standörtern, wo sie noch in üppigem Fortkommen begriffen ist, so, dass die Gipfelinflorescenz bei einer geringen Zahl üppigerer Exemplare in den äusseren Kreisen des centrifugalen Blütenstandes chasmogam blüht, während die ersten Blüten desselben, sowie fast alle Blüten der Seiteninflorescenzen und sämmtliche Exemplare dürftiger Ernährung ausschliesslich kleistogam blühen. Offenbar ist die langröhrige Blume eine Tagschwärmerblume, die bei uns keine Bestäubungsvermittler fand (bei uns könnte nur *Macroglossa stellatarum* als Bestäuber in Betracht kommen, dessen Rüssel zum Nektar reicht, der aber zur Blüthezeit der Pflanze bei uns nicht fliegt). Das Blühen schreitet langsam von einem Kreis zum andern nach aussen fort, die einzelnen Blüten öffnen sich etwa 9 Uhr Vormittags, um sich Nachmittags 5 Uhr für immer zu schliessen. Die Blüten sind schwach proterandrisch, die warzigen blauen Pollenhörner treten einige Stunden früher aus den Antheren, als die drei Griffeläste sich entfalten. Die kleistogamen Blüten sind cylindrisch, etwas über der Mitte eingeschnürt, ein Drittel bis halb so hoch als der Kelch, in dem sie eingeschlossen bleiben, anfangs grünlich, dann weisslich, oben röthlich. Die Griffeläste stehen mit den Antheren von Anfang an in Berührung. Sie sind stets fruchtbar (aber die Samen scheinen zuletzt die Keimfähigkeit einzubüssen). Köpft man die

fruchttraganden Gipfelsprosse, so entstehen häufig an den Seitensprossen noch chasmogame Blüten. Auch bei *Collomia Cavanillesii* (= *coccinea*), die im Elsass in ähnlicher Weise verwildert ist, und bei *C. linearis* ist eine Neigung zur Kleistogamie vorhanden; die kleinen Blüten treten aber viel spärlicher auf als bei *C. grandiflora*. *C. Cavanillesii* hat granatrothe, *C. linearis* bläulichweisse Blüten.

Polemonium coeruleum, das gleichfalls hier und da verwildert und heimisch geworden ist, ist proterandrisch. Der Honig wird von der fleischigen Unterlage des Fruchtknotens abgesondert. *Polemonium reptans* besitzt ein Saftmal in Form von einigen purpurrothen Linien im Kroneneingang. Robertson fand die Pflanze in Amerika von *Bombus Americanorum*, *B. vagans*, *Synhalonia honesta* (nur Hummelweibchen, während H. Müller in Europa in den Alpen an *P. coeruleum* die Arbeiter von 5 *Bombus*-arten beobachtete), sowie von *Apis mellifica*, Arten von *Osmia*, *Aleidamea*, *Nomada*, *Augochlora*, *Andrena*, *Halictus*; den Dipteren: *Mesographa marginata* und *Rhingia nasica*; 2 Schmetterlingen: *Colias philodice*, *Nisoniades brizo* und einem Käfer besucht. Die Arten von Phlox sind proterandrisch. *Phlox divaricata* ist lepidopterophil. Die Hauptbestäuber sind Tagschmetterlinge (9 Arten) und SpHINGIDEN (2); häufig sind auch langrüsselige Apiden (*Bombus virginicus*, *B. vagans*, *B. Americanorum*, *Synhalonia speciosa*).

Gilia pulchella und *G. micrantha* sind heterostyl, bei *Phlox subulata*, das Asa Gray gleichfalls für heterostyl hielt, schwankt die relative Länge der Sexualorgane.

Scrofulariaceen.

§ 160. Die einheimischen und alpinen Scrofulariaceen lassen sich (nach H. Müller) in 4 Gruppen ordnen:

1. *Verbascum* und *Veronica* mit kurzröhri gen offenen Blumen, bei denen die freien Geschlechtstheile von den Insecten an beliebigen Stellen, die Narben aber in der Regel früher als die Antheren berührt werden. Befruchter Fliegen und Bienen.
2. *Scrofularia nodosa* etc. mit kurzglockigen, bräunlichen, weit offenen, proterogynischen Blumen mit leicht sichtbarem Honig. Befruchter hauptsächlich Wespen.

3. *Digitalis*, *Antirrhinum*, *Linaria* etc. mit langen weiten Blumenröhren, die bei *Digitalis* offen, bei *Antirrhinum* und *Linaria* geschlossen sind. Befruchter grössere Bienen, die ganz oder zum grossen Theil in die Röhre hineinkriechen und mit ihrer Oberseite Staubbeutel und Narbe berühren.
4. Rhinantaceen (*Euphrasia*, *Rhinanthus*, *Melampyrum*, *Pedicularia* etc.) mit engen Blumenröhren, mit einer die Antheren schützenden Oberlippe und einer als Anflugfläche dienenden Unterlippe. Befruchter der kurzröhrigen Formen Bienen und Fliegen, der langröhrigen Hummeln, die durch einen besonderen Bestreuungsmechanismus der Antheren mit glattem, pulverigem Blütenstaub bestreut werden.

Veronica Chamaedrys ist mit einem ausgebildeten Schwebfliegenbestäubungsapparat ausgerüstet. Die himmelblaue, mit dunkelstricheligem Saftmal versehene Blume hat einen Griffel und zwei nach rechts und links divergirende Staubfäden, die, dem Hintergrund gleich (oben blau, unten weiss) gefärbt, von den kleinen, bunt gefärbten Schwebfliegen (*Ascia*, *Melanostoma* etc.) übersehen werden. Letztere schweben erst secundenlang vor den Blumen, sich an deren Farbenpracht weidend, und gehen dann nach der durch weissen Ring gekennzeichneten Blütenmitte, um dem kurzen Blumenröhrchen den Nektar zu entnehmen. Indem sie dabei im Blütheneingang festen Halt suchen, schlagen sie beide Staubgefässe, ohne es zu wissen, unter der Bauchseite des Hinterleibes zusammen und behaften letzteren da mit Blütenstaub, wo sie beim Besuch der nächsten Blüthe zunächst die Narbe berühren. Grössere Fliegen und Bienen besuchen die Blüthen zwar auch, um Pollen oder Honig zu holen, aber illegitimerweise; die Einrichtung, die sich ähnlich bei den *Circaea*arten und der rosenrothen *Veronica urticaefolia* findet, ist nur als Anpassung an die kleineren Schwebfliegen verständlich, die die Blüthen so regelmässig besuchen, dass die Reduction auf zwei Staubgefässe ermöglicht wurde. Letztere ist auch erhalten geblieben bei den unscheinbaren *Veronica*arten, *V. serpyllifolia*, *V. hederifolia*, bei denen Selbstbestäubung schon zu Anfang der Blüthezeit oder (*V. officinalis* beim Verblühen) bei ausbleibendem Insectenbesuch stattfindet. Andererseits lassen sich die *Veronica spicata* und andere langröhrige Arten als durch Blumenauslese der Grabwespen und Bienen nachträglich gezüchtet betrachten.

Verbascum nigrum hat am Grund der gelben, radförmigen Blumenkrone fünf rothe Flecke, welche nach den Stellen zwischen den Staubfäden hinweisen, wo — wie es scheint, nur spärlich und nicht mehr regelmässig — Nektar abgesondert wird, den auch eine kleine Motte (*Ephestia elutella*) saugt; im Uebrigen ist aber *Verbascum nigrum* zur Pollenblume geworden. Nach Delpino's Erklärung sind die *Verbascum*arten pollensammelnden Hummeln angepasst, die, rasch von Blüthe zu Blüthe eilend, von den dichten Gruppen frei hervorstehender Antheren, an die sie sich anklammern, den Pollen abfegen. Dabei sollen ihnen die in die Augen fallenden (bei *V. nigrum* purpurnen Staubfadenhaare das Sichfesthalten erleichtern. H. Müller sah, dass die pollensammelnden Syrphiden *Syrpitta pipiens* und *Rhingia rostrata* abwechselnd Pollen frassen und die Staubfadenhaare mit den Rüsselklappen bearbeiteten. Ich vermute, dass hier wie bei *Lysimachia* (siehe da) die kolbigdrüsigen oberen Staubfadenhaare (bei *Lysimachia vulgaris* sind auch die Blumenblätter innen mit den gleichen Drüsen besetzt, bei *L. nummularia* sind dieselben sitzend, bei *L. nemorum* keulig, bei *Hypericum* und *Verbascum* ist das Innere der Blumenkrone stark papillös, bei letzterer der Rand mit baumartig verästelten Haaren besetzt) das Material zu Durchfeuchtung und Ankleben des Pollens hergeben, der auch mikroskopisch (in der Form) mit dem von *Lysimachia* grosse Uebereinstimmung zeigt. Auch bei *Anagallis* bearbeiteten Schwebfliegen abwechselnd Antheren und Staubfadenhaare.

Bienen und Hummeln haben sich die allermannigfaltigsten Blumenfarben zu Nutze gemacht, so kommen bei *Verbascum* gelbe, weisse, dunkelviolette (*V. phoenicea*) Blumen vor, bei *Digitalis* rothe und gelbliche, bei *Linaria* gelbe, orangefarbene, blaue, bei *Antirrhinum* purpurne etc.

Scrofularia nodosa mit widrigem Geruch und bräunlicher Farbe wird vorwiegend von Wespen (*Vespa vulgaris*, *rufa*, *germanica*, *media*, *holsatica* etc.), nur spärlich von Bienen (*Halictus* und *Bombus*) besucht. Sie ist proterogynisch, zuletzt autogam.

Linaria vulgaris, eine homogame Bienenblume mit verschlossenem Blumeneingang, der durch die Bienen, welche das orangefarbene Saftmal leitet, geöffnet werden muss. Durch den Verschluss wird der Nektar geschützt, der von der grünen Unterlage des Fruchtknotens abgesondert in einer Rinne zum 10—13 mm langen Sporn fliesst. Bei *Antirrhinum majus*, wo der Verschluss des Eingangs fester ist, befruchten ausschliesslich Hummeln

(*Bombus hortorum, terrestris, agrorum, silvarum, lapidarius*), der Nektar fließt hier nicht in das sehr kurze Horn.

Rhinanthaceen. Die niedrigste Stufe von Blütenmechanismen nehmen die gelbe *Euphrasia lutea* und *Tozzia alpina* ein. Letztere, mit schwärzlich purpurnen Sprenkelflecken, ist Fliegenblume, dann folgen in den *Euphrasia*-arten Formen, die neben den Fliegen eben so viel oder mehr Bienen an sich locken. Unter den Gattungen *Alectorolophus*, *Melampyrum*, *Bartsia*, *Pedicularis* finden sich ausgeprägte Bestreuungsmechanismen, die ursprünglich den Bienen und besonders den Hummeln angepasst waren und zum Theil sind ihre Blumen auch heute noch Hummelblumen. Bei *Alectorolophus* etc. sind die Hummelblumen dadurch zu Falterblumen geworden, dass sich der breite offene Längsspalt der helmförmigen Oberlippe (die „Hummelthür“), durch welchen die Hummeln ihren Rüssel in die Blüthe stecken, durch dichtes Zusammenlegen der Ränder, die ihn umgeben, geschlossen, statt dessen sich aber in der schnabelförmigen Hervorragung der Oberlippe dicht unter der hervorragenden Narbe ein neuer engerer Eingang (kaum 1 mm lang und $\frac{1}{2}$ mm breit) für die Rüssel der Falter gebildet hat (eine „Falterthür“). Letzterer ist durch zwei blaue Lämpchen den Schmetterlingen bemerkbar geworden, die nur dann als Kreuzungsvermittler dienen können, wenn sie Narbe und Pollen mit dem Rüssel berühren, diesen also in den obersten Theil des Blütheneinganges dicht unter der Narbe her und zwischen den Staubbeuteln in die Blüthe senken. Dass hier blaue Lämpchen ein Züchtungsproduct der Tagfalter sein sollen, erklärt H. Müller auch daraus, dass die gelbe Farbe der umzuprägenden Hummelblume ja gegeben war und dazu Blau als Contrastfarbe am wirksamsten passte. Der gewöhnliche *Alectorolophus major* hat nur eine Hummelthür und ist Hummelblume, bei *A. alpinus* ist die Hummelthür geschlossen, dafür die Falterthür geöffnet, wie auch in anderer Hinsicht *A. alpinus* eine echte Anpassung an Falter darbietet (obwohl Hummeln oft Einbruch verüben).

A. hirsutus (*Rhinanthus Alectorolophus* Poll.) bildet den Uebergang, indem er neben einer besonderen Thür für Hummeln eine solche für Falter darbietet. H. Müller beobachtete thatsächlich *Bombus mesomelas* etc. durch die Hummelthür, *Colias Phicomene* (Rüssel 13—14 mm, erforderliche Länge 12 mm) durch die Falterthüre saugend.

Während bei *Alectorolophus major* die ca. 2 mm längere, augenfälligere Blumenkrone den Honig nur den langrüsseligen

Hummeln zugänglich macht und von ihnen reichliche Fremdbestäubung erfährt, ist *A. minor* zwar auch unserer kurzrüsseligsten Hummel, *Bombus terrestris*, zugänglich, fällt aber wenig in die Augen und ist autogam (vgl. die beiden Unterarten des alten *Erodium cicutarium* und die beiden Formen der *Euphrasia officinalis*). Auch bei *Euphrasia lutea*, *Odontites*, *Melampyrum* ist Autogamie reservirt.

Wie hinsichtlich des Blütenverschlusses, der Leitung des Insectenrüssels, der Blütenform und -farbe (bei *Melampyrum* gefärbte Deckblätter!), der Lage des Nektars bei den Rhinanthaceen Mannigfaltigkeit herrscht, so ist dies auch hinsichtlich der Pollenbeherbergung und des Bestreuungsmechanismus der Fall. Bei *Euphrasia* bilden die einzelnen Antheren ein besonderes, an der Spitze sich öffnendes Pollenbehältniss, bei *E. lutea* sind dieselben alle getrennt, bei *E. Odontites* alle durch verfilzte Haare mit einander verbunden, bei *E. officinalis* mit den Rändern fest an einander gefügt, bei *Melampyrum*, *Alectorolophus*, *Pedicularis* etc. bilden die einander gegenüberliegenden Staubgefässe ein einziges vierfächeriges Pollenbehältniss. Bei *E. lutea* und *Odontites* müssen die Antheren selbst angestossen werden, damit der glatte, pulverige Pollen herausfällt, bei *E. officinalis* haben die zwei unteren, bei *Melampyrum* und *Bartsia* alle Antheren spitze, nach unten gerichtete Anhänge, durch deren Anstoss Ausstreuung des Pollens bewirkt wird, bei *Alectorolophus* müssen die Antheren des Pollenbehältnisses aus einander gedrängt werden, damit der Blütenstaub herausfällt. Bei *Pedicularis* müssen durch ein zusammengesetztes Hebelwerk die Ränder einer das Pollenbehältniss umschliessenden Kapuze aus einander gebogen werden. Mit Ausnahme von *Euphrasia lutea* finden sich bei allen erörterten Arten abwärts gerichtete Haare, die unzweckmässige Verstreuerung des Pollens verhindern.

Als Beispiel vorzüglichster Anpassung einer Scrofulariaceenblüthe an Hummeln wählen wir noch einige Arten der Gattung *Pedicularis*.

Pedicularis silvatica. Die Basis der Unterlippe ist aufwärts angedrückt, ihre dreilappige Fläche schräg gestellt, der Rand der Eingangsöffnung eingerollt, unten mit stacheligem Besatz versehen, oben erweitert sich dieselbe mit glattem Rand. An den Seiten der Oberlippe finden sich röthlich gefärbte Leisten. „Was bewirken nun alle diese Eigenthümlichkeiten?“ schreibt H. Müller, den wir selber hören wollen. „Sind es zufällige Unregelmässigkeiten, von denen man absehen muss, wie es in der Abbildung der

Bot. Ztg. (1866, Taf. IV) und der Pop. Sc. Rev. (Jan. 1870) geschehen ist? Wenn man die besuchenden Insecten aufmerksam beobachtet, wird man anderer Ansicht. Mit lang vorgestrecktem Rüssel kommt eine Hummel summend angefliegen, lenkt, durch den spitzzackigen Besatz des schmalen Spaltes vor diesem gewarnt, schon im Anfliegen die mit zarten Tastern versehene Rüsselspitze in die weiteste Stelle der Blumenöffnung, fasst dann, mit der Oberseite des Kopfes die kaum 2 mm über der weitesten Stelle frei hervorragende Narbe streifend und durch die schräg abfallende Anflugfläche zu ebenso schräger Kopfstellung veranlasst, mit den Vorderfüssen den Basaltheil der Unterlippe, mit den Mittelfüssen den hinteren Theil der Blumenröhre in etwa gleicher Höhe mit der Unterlippe, während die Hinterfüsse sich auf tiefer stehende Blätter oder Blüthen stützen, und steckt nun auch ihren 2½—3 mm dicken, 5 mm breiten Kopf an der auf 4 mm erweiterten Stelle des Eingangs und gerade in derjenigen Schrägstellung, in der es überhaupt möglich ist, ihn in die Erweiterung zu bringen, in dieselbe hinein, um mit der Rüsselspitze den Honig zu erreichen. Und nun leisten der durch die Zusammenrollung zu einem festeren Stabe gewordene Rand (der Oberlippe) und die aus seinem oberen Ende unter einem spitzen Winkel mit ihm vereinigte röthliche Leiste der Oberlippe ihren wesentlichen Dienst. Denn Rolle und Leiste der beiden Seiten umrahmen zwei spitzwinkelige, nach oben divergirende Flächen, die durch den Hummelkopf nicht krumm gebogen, sondern nur weiter aus einander gerückt werden können. Indem aber so die Vereinigungspunkte von Rolle und Leiste zu beiden Seiten der weitesten Stelle des Einganges mehr und mehr aus einander rücken, wird der Winkel, welchen die über diesen Punkten liegenden Ränder des Einganges einschliessen, in noch weit stärkerem Verhältniss vergrössert, da ja seine Schenkel mehrmals kürzer sind und zu gleicher Weite aus einander gesperrt werden. Die diesen Rändern angehörenden, bisher sich fast berührenden spitzen Fortsätze der Kapuze, welche die beiden Hälften des Pollenbehältnisses unten zusammenhielten, werden also aus einander gesperrt; die Staubbeutel selbst, welche in Folge der eigenthümlichen Krümmung ihrer Staubfäden eine nach aussen gerichtete Spannung besitzen, werden unten von dem sie zusammenhaltenden Drucke befreit, während sie oben eingeklemmt bleiben; sie klaffen also unten aus einander und lassen einen Theil des pulverigen Blüthenstaubes senkrecht hinabfallen, gerade auf dieselbe Stelle der Oberseite des Hummelkopfes, welche

kaum eine Secunde früher die Narbe gestreift und mit dem aus der zuletzt besuchten Blüthe mitgebrachten Blütenstaub belegt hat. Ein seitliches Verstreuen des herunterfallenden Blütenstaubes wird durch die von den längeren Staubfäden in senkrechter Ebene abstehenden Haare verhindert, welche die Zwischenräume je zweier über einander liegender Staubgefässe von aussen decken und nach unten etwas über die aus einander klaffenden Ränder hervorragen.“ Die Elasticität der Blüthe gestattet es, dass ausser der zur Bestäubung der Pflanze am meisten geeigneten Gartenhummel (*Bombus hortorum* mit 20—21 mm langem Rüssel) alle einheimischen *Bombus*- und *Anthophora*arten, mit Ausnahme von *Bombus terrestris* und kleinen Arbeitern einiger anderen Arten, zum Honig gelangen können. Sie treten auch alle als regelmässige und ausschliessliche Besucher auf, während andere Insecten durch die Verwahrung der Antheren in der Kapuze ferngehalten werden.

Von den anderen *Pedicularis*arten sind einige, z. B. *P. verticillata* und *palustris*, mit annähernd wagrechter Blumenkrone und die noch mit symmetrisch gestellter Unterlippe versehene *P. recutita* nicht ganz so weit in der Anpassung an Hummeln gediehen, während die nicht nur die Unterlippe, sondern auch ihre schnabelförmig verlängerte Oberlippe unsymmetrisch nach einer Seite drehenden Arten *P. rostrata*, *P. tuberosa*, *P. asplenoides* in der einseitigen Anpassung an Hummeln noch weiter gediehen sind als *P. silvatica*. Bei ihnen steht die Unterlippe schräg von rechts nach links, da bei den engen Blütheneingängen die Hummeln ihren Kopf, der viel breiter als hoch ist, rechts abwärts biegen, um Eingang zu finden. Da der Schnabel gleichfalls nach links gebogen ist und die Oberlippe der Unterlippe sich stärker nähert, muss die Narbe nothwendig mit derselben Körperstelle der Hummel in Berührung kommen, die den Pollen trägt. Bei *P. asplenifolia* fällt die Unterlippe so stark ab, dass ihre Fläche fast senkrecht steht und selbst *Bombus terrestris* mit nur 8—9 mm langem Rüssel zum Honig gelangen kann. Haare an den Staubfäden zur Verhinderung seitlicher Verstreuung des Pollens sind hier nicht vorhanden. Bei *P. tuberosa* ist Drehung der Corolle und Schrägstellung der Unterlippe geringer, letztere richtet sich nicht so weit nach rechts, dass sie ein Verstreuen des Pollens nach der Seite des Stengels zu (nach rechts) hindern könnte, daher ist der oberste Theil der Staubfäden mit in eine senkrechte Ebene gestellten Haaren ausgerüstet, welche diese Function ausüben an den

längeren in bedeutender Ausdehnung, an den kürzeren nur auf eine kleine Strecke hinter den Antheren.

Sehr verschiedene Anpassungen zeigen noch die ausländischen Scrofulariaceen. So hat z. B. *Collinsia bicolor*, *C. verna* alle Eigenthümlichkeiten einer Papilionaceenblüthe (siehe da), bei *Calceolaria pinnata* findet sich der Schlagbaummechanismus der Salbeiarten, bei *Schizanthus* sind nur zwei von der Unterlippe umschlossene Staubgefäße vorhanden, die bei Insectenbesuch empor-schnellen, wobei sich der Griffel so streckt, dass er das Insect zuerst berührt.

Aus der nahe verwandten Familie der Utriculariaceen erwähnen wir die xenogame *Utricularia* mit reizbarer Narbe, unsere violettblühende *Pinguicula vulgaris* als Bienenblume und *P. alpina* (Blume weiss mit zwei gelben und gelbbeharten Aussackungen im Eingang) als Fliegenklemmfallenblume. Letztere klemmt die Fliegen durch Sperrhaare mit den nicht reizbaren Narbenlappen so fest, dass ungeschickte Besucher nicht wieder entweichen können. So werden in den Blüten gefangen und getödtet Arten von *Anthomyia*, *Pogonomyia* etc., während andere Musciden und Syrphiden reguläre Kreuzungsvermittler sind.

Labiaten.

§ 161. Die kurzröhrigen Labiaten *Mentha* und besonders die punktirten Blumen von *Lycopus* sind vorwiegend von Fliegen besucht, zu denen bei *Thymus* und *Origanum* die Apiden hinzutreten, bei *Betonica* sind beide Insectengruppen etwa gleich theiligt. Bienen überwiegen bei *Stachys* und sind fast ausschliesslich die Kreuzungsvermittler bei *Lavandula*, *Salvia*, *Galeobdolon*, *Lamium*, *Galeopsis*, *Ballota*, *Teucrium*. Nach Errera ist *Monarda* eine Falterblume. Von den mannigfachen Blütheneinrichtungen sei hier nur der Schlagbaummechanismus von *Salvia* erwähnt, der in verschiedenen Abänderungen in dieser Gattung auftritt. Das bogige Connectiv trägt hier oben die pollenhaltigen Antherenfächer, während die an dem unteren Schenkel befindlichen meist abortirten und umgewandelten Antherenhälften den Eingang in die Blüthe versperren. Die in die Blüthe eindringenden Insecten stossen gegen die letzteren, wodurch das Connectiv so weit herumgedreht wird, dass die oberen Antheren gegen den Rücken angedrückt werden

und hier ihren Pollen absetzen. Bei verschiedenen *Salvia*-arten sind die oberen Deckblätter gefärbt, wodurch bereits für die von Weitem weniger auffälligen ersten unteren Blüten des Blütenstandes Insectenbesuch herbeigeführt wird. Proterandrie und Gynodimorphismus findet sich bei vielen Labiaten.

Die Kätzchenträger (Cupuliferen, Betulaceen etc.).

§ 162. Unter den der Uebertragung des Blütenstaubes durch den Wind angepassten Einrichtungen sind die der herabhängenden oder doch leichtbeweglichen Blütenkätzchen langgestielter Quasten etc. sehr verbreitet in den Abtheilungen der zweihäusigen Salicaceen (*Salix*, *Populus*), der einhäusigen Betulaceen (*Carpinus*, *Corylus*, *Ostrya*, *Betula*, *Alnus*), Fagaceen (*Fagus*, *Castanea*, *Quercus*, *Parsonsia*; die *Nothofagus*-arten haben einzelne oder nur je drei Blüten in den Blattachsen). Die im Nachwinter und ersten Frühjahr blühenden kätzchenträgenden Bäume blühen bei uns fast alle vor Entfaltung des Laubes, bilden dichtgedrängte männliche Blütenkätzchen mit reichlichem Pollen und die monöcischen Arten zahlreiche weibliche Blüten an allen Zweigen und zwar die weiblichen Blüten über den männlichen. Es wird hierdurch die Befruchtung einer hinlänglichen Zahl von Blüten in der durch Schneegestöber und Frost häufig unterbrochenen Zeit in den wenigen sonnigen Tagesstunden ermöglicht. Die im vorgerückteren Frühjahr blühenden Arten (*Eiche*, *Buche* etc.) sind zur Blüthezeit dicht belaubt. Bei *Fagus silvatica* u. a. finden sich die weiblichen Blüten nur an der Aussenfläche der Laubkrone (das Laubwerk würde den Zugang des Blütenstaubes nach innen hindern), die männlichen Kätzchen oder Troddeln hängen an langen Stielen herab, so dass der Wind trotz der Blätter den Blütenstaub ausschütteln kann und die Blütenkätzchen erzeugen spärlichere Blüten, da bei den günstigeren Witterungsverhältnissen die Befruchtung mehr gesichert ist.

Die Fremdbestäubung ist bei den meisten Arten durch Dichogamie, bei *Corylus*, *Carya olivaeformis*, *Juglans regia* und *Juglans cinerea* etc. sogar durch Heterodichogamie (Vorkommen proterandrischer Bäume oder Sträucher neben proterogynischen) gesichert, bei anderen durch räumliche Trennung. So tragen unsere Fichten, Tannen, Kiefern nur unten und an den herab-

hängenden Seitenzweigen reichliche Staubblüthenstände, die Fruchtzapfen meist nur reichlich im Gipfel oder doch an den oberen Aesten. (Bei den windblüthigen Arten von *Typha*, *Sparganium*, *Carex* etc. finden sich zwar die männlichen Blüthenstände am Gipfel, ausgeprägte Proterogynie sichert aber die Fremdbefruchtung.)

Moraceen und Urticaceen.

§ 163. Die den Gallwespen angepassten Bestäubungseinrichtungen der Feigenbäume wurden bereits früher (vgl. das Kapitel über Cecidiologie, S. 112 ff.) erörtert; hier wollen wir nur die bei vielen anderen Moraceen und bei zahlreichen Urticaceen vorkommenden Anpassungen an die Windblüthigkeit erörtern. Es wird bei ihnen der Blütenstaub durch einen besonderen Ausschleuderungsmechanismus, welcher durch trockenen Luftzug (nach thaufrischem Morgen) ausgelöst wird, plötzlich entleert und eben diesem Luftzug zur Beförderung übergeben. Von den Moreen sei *Broussonetia papyrifera*, der Papiermaulbeerbaum, als Beispiel aufgeführt. Die männlichen Blüthen bilden bei ihm eine Aehre, während die mit sehr langen Narben versehenen weiblichen Blüthen in kurz gestielten Köpfchen stehen. Das kelchartige, später viertheilige Perigon enthält im geschlossenen Zustand vier Staubgefäße, deren dicke Filamente uhrfederartig nach innen eingebogen sind. Beim Oeffnen der Blüthe schnellen die letzteren plötzlich nach aussen und schleudern, während sich die Antheren öffnen, den Pollen mit grosser Vehemenz in die Luft. Der männliche Blütenstaub fällt dann ab. Den gleichen Ausschleuderungsmechanismus zeigen unsere einheimischen Brennnesseln, wie auch zahlreiche ausländische Urticaarten, ferner *Parietaria officinalis* etc. Sehr schön ist die Erscheinung an der in den Gewächshäusern eben deshalb verbreiteten *Pilea muscosa* (*P. microphylla*) wahrzunehmen, die mit Wasser besprengt und einen Moment von den warmen Händen eingehüllt oder in die Sonne gestellt, von allen Seiten aus aus den Blüthenknospen Wölkchen weissen Blütenstaubes mit leisem Knistern in die Luft hinaus schleudert. (Schleuderwerke in den Blüthen entomophiler Pflanzen finden sich z. B. bei *Crucianella stylosa*, *Schizanthus*, bei Papilionaceen, *Melastomaceen* etc.)

Aristolochiaceen.

§ 164. *Aristolochia Clematitis*, Osterluzoi. Die Blüthe stellt eine proterogynische Kesselfalle dar. Der anfangs aufgerichtete flache Saum geht in der Mitte in eine enge, innen mit einwärts gerichteten Reusenhaaren besetzte Röhre über, die sich unten in einen runden Kessel erweitert. Kleine Mücken, Chironomiden, Bibioniden etc., können zwar in die Blüthe hinein und die Narbe bestäuben, der Ausgang ist aber durch die Haare versperrt. Erst nach Absterben der Narben und Dehiscenz der darunter gelegenen Staubgefässe schrumpfen die Haare, so dass der Ausgang der mit Pollen beladenen Mücken wieder frei wird. Der Endlappen der Blüthe biegt sich dann über die Mündung und die Blüthe selbst biegt sich nach unten, so dass der Eingang in die Blüthe jetzt geschlossen ist. Während des weiblichen Stadiums ist der Kessel reich von gefangenen Fliegen erfüllt. Die Pflanze ist bei Belegung der Narbe mit Blüthenstaub desselben Stockes oder von Stöcken, die dem gleichen Rhizom angehören, unfruchtbar (adynamandrisch). Bei dem Pfeifenstrauch, *Aristolochia Sipho*, mit tabakspfeifenförmigen, missfarbigen und ekelhaft riechenden Blüthen wird der Ausgang den Fliegen (*Lonchaea*, *Phora*, *Sapromyza*, *Myodina* etc.) durch ein Runzligwerden der Innenwand im zweiten Stadium ermöglicht. *A. Bonplandi* hat die Gestalt der Blumenkrone von *A. Sipho*, aber die später absterbenden Haare von *A. Clematitis*. Bei *A. grandiflora* (Jamaica) mit weinrother Blume von Aasgeruch sind wahrscheinlich Aasfliegen die Bestäuber, eine vom oberen Blüthenrand ausgehende Ranke befestigt sich so an einem Zweig, dass die Blüthe auch beim Besuch durch schwerere Insecten in der Lage bleibt, in der sie ein vorübergehendes Gefängniss darstellt. (Bei *A. Clematitis* sind die grössten gefangenen Dipteren kaum 2 mm lang, *A. Sipho* fängt schon Fliegen bis zu 7—8 mm Körperlänge.)

Zu den Ekelblumen, die durch ihren ekelhaften Geruch andere Insecten fernhalten und nur Aasfliegen anlocken, gehören auch viele *Rafflesiaceen*, wie *Rafflesia Arnoldi*, *R. Patma*, *Brugmansia Zippelii*, welche die Fliegen gleichfalls zeitweise festhalten. Auch die in die Verwandtschaft der *Liliaceen* gehörige *Plectogyne (Aspidistra) elatior*, eine beliebte Blattpflanze unserer Blumentische, gehört mit ihren sich kaum über die Erde erhebenden Blüthenkesseln hierher.

Orchideen.

§ 165. Die artenreiche Familie der Orchideen (über 3000 Arten), deren einheimische Vertreter auf Wiesen, in Wäldern und auf Kalkbergen ein Hauptschmuck unserer Flora sind, von denen aber die Tropen Arten hervorbringen, die an Farbenpracht und Wohlgeruch, Grösse und Form der Blüthen eine fast unerschöpflich scheinende Mannigfaltigkeit darstellen (von der unsere Orchideenhäuser nur eine schwache Vorstellung gestatten) hat Ch. Darwin in einem grösseren Werke „Die verschiedenen Einrichtungen, durch welche Orchideen von Insecten befruchtet werden“ (deutsche Ausgabe von Darwin's gesammelten Werken, IX. Bd. II. Hbd.) zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gemacht. Ihm, wie der trefflichen Darstellung H. Müller's, sind hauptsächlich die folgenden Thatsachen entnommen, Bei der grossen Mannigfaltigkeit der Ernährung und des Vorkommens (es giebt Erdorchideen, parasitische und durch Mykorrhizen ernährte Humuspflanzen, Epiphyten der verschiedensten Anpassung) und bei der enormen Mannigfaltigkeit eigenthümlicher, von denen aller anderen Pflanzen weit abweichender Blumenformen stimmen alle Orchideen darin überein, dass trotz der ungeheuren Zahl von Samenkörnern, die in jeder Fruchtkapsel erzeugt werden (nach Fritz Müller enthält eine einzige Kapsel einer *Maxillaria* über $1\frac{3}{4}$ Millionen Samen), die Pollenerzeugung auf ein Minimum herabgesetzt ist und meist nur ein Staubgefäss erzeugt wird, dessen Pollen zudem in einigen Fällen nur zur Befruchtung von einer oder höchstens zwei Blüthen Verwendung findet. Diese denkbar grösste Reduction des pollenerzeugenden Apparates — wenn die Orchideen so viel Pollen, als von anderen Pflanzen hervorgebracht wird, im Verhältniss zu den zu befruchtenden Ovarien entwickelt hätten, so würden sie eine ganz ungeheure, zu ihrer Erschöpfung führende Menge produciren müssen — war nur dadurch möglich, dass die kleinsten Einzelheiten des Baues der Fremdbestäubung durch bestimmte Insectenformen angepasst sind. Zudem wird die vollkommeneren Ausführung der Bestäubungsarbeit noch dadurch bewirkt, dass sie von der Befruchtungsarbeit auch zeitlich getrennt ist. Die Ausbildung der Samenknospen und deren Befruchtung durch den langsam wachsenden Pollenschlauch erfolgt bei den Orchideen erst Wochen oder Monate, zuweilen sogar ein halbes Jahr nach dem Blühen und der Belegung der Narbe. Die An-

passungen sind so weit gegangen, dass meist nur bestimmte enge Insectenkreise zur Bestäubung zugelassen werden. Von einheimischen Orchideen werden z. B. befruchtet vorwiegend durch Hummeln: *Orchis morio*, *O. latifolia* etc., *Goodyera repens*, *Spiranthes autumnalis*; durch Bienen: *Cypripedium*, *Epipactis palustris* und Orchisarten; durch Wespen: *Epipactis latifolia*; durch Schlupfwespen und Käfer: *Listera ovata*; durch Fliegen: *Orchis maculata* etc., *Neottia nidus avis*; durch Nachtfalter: *Platanthera bifolia*, *Gymnadenia conopsea*. Die strenge Anpassung hat aber hie und da den biologischen Nachtheil mit sich gebracht, dass bei dauernd ausbleibendem Insectenbesuch Rückbildungen stattfinden mussten, um die Art zu erhalten. So finden sich von der strengsten Adynamandrie (Selbststerilität) alle Uebergänge bis zur Kleistogamie. Während bei *Oncidium*, *Notylia*, *Gomeza*, *Stigmatostalix* und *Burlingtonia*arten Pollen und Narben desselben Stockes wie tödtliches Gift auf einander wirken, und andere mit dem Pollen einer abweichenden Art fruchtbar, mit dem desselben Stockes unfruchtbar sind, befruchten sich die meisten unserer einheimischen Orchideen zwar nie selbst, sind aber bei künstlicher Selbstbestäubung fruchtbar; bei *Listera ovata* findet gegenwärtig bei uns ausnahmsweise, bei *Neottia nidus avis* häufig, bei *Ophrys apifera* regelmässig Selbstbefruchtung statt, und bei *Schomburgkia*, *Cattleya*, *Epidendrum*, *Dendrobium* finden sich kleistogamische Blüten.

Bevor wir die Bestäubungsmechanismen einzelner Arten besprechen, seien der Kürze halber einige technische Ausdrücke erklärt. Von den sechs Perigonblättern trägt eines der drei inneren (ursprünglich nach hinten gekehrt, aber in Folge der Drehung des Fruchtknotens dann nach vorn gerichtet) einen Sporn und bildet selbst die Unterlippe (*Labellum*). Von den (ursprünglich drei) Staubgefässen ist meist nur eins ausgebildet (die seitlichen sind verkümmert, *Staminodien*) und mit der über dem Eingang zum Sporn befindlichen Narbe verwachsen. Der Polleninhalte jedes Antherenfaches ist meist zu einer gestielten wachsartigen Pollenmasse (*Pollinium*, *Pollinarium*) vereinigt. Der Stiel des *Polliniums* heisst auch *Stöckchen* (*Caudicula*). Die Narbe ist eigentlich ursprünglich dreitheilig, aber nur die beiden seitlichen Theile bilden, meist zu einem einzigen Stück verwachsen, die Narbenfläche (*Stigma*). Der obere Narbenlappe, ist zu einem von zarter Haut umgebenen, mit Klebstoff erfüllten Beutelchen (*Bursicula*, *Rostellum*) umgebildet,

das in den Eingang des Sporns ragt. Bei vielen Orchideen sind die Pollenmassen durch den Stiel (*caudicula*) fest an einen Theil der äusseren Haut dieses Rostellums angeheftet, der zusammen mit den anhängenden Pollinien durch die die Blüthe besuchenden Insecten fortgenommen wird. Bei den meisten einheimischen Orchideen besteht dieser Theil bloss aus einem Hautstückchen mit einem Tröpfchen klebriger Masse darunter (die Klebscheibe), bei vielen ausländischen Orchideen ist aber das entfernte Stück so gross, dass nur ein Theil als Klebscheibe dient, der ganze entfernte Theil heisst dann der Halter, das *Retinaculum*.

Bei *Orchis morio*, *latifolia*, *mascula*, *maculata*, unseren Wiesenorchideen, bilden die drei äusseren Perigonblätter mit den beiden oberen Blättern des inneren Perigons ein Wetterdach für die Blüthentheile, die Unterlippe den Landungsplatz für die Insecten. Der hohe Sporn der Unterlippe enthält keinen freien Honig sondern ein saftreiches Gewebe mit dünner Wandung, das die Insecten von innen aussaugen. Die beiden Antherenhälften (seitlich finden sich nur verkümmerte *Staminodien*), durch ein breites *Connectiv* getrennt, sind vorn der Länge nach offen, die von ihnen umschlossenen Pollinien liegen ringsum frei und sind nur mit den Enden ihres (aus den Schleimfäden der einzelnen Pollenkörner gebildeten) Stieles der Oberfläche des Beutelchens (*Rostellum*) angewachsen. Das *Rostellum* ist anfangs fast kugelig nach oben mit einem spitzeren Fortsatz versehen, die Haut welche noch zusammenhängend die äussere Oberfläche bildet, platzt nach Oeffnung der Blüthe bei leisester Berührung längs einer bogigen Querlinie auf, so dass vorn ein lippenförmiger, leicht niederdrückbarer Theil frei wird, während der spitze schnabelähnliche Fortsatz der Rückenwand bleibt. Da, wo die Stiele der Pollinien angewachsen sind, lösen sich aus der Haut zwei kreisförmige Scheiben los, denen der ganze klebrige Inhalt des Rostellums in Gestalt zweier Kugeln anhaftet. Die Stiele der Pollinien ruhen dann mit ihren runden Klebscheiben und Klebkugeln wie in einer Schale. Sei es nun, dass das *Rostellum* schon in dieser Weise verändert worden, oder erst bei Berührung mit dem Insectenrüssel zerrissen wird, bei dem Eindringen des Rüssels in den Sporn haften die Pollinien mit den Klebscheiben an der Rüsselbasis oder dem Kopf und werden beim Zurückziehen desselben aus der Blüthe herausgerissen. In Folge der Zusammenziehung, welche die kleine Haftscheibe besitzt, biegen sich die Pollenmassen bald nach vorne unten, so dass die Pollen-

massen beim Besuch einer zweiten Blüthe auf deren klebrige Narbe gelangen müssen. Jedes Staubkölbchen besteht aus zahlreichen Packetchen zusammengewachsener Pollenkörner, die durch zarte elastische Fäden zu einer einzigen Masse vereinigt sind. Die mit der Narbe in Berührung gebrachten Pollenpacketchen haften an derselben und ihre dünnen Fäden zerreißen beim Zurückziehen. Die Pollinien können verschiedene Blüthen befruchten. Hummeln

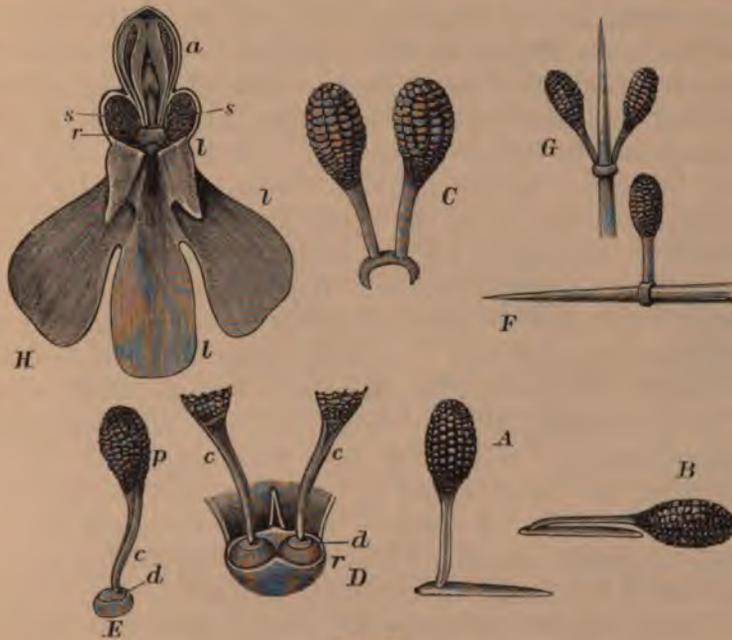


Fig. 25.

Pollinien von *Orchis*, *Anacamptis*, *Gymnadenia*. (Nach Darwin, gesammelte Werke Aut. d. Ausg. Bd IX. II. Abth.) — *H, C, F, G* *Anacamptis pyramidalis*. *H* Vorderansicht der Blüthe nach Entfernung der Perigonblätter mit Ausnahme des Labellum *l* (*a* Anthere, *s* Narbe, *r* Rostellum). *C* Die beiden einer sattelförmigen Klebscheibe angehefteten Pollinien. *F* Dieselben, nachdem der Sattel durch den ersten Contractionsakt eine in die Blüthe eingeführte Nadel umfasst hat, von der Seite. *G* Dieselben Pollinien von oben nach der zweiten Bewegung und ihrer davon abhängigen Depression. — *D, E* *Orchis mascula*. *D* Vorderansicht der Pollinienstöckchen. Die Scheiben *d* liegen innerhalb des Rostellum *r*, dessen Lippe herabgedrückt ist. *E* Ein Pollinium, die Päckchen der Pollenkörner *p*, das Stöckchen *c* und die Klebscheibe *d* zeigend. — *A* Pollinium von *Gymnadenia conopsea* vor der Depression. *B* Dasselbe nach dem Akt der Depression.

wie Honigbienen und (bei *O. maculata*) Fliegen saugen das Gewebe des Sporns wie Darwin und H. Müller beobachteten, an mehreren Stellen (die nachher von aussen kenntlich sind) an. Auch bei *Orchis fusca*, *militaris* und anderen Orchideen birgt der Sporn keinen freien Honig. Die Insecten werden hierdurch (da sie

das Gewebe an verschiedenen Stellen ansaugen müssen) gezwungen länger in der Blüte zu verweilen, so dass die Klebscheibe Zeit findet unbeweglich angeheftet zu werden. Es ist dies nöthig, da bei den genannten Arten der Klebstoff an der Luft nach wenigen Minuten verhärtet, also eine Befestigung ausserhalb der Blüte nicht mehr stattfinden kann. Bei *Gymnadenia conopsea* und *albida*, *Platanthera bifolia* und *chlorantha*, *Peristylus viridis* findet sich freier Honigsaft im Sporn. Bei diesen Arten ist ein längerer Aufenthalt des Insectes in der Blüte unnöthig, da bei *Gymnadenia conopsea* die Scheibe 2 Stunden lang, bei *Platanthera chlorantha* über 24 Stunden und auch bei *Peristylus viridis* sehr lange klebrig bleibt. Das Herausreissen der Pollinien kann auch durch Einführen einer Bleistiftspitze etc. in die Blüte bewirkt werden, wie auch das weitere Verhalten derselben bei diesem Versuch zu erkennen ist. H. Müller beobachtete bei *Orchis latifolia* zwölf Bienen, darunter sieben Hummelarten, bei *O. morio* sechs Hummelarten und drei weitere Apiden, bei *O. mascula* acht Hummeln, *O. maculata* Empiden und Syrphiden (eine Hummel). An einigen Honigbienen klebten zehn bis sechzehn Pollenmassen, am Kopf einer *Euceralongifolia* elf etc.

Bei *Anacamptis pyramidalis* sind zwei getrennte Narbenflächen vorhanden, zwischen welchen das beutelförmige Rostellum liegt, das den Eingang in den Sporn hier überdeckt und fast verschliesst, es ist unten in der Mitte ausgehöhlt und mit Flüssigkeit gefüllt. Anstatt der beiden getrennten Klebscheiben ist nur eine einfache Klebscheibe vorhanden, die beide Pollinien trägt und sattelförmig den eindringenden Rüssel (Halm etc.) umgreift, nachdem die beim Bersten des Beutelchens frei gewordene Lippe desselben niedergedrückt ist (siehe Fig. 25). Schon ein ins Nectarium geschobenes Menschenhaar ist steif genug die Lippe niederzudrücken und die klebrige Oberfläche des Sattels hängt sich daran. Das Labellum trägt zwei vorspringende Leisten, die den dünnen Rüssel der bestäubenden Lepidopteren in die enge Mündung des Spornes leiten („einfädeln“). Die Greifbewegung der Klebscheibe (des Sattels), welche zu der Verklebung hinzukommt, bewirkt, dass die anfangs parallel emporragenden Pollinien bei der Herumkrümmung um den dünnen Rüssel sich aus einander neigen, worauf in Folge der Zusammenziehung der Hautscheibe (wie bei *Orchis morio*) eine Senkung hinzukommt. Beide Bewegungen vollziehen sich in etwa 30 Secunden. Die Pol-

linien haben nun genau die Lage, bei der sie in einer zweiten Blüthe mit den getrennten Narbenflächen in Berührung kommen können. Es wird dies nur durch die gerade Führung des Rüssels (Labellumvorsprungs) und die Eigenschaft des Sattels ermöglicht. Der Klebstoff ist nur an der sattelförmigen Scheibe befestigt und wird durch die sich nach leiser Berührung wieder erhebende Lippe des Rostellums feucht erhalten. *Anacamptis pyramidalis* hat einen sehr stark verlängerten Sporn und schmalen Eingang, wird dem entsprechend von Lepidopteren befruchtet (Arten mit kurzem und nicht sehr schmalen Sporn werden durch Apiden und Fliegen befruchtet). Darwin hat an den Rüsseln von 23 Lepidopteren (Tag- und Nachschmetterlingen)

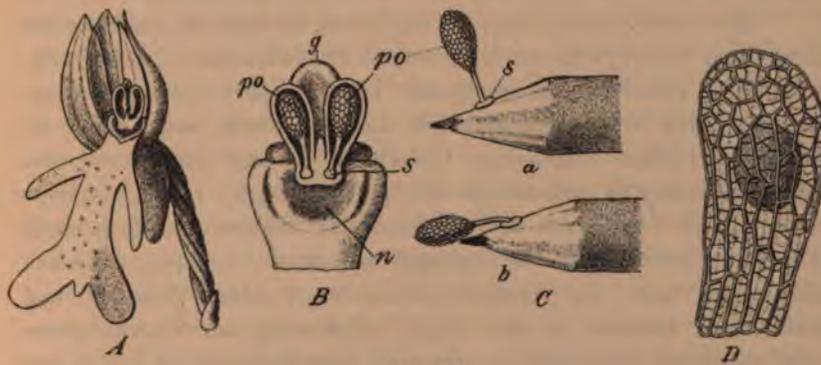


Fig. 26.

Orchis mascula. *A* Blüthe. *B* Geschlechtsapparat. *C* Entnahme der Pollinien *po* mit Hilfe eines Bleistiftes, der hier wie sonst ein Insektenkopf wirkt; *a* erste Stellung, *b* zweite Stellung. *D* Same. Nach Schumann.

die leicht kenntlichen Pollinien der *Anacamptis* gefunden. An dem Rüssel von *Acontia luctuosa* klebten sieben, an dem von *Caradrina* elf Paar Pollinien.

Nigritella angustifolia hat, da der Fruchtknoten nicht verdreht ist, die Lippe (Labellum) oben. In Folge dessen bleiben die Pollinien an der unteren Seite der befruchtenden Schmetterlinge haften und bewegen sich danach nicht nach unten, sondern nach oben.

Bei *Platanthera chlorantha* liegt die Narbenfläche unter und zwischen den beiden weit entfernten Anthereufächern, daher convergiren die Pollinien, anstatt wie bei *Anacamptis* zu divergiren, und bewegen sich gleichfalls nach unten.

Die Klebscheibe, die äusserlich mit einer dichten Schicht von

klebriger Substanz belegt ist (die an der Luft noch nach 24 Stunden klebrig ist), ist an der entgegengesetzten und eingebetteten Seite in ein kurzes trommelförmiges Stielchen ausgezogen. Das Stöckchen (der Stiel des Polliniums) ist quer zu dem eingebetteten Ende dieses Stielchens angeheftet und sein Ende ist wie ein gebogener rudimentärer Schwanz gerade über die Trommel verlängert. Die Klebscheibe liegt mithin senkrecht zu denen der Orchisarten. Die Pollinien heften sich so an den Kopf eines Insectes, dass eine Belegung der Narbe nicht stattfände, wenn sich nicht die eine Seite der Trommel einseitig zusammenzöge und sich gleichzeitig um ihre Achse abwärts drehte, so dass die Pollinien gerade die Narben einer anderen Pflanze berühren müssen. (Der trommelförmige Ansatz entspricht dem Stielchen des Rostellums der Vandeen.)

Die Ophrysarten haben keinen Sporn. Sie besitzen ein doppeltes Rostellum. *Ophrys muscifera* ist nach H. Müller eine der Befruchtung durch Fleischfliegen angepasste Täuschblume, deren purpurbraune, durch einen fahlbläulichen nackten Fleck noch mehr an faulendes Fleisch erinnernde Unterlippe an der Basis zwei wie Flüssigkeitstropfen aussehende Knöpfchen trägt. Die Unterlippe bedeckt sich bald nach dem Oeffnen der Blüthe mit Tröpfchen, die die Fleischfliegen (*Sarcophaga*) anlocken. Letztere belecken aber dann auch die Scheintröpfchen unter den Pollinien und kitten sich letztere an den Kopf. Sicherung der Kreuzungsvermittlung durch die flüchtigen, unsteten Fäulnisfliegen ist jedoch nur bei solchen Blumen zu erwarten, wo ein äusserer Zwang hinzukommt, wie bei den Kesselfallenblumen etc. *Ophrys muscifera* wird daher nur spärlich befruchtet. Der Nothbehelf der Selbstbefruchtung ist hier bei der grossen Zahl der in einer Kapsel erzeugten Samen noch überflüssig. Andere Täuschblumen, wie *Ophrys apifera* (auch *Paris quadrifolia*) sind dagegen zu völliger Autogamie zurückgekehrt. Die Vergleiche der Ophrysblumen mit Fliegen, Bienen, Spinnen sind ganz unbegründet.

Cephalanthera grandiflora unterscheidet sich durch das Fehlen des Rostellums und durch nicht verbundene Pollenkörner. Die Lippe der aufrechten Blüthe besteht aus zwei Theilen, einem unteren Glied und einer dreieckigen Klappe, die anfangs die Röhre schliesst, dann herabfällt und einen Landungsplatz vor dem Blüthen-
eingang bildet, schliesslich aber wieder den Eingang versperrt. Die Anthere steht gerade über der Narbe, sie öffnet sich schon in der Knospe und stösst den Pollen aus, der auf dem scharfen Rand

der Narbe ruhend eine Anzahl von Pollenschläuchen aussendet, die zum Theil in die Narbe gelangen. Nach Darwin dienen diese Schläuche nicht oder nur in unvollkommener Weise der Befruchtung, sondern verhindern ebenso wie der Schluss der Blüthe ein Herausfallen des Pollens und ein Verharren desselben in seiner Lage, bis die Blume von Insecten besucht wird (vgl. die Capillitien bei anderen Orchideen).

Die Blütheneinrichtung von *Cephalanthera* wird uns verständlich, wenn wir sie als Rückbildung der Blüthenmechanismen der verwandten Gattung *Pterostylis* etc. betrachten. Bei der australischen und neuseeländischen Art *Pterostylis trullifolia* und *P. longifolia* bietet der distale Theil des Labellums den Insecten einen Landungsplatz wie bei *Cephalanthera*, aber so bald dies Organ berührt wird, springt es schnell in die Höhe und trägt das berührende Insect mit sich, so dass dies zeitweilig in der sonst völlig geschlossenen Blüthe gefangen gehalten wird. Nach $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ Stunden öffnet sich das Labellum wieder und wird wieder empfindlich. Das Insect kann zuvor entkommen, aber nur durch einen schmalen Gang, der so gelegen ist, dass die Pollinien dem Rücken des Thieres ankleben. Bei *Caladenia dimorpha*, *Calaena*, *Acianthus* findet sich in ähnlicher Weise ein reizbares Labellum. Beim Wegschneiden des Labellums wurde trotz der Insectenbesuche der Blüthe keine Befruchtung bewirkt.

Bei *Neottia*, *Epipactis*, *Spiranthes*, *Listera* sind die Pollenkörner nur durch feine elastische Fäden mit einander verbunden, die am oberen Ende der Pollenmassen vorspringen und meist am Rücken des Rostellums befestigt sind, die Stöckchen (*Caudicula*) fehlen. Bei *Epipactis* bleibt die klebrige häutige Kappe an dem Insectenkörper haften, mit deren Hilfe die durch elastische Fäden damit verbundenen Pollenmassen aus der Blüthe herausgezogen werden. *E. latifolia* wird fast ausschliesslich von Wespen besucht. *Vespa silvestris* findet sich in ganzen Schwärmen ein und Darwin meint, dass wenn die Wespen in irgend einem District ausstürben, mit ihnen auch die *E. latifolia* aussterben würde.

Bei *Spiranthes autumnalis* mit sehr merkwürdigen, der Fremdbefruchtung durch Hummeln angepassten Blütheneinrichtungen (vgl. Darwin l. c. S. 90—97), trägt das Rostellum einen schmalen, senkrechten braunen Körper, eine bootförmige Scheibe, welche mit einer dicken, milchigen, äusserst klebrigen Flüssigkeit erfüllt ist, die an der Luft sogleich braun und hart wird. Die diese Scheibe über-

deckende Haut des Rostellums reißt beim geringsten Reiz der Länge nach auf, die bootförmige Scheibe klebt und kittet sich der Länge nach an den Insectenrüssel, eine Borste etc. an. Mit ihr werden die parallel gelegenen Pollenmassen, deren Fäden auf der Rückseite seitlich in Form zweier Stränge befestigt sind, herausgerissen. Jedes Pollinium ist aus zwei Pollenblättern zusammengesetzt, die nur in der Mitte durch elastische Fäden vereinigt sind und aus einer doppelten Schicht zu je vier verbundener Pollenkörner bestehen. Während die Blüthe nach dem Oeffnen zur Entfernung der Pollinien geeignet ist, ist eine weitere Entfernung des Säulchens vom Labellum nöthig, um eine Einführung der Pollinien auf die Narbe zu ermöglichen, sie erfolgt nach zwei bis drei Tagen. Die spiralgige Anordnung und die zeitliche Entwicklung der Blüthen, die von unten nach oben besucht werden, bewirkt, dass die Insecten erst die Pollinien eines anderen Stockes absetzen, ehe sie in den oberen Pollinien Blütenstaub des Stockes finden.

Bei *Listera ovata* ist das Rostellum gross blattartig über die Narbe gewölbt, während auf seinem concaven Rücken die Pollenmassen liegen. Das Rostellum ist innen durch Längsscheidewände in Fächer mit klebriger Substanz getheilt. Bei der leisesten Berührung explodirt es und stösst am Kamm zwei sich zu einem grossen Tropfen vereinigende Massen von Flüssigkeit aus, durch welche die Pollinien dem Insect angeklebt werden. „Die Explosion geschieht so schnell und die an der Luft erhärtende Flüssigkeit ist so klebrig, dass es schwer ist das Rostellum mit einer Nadel zu berühren ohne die Pollinien mit zu entfernen. Wenn man daher einen Blütenstrauss in der Hand nach Hause trägt, so werden beinahe mit Sicherheit einige der Kelch- oder der Kronenblätter das Rostellum berühren und die Pollinien herausziehen, was den irrigen Anschein hervorbringt, als wären sie in die Ferne ausgestossen worden.“ Wie bei *Spiranthes autumnalis* wegen der erst später eintretenden weiteren Oeffnung der Blüthe, so können bei *Listera ovata* die jungen Blüthen nicht befruchtet werden, weil die Narben erst später klebrig werden und das Rostellum nach der Explosion nach vorn und abwärts rollt und die Narbe schützt. Erst wenn es wieder gerade geworden, ist die Narbe frei exponirt und empfängnissfähig. Eine Honig absondernde Rinne des Labellums leitet die Insecten, besonders Schlupfwespen, und einen Käfer, *Grammoptera laevis*,

zu den Geschlechtstheilen der Blüthe. *Listera cordata*, *Neottia nidus avis* haben wesentlich die gleiche Vorrichtung, bei letzterer verliert aber die Pollenmasse, wenn die Blüthe alt wird, den Zusammenhang ganz, fällt leicht heraus oder kann durch kleinere Insecten (*Thrips* etc.) auf die Narbe kommen, so dass Selbstbefruchtung gesichert ist.

Wir übergehen hier die ebenso merkwürdigen als durch ihre Blüthengrösse, meist auch durch starken Duft ausgezeichneten Gruppen der Malaxeen, Epidendreen, nur von den Vandeem mögen einige noch besprochen werden. Die Gestalt der Pollinien ist ausserordentlich veränderlich, z. B. bei *Oncidium*, *Stanhopea*, *Sarcanthus*, *Ornithocephalus*, bei *Calanthe masuca* fehlt der Stiel, die ovalen Klebscheiben tragen fächerförmig je acht Pollinien. *Angraecum sesquipedale* in Madagaskar, dessen grosse sechsstrahligen Blüthen (wie aus schneeweissem Wachs gebildete Sterne) die Bewunderung der Reisenden erregen, besitzen unter dem Labellum einen grünen peitschenförmigen Sporn von $11\frac{1}{2}$ Zoll (29 cm) Länge, dessen unterster Theil $1\frac{1}{2}$ Zoll hoch (3,8 cm) mit Nektar gefüllt ist. Es muss demnach in Madagaskar Nachtschmetterlinge von so langem Rüssel geben (Fritz Müller fand in Brasilien eine *Macrosilia Cluentia* von 26,4—28,4 cm oder 10—11 Zoll Rüssellänge). — Bei *Coryanthes speciosa* bildet das freie Ende des Labellums einen grossen Eimer mit Ausgussmündung, in den von zwei darüber befindlichen Anhängen ein wässeriger Saft tropft. Die die Blüthe besuchende Hummel wird durch ein unfreiwilliges Bad am Davonfliegen gehindert und gezwungen mit ihren feuchten Flügeln den Ausgang zu erzwingen, an welchem die Pollinien befestigt sind.

In der Unterabtheilung der Vandeem sind die merkwürdigsten aller Orchideen die Arten von *Catasetum* und Verwandte, bei denen eine bei Orchideen sonst unbekannte Trennung der Geschlechter stattgefunden hat. Haben wir schon bei den Feigen (die im Abschnitt über Cecidien behandelt wurden) einen merkwürdigen sexuellen Dimorphismus (*Ziegenfeige* — Männchen, *Essfeige* — Weibchen) kennen gelernt, so spottet der sexuelle Pleomorphismus der hierher gehörigen Blumen aller Analogie, indem die drei zu derselben Species gehörigen Sexualformen auf verschiedenen Stöcken, wie Darwin bemerkt, in Gestalt und Färbung viel verschiedener sind, als z. B. ein Pfauhahn und eine Pfauhenne. Die drei verschiedenen Geschlechtsformen derselben Species wurden daher früher zu drei verschiedenen Gattungen gestellt und zwar

hiess *Monachanthus viridis* das Weibchen, *Myanthus barbatus* die Zwitterform und *Catasetum tridentatum* das Männchen der einen Art. Das gleichzeitige Vorkommen der drei Formen auf ein und derselben Pflanze, welches gelegentlich beobachtet wird, führte zu den Untersuchungen, durch welche die Zusammengehörigkeit der drei Formen dargethan worden ist.

Betrachten wir zunächst das Männchen von *Catasetum tridentatum*. Das Pollinium dieser Form besitzt eine Klebscheibe von collossaler Grösse, die aber nach innen gewendet an der oberen hinteren Fläche der functionslosen Narbenfläche liegt, so dass sie mit einem Insect direct nicht in Berührung kommen kann. Die Pflanze ist jedoch mit dem merkwürdigen Vermögen ausgestattet, ihre Pollinien selbst bis in eine beträchtliche Entfernung gewaltsam auszuwerfen. Das Rostellum läuft in zwei gekrümmte, grosse, spitze Hörner („Antennen“) aus, welche dicht über dem Labellum stehen, wo sich Insecten niederlassen. Bei verhältnissmässig geringer Berührung leiten diese Hörner einen Reiz (nicht mechanisch) nach der die Scheibe des Polliniums umgebenden Membran und verursachen deren Bersten, die Pollinien werden in Folge dessen wie ein Pfeil und zwar mit der stumpfen, sehr klebrigen Scheibe voran fortgeschossen und haften am Insect, um von diesem nach der weiblichen Pflanze übertragen zu werden. Nach Crüger, der die Hummeln *Euglossa cajennensis* und *piliventris* als Bestäuber beobachtete, sendet die Blüthe etwa 24 Stunden nach dem Aufblühen einen eigenthümlichen Geruch aus und um diese Zeit werden die Antennen am reizbarsten. Die Hummeln, welche um das Labellum zu benagen die Blüthe besuchen, wenden dem Säulchen den Rücken zu. Sobald sie die obere Antenne der männlichen Blüthe berühren, wird die Pollenmasse mit ihrer Scheibe und Drüse am Rücken befestigt (in der Mitte des Thorax). Beim Besuch der weiblichen Blüthe (*Monachanthus*), welche nur rudimentäre Pollinien und keine Antennen hat, wird die Pollenmasse in die Narbenhöhle eingeführt. Fliegt das Insect weg, so zerreisst das elastische Stöckchen und lässt die Pollenmasse auf der Narbe zurück. Bei *Catasetum tridentatum* ♂ steht das Labellum (wie bei *Nigritella*) nach oben, bei *C. saccatum*, *tabulare*, *callosum* nimmt es die untere Seite ein.

Die hermaphrodite Form von *Catasetum tridentatum* (*Myanthis*),

deren männliches und weibliches Organ wohl ausgebildet ist, die aber unfruchtbar zu sein scheint, ist in ihrer ganzen Erscheinung und Structur den Männchen zweier anderer Arten, *C. saccatum*

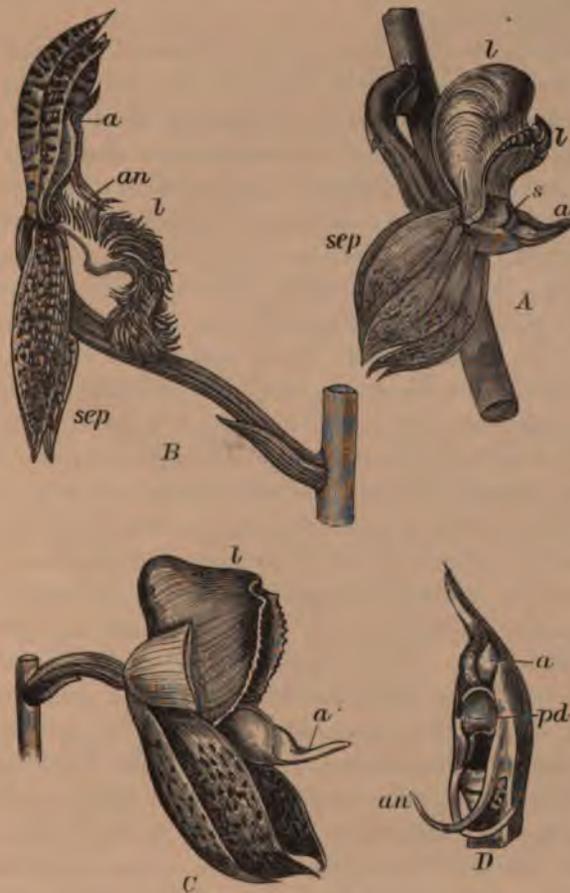


Fig. 27.

Polymorphismus von *Catasetum tridentatum*. *A* Weibliche Blüthe (*Monachanthus viridis*). *B* Zwitterblüthe (*Myanthus barbatus*). *C* Männliche Blüthe (*Catasetum*) in Seitenansicht (letztere nach Entfernung zweier Kelchblätter). *D* Vorderansicht des Säulchens in der umgekehrten Ansicht von *C*; *a* Anthere; *an* Antennen; *pd* Stiel des Pollinium; *l* Labellum; *s* Narbensepalte; *sep* zwei untere Kelchblätter. (Nach Darwin, Ges. Werke. Aut. deutsche Ausg. Bd. IX. II. Abth.)

und besonders *C. callosum* viel mehr ähnlich als der ♂ und der ♀ Form derselben Species.

Auch bei *Oncidium ornithocephalum* und *Renanthera Lowii* findet sich ein eigenthümlicher Blüthendimorphismus. Fritz Müller

hat auch von dem brasilianischen *Catasetum mentosum* als Weibchen einen *Monachanthus* nachgewiesen und wahrscheinlich hat auch *Cycnoches* drei verschiedene Formen. Auch *Mormodes*, *Cycnoches* etc. schleudern nach Reiz gewisser (anderen) Blüthen-theile die Pollinien aus.

Die tropischen Orchideen in ihrer fremdartigen und endlosen Formverschiedenheit vergleicht Darwin mit der grossen Wirbelthierklasse der Fische oder den tropischen Homopteren, die auf den ersten Blick uns in der wildesten Laune der Natur geformt erscheinen, bei genauerer Betrachtung aber diese Formverschiedenheit ihren Bedürfnissen und Lebensbedingungen verdanken.

Die *Cypripedium*arten weichen bedeutend von allen anderen Orchideen ab. Unser Frauenschuh, *Cypripedium Calceolus*, ist nach H. Müller eine Kesselfallenblume, die durch *Andrena*arten befruchtet wird. Durch bunte Farbe und süssen Wohlgeruch angelockt fliegen diese Bienen in die holzschuhförmige Unterlippe. Die beiden seitlichen Antheren sind hier entwickelt, während die mittlere bei anderen Orchideen ausgebildete zu einer breiten schildförmigen, purpurgefleckten Platte umgewandelt ist, die die Unterlippe verschliesst und zu einem Gefängniss für die Thiere macht. Die glatt polirten Seitenwände überwölben den Hohlraum so, dass die Thiere oben, wo sie hereingekommen, vergeblich einen Ausweg suchen, sie finden einen solchen aber, indem sie über die den Boden bekleidenden, winzige Tröpfchen tragenden Haare hinweg sich unter der Narbe hindurchzwängen, in einer der zwei kleinen Oeffnungen an der Basis der Unterlippe. Dabei streifen sie erst die Narbe und bestäuben sie, wenn sie aus anderen Blüthen kommen, dann beschmieren sie sich mit dem klebrigen Pollen der Anthere, unter den sie hindurchkriechen und bewirken regelmässig Fremdbestäubung. Kleinere Bienen und Fliegen, welche zu schwach sind, sich hindurchzuzwängen, aber andererseits nicht klein genug, um so zu entschlüpfen, bleiben in Gefangenschaft und verhungern oft. So fand H. Müller wiederholt todt in der Unterlippe *Andrena parvula*, von Fliegen *Empis punctata*, *Cheilosia*, *Anthomyia*, *Spilogaster semicinerea*, *Meligethes* (gelangen zuweilen heraus), während die Weibchen von *Andrena nigroaënea*, *A. fulvicrus*, *A. albicans*, *A. atriceps* und *A. pratensis* regelmässige Befruchter sind. Darwin beschreibt noch die Blütheneinrichtung von *Cypripedium barbatum*, *purpuratum*, *insigne*, *venustum*, *pubescens*, *acaule*, die im Wesentlichen mit der unseres Frauenschuhes übereinzustimmen scheint.

Die Kesselfalle hier entspricht der Wasserwannenfalle bei *Coryanthes* und der Klappfalle bei *Pterostylis*. Von *C. barbatum* vermuthet Delpino, dass es durch Fliegen, von *C. caudatum*, dass es durch Schnecken befruchtet wird.

Aroideen.

§ 166. *Arum maculatum* hat eine der Bestäubung durch Fliegen angepasste proterogynische Kesselfalle (vgl. *Aristolochia*, Orchideen). Die Blüthenscheide bildet aber hier den Kessel, wie bei *Aristolochia* die Blumenkrone. Der obere Theil derselben bildet die Fahne, während der untere bauchige Theil tütenförmig zusammengebogen ist und ein zeitweiliges Gefängniss darstellt. Er umschliesst einen aus der Blüthe hervorragenden rothbraunen Kolben, der als Leitstange dient. Am Eingang in die Kesselöffnung ist der Kolben von starren, strahlig verlaufenden Fäden (Staminodien) umgeben, darunter finden sich die Antheren (Staubblüthen), während am Boden die Narben (Griffelblüthen) den Kolben umgeben. Die im weiblichen Stadium die Pflanze besuchenden Fliegen können zwar durch das Fadengitter hindurch nach innen gelangen, wohin sie durch einen urinösen Geruch, wohl auch durch die hohe Temperatur gelockt werden, sie können aber nicht wieder heraus fliegen. Die Narben werden von den mit Pollen beladenen Fliegen bestäubt, worauf sie bald verwelken und in der Mitte ein Nektartröpfchen ausscheiden. Jetzt öffnen sich erst die Antheren und erfüllen den Grund des Blüthenkessels mit Pollen, der an dem klebrigen Körper der Fliegen hängen bleibt. Schliesslich öffnet sich das Gefängniss, indem die Fäden erschlaffen und die Blüthenscheide weiter aus einander geht. H. Müller beobachtete als Bestäuber ausschliesslich die kleine Mücke *Psychoda phalaenoides* (= *nervosa*). Bei *Arum italicum* mit demselben Bestäubungsmechanismus hat Delpino gleichfalls diese *Psychoda*, ausserdem aber grössere Arten der Fliegen- und Mückengattungen *Ceratopogon*, *Chironomus*, *Sciara*, *Limosina*, *Drosophila* beobachtet. Bei *Dracunculus vulgaris* hatten Delpino und Mattei gleichfalls Diptera: *Sarcophaga*, *Lucilia*, *Calliphora* beobachtet, Arcangeli und nach ihm Vinassa haben aber als regelrechte Bestäubungsvermittler Käfer nachgewiesen. Unter 342 befanden sich 127 Dermestes, 116 Saprinus, 91 Carabus, 5 Oxythyrea, 3 unbestimmte. Bei *Helicodicerus muscivorus* fand Arcangeli hauptsächlich Fliegen

der Gattungen *Somomyia* und *Calliphora* als Bestäuber. Eine am Morgen aufgeblühte Inflorescenz enthielt am Abend 466 Fliegen eingeschlossen, von denen 438 tot und bereits in Verwesung begriffen waren. Von unerträglichem Aasgestank ist *Amorphophallus phalliferum*; auch *Amorphophallus campanulatus*, *Conophallus Titanum* sind Aasblumen.

Als eine unvollkommene Ekelpflanze betrachtet H. Müller unsere *Calla palustris* mit innen weisser, offener Scheide, deren Kolben ebenso wie der ganz freie Kolben von *Acorus Calamus* dicht und vollständig mit Zwitterblüthen besetzt ist. Durch den uns widrigen Geruch lockt dieselbe Fäulnisstoffe liebende Diptera an (H. Müller beobachtete *Chironomus*, *Tachydronia*, *Drosophila*, *Hyrellia*). Ich fand besonders häufig einen Käfer *Donacia sericea* dicht mit Blüthenstaub beladen sich in der Blüthe umhertummeln. Andererseits kriechen nach warmem Wetter Schnecken oft auf den Blüthenständen herum.

Im Gegensatz zu den der Befruchtung durch Aasinsecten angepassten Aroideen zeigen andere Arten einen auffallenden Wohlgeruch, so *Dracunculus Canariensis*, der in Pisa zwar autogamisch ist, dessen nach Ananas und Melone duftende Inflorescenz jedoch auf Anpassung an andere Bestäubungsvermittler hindeutet. Eine hierher gehörige Anpassung, die noch etwas genauer erörtert werden soll, ist die Inflorescenz von *Philodendron bipinnatifidum*, deren Entwicklung ich im Gewächshaus folgendermassen sich abspielen sah. Die aussen grüne, innen weisse Scheide (*Spatha*) ist ca. 275 mm lang, stellenweise bis 7,5 mm dick. Sie umgiebt einen auf etwa 2 cm langem Stiel befindlichen monöcischen Blüthenkolben, der unten in $\frac{1}{3}$ -Divergenz mit sieben- bis neuntheiligen Narben versehene, 7 mm hohe weibliche Blüthen trägt. Letztere besetzen dicht gedrängt den Kolben bis auf eine Höhe von etwa 5 cm. Auf sie folgen dann, um das Doppelte bis um die Hälfte die Narben überragend, keulenförmige, knorpelig-elastische, völlig pollenlose *Staminodien*. Die eigentlichen *Stamina*, die im unentwickelten Zustand davon kaum zu unterscheiden sind, bilden schliesslich einen dichten Ueberzug über die 9 cm lange Spitze des Kolbens. Der kurzlebige Blüthenstand war streng proterogynisch. Die *Spatha* öffnete sich am 20. Mai Mittags bis zu den völlig entwickelten weiblichen Blüthen, so dass letztere, die von einer kesselförmigen Erweiterung der *Spatha* umgeben waren, durch eine nicht allzu weite zugäng-

lich wurden. Der Kolben zeigte besonders an dem männlichen Ende eine rasche Temperaturzunahme. Schon am Nachmittag überstieg die Wärmeentwicklung die gewöhnlich bei den Araceen beobachtete Höhe. Die genäherte Hand fühlte noch in geringer Entfernung die ausgestrahlte Wärme; Abends 7 Uhr hatte dieselbe bei einer Haustemperatur von 15,4° C. ein Maximum von 37,8° C. erreicht. Zur Zeit des Temperaturmaximums und der völligen Entwicklung der Narben verbreitete sich aus dem Kessel der Spatha plötzlich ein äusserst intensiver, gewürzartiger (zimmt- bis muscatnussartiger) Geruch. Die Spatha füllt sich dabei so mit Kohlensäure, dass ein glühender Span darin verlischt. Am 21. Mai früh hatte sich der untere Theil (Kessel) der Spatha ganz geschlossen und lag den elastischen Staminodien derart an, dass der Zugang zu den weiblichen Blüten aufs Genaueste abgesperrt war. Der Geruch war schon während dieses Uebergangs zum zweiten (männlichen) Stadium fast ganz verschwunden (nur ein schwacher kalmusartiger Geruch blieb zurück) und das Thermometer zeigte nur noch einen Ueberschuss von 10° C. Der Verschluss der Spatha schritt merklich rasch bis zu den noch immer geschlossenen Staubgefässen fort. Erst am späten Nachmittag erfolgte plötzlich und rasch die höchst eigenartige Dehiscenz der Antheren. Am 22. Mai war die Spatha geschlossen bis auf eine geringe Oeffnung, welche den Eingang zu dem oberen mit Pollenfäden bedeckten Theil des Kolbens gestattete, die Pollenkörner, welche mit einer aus den Poren der inneren Spatha ausgeschiedenen harzigen, zähen, gelben Flüssigkeit in Berührung kamen, hatten bereits lange Schläuche ausgesandt. Bei der Dehiscenz öffnen sich die Antheren unterhalb des kolbigen Endes durch Längsritzen und die Pollenmasse wird nun zwischen den Staubgefässen in Form von 8—25 mm langen Nudeln rasch hervorgepresst. Die rundlichen glatten Pollenkörner haften mittelst einer klebrigen Flüssigkeit, die an der Luft bald erhärtet, fest an einander, so dass man die Pollennudeln, ohne sie zu zerbrechen, hin und her biegen kann. Im Wasser zerfallen die Pollenfäden sofort, indem sich das Bindemittel löst. Die Entwicklung der Inflorescenz wurde in wesentlich der gleichen Weise von Warming in Brasilien beobachtet, welcher kleine schwarze Bienen, röthliche Kakerlaken und Maikäfer in grosser Menge in der Blüthe sich herumtummeln sah. Die harzige Flüssigkeit der Spatha spielt vermuthlich bei der Verbreitung des Pollens eine Rolle. Bei Philo-

dendron pertusum und anderen Aroideen dürfte bei ausbleibender Fremdbestäubung der Blütenstaub schliesslich die Narben im Grund des Kessels befruchten, während bei *Arum maculatum*, *A. italicum*, *A. orientale*, *Dracunculus vulgaris*, *Helicodiceros muscivorus*, *Pinellia tuberiferus*, *Spathicarpa latifolia* zur Zeit des Ausstäubens der Antheren die Narben nicht mehr empfänglich sind.

Bei *Ambrosinia Bassii* finden sich jedoch, wie bei den meisten anderen Fliegenkesselfallen, die Narben am Ende, die Staubgefässe unten am Kolben.

An den Blütenkolben einer Anzahl von Aroideen sind Schnecken mehr oder weniger häufig beobachtet worden, so bei *Acorus Calamus* (der vermuthlich adynamandrisch ist und daher in Europa keine Früchte trägt, während er das in Amerika thut. Seit einigen Jahren cultivire ich bei Greiz amerikanischen Kalmus und hoffe durch diesen den einheimischen wieder zur Fruchtbildung zu bringen), ferner bei *Calla palustris*, *Anthurium coriaceum*, *A. Martianum*, *Monstera pertusa*, *Sauromatum venosum*. Es verdient das hervorgehoben zu werden, da Delpino gewisse Blütheneinrichtungen, wie sie sich bei den Aroideen finden, als malakophile — als Anpassung an Schnecken und andere kriechende hygrophile Thiere entstandene — betrachtet. Delpino unterscheidet überhaupt drei Typen von derartigen Blütheneinrichtungen (*Apparecchi reptatorii*).

- I. Typus: *Rhodeinus* mit ausschliesslicher Malakophilie, z. B. *Rhodea japonica*, *Dracontium pertusum*;
- II. Typus: *Anthuriinus*. Hauptsächliche Bestäubung durch Grossfliegen, daneben malakophile; z. B. *Anthurium*, *Dorstenia*;
- III. Typus: *Chrysosplenoides*. Hauptsächliche Bestäubung durch Schnecken etc., daneben durch Insecten, z. B. *Chrysosplenium*.

Gemein ist ihnen die dichte Anordnung der einfachen Blüten in gleichem Niveau, wozu häufig Wohlgeruch, lebhaftes Färbung der Blüthenscheide und besonderer Schutz der vegetativen Organe gegen Schnecken durch Rhabdiden (*Arum*, *Philodendron*, *Lemna* etc.) kommt. Bei *Chrysosplenium* spielen die Schnecken (*Succinea* etc.) bei ausbleibendem Insectenbesuch eine wichtige Rolle (bei feuchtem Wetter auch bei *Leucanthemum vulgare*, deren Scheibe von *Limax laevis* in grosser Zahl überkrochen wird). Die Blütheneinrichtung ist aber durch Nektarsecretion etc. noch völlig entomophil. *Rhodea*

japonica (Asparaginee?) dagegen ist nach Delpino völlig malakophil. Sie besitzt eine Art Kolben, der mit dicht gedrängten abgeplatteten Blüten in ununterbrochener Schraubenlinie ringsum besetzt ist. Die Schnecken (*Helix adpersa*, *vermiculata* etc.) verzehren das gelbliche, dickfleischige Perigon einiger Blüten, um dann nach einem andern Kolben zu kriechen (auch bei Aroideen dienen die oberen Theile des Kolbens etc. den Schnecken als Nahrung, während der untere ♀ Theil und andere Organe durch Rhaphiden geschützt sind). Nur die von Schnecken berührten Blüten waren fruchtbar. Mit eigenem Blütenstaub sind die Blüten unfruchtbar. Andere Thiere verkehren nicht an der Pflanze, wie Delpino viele Jahre in den Botanischen Gärten von Genua und Bologna beobachtete.

Lemnaceen.

Die an der Oberfläche der Gewässer schwimmenden, dicht an einander gelegenen Thallome der Teichlinsen mit ihren einfachen Sexualorganen im gleichen Niveau gleichen in ihrer Gesammtheit einem Blütenstand der Aroideen. Ueber ihre Bestäubungsverhältnisse liegen scheinbar sich widersprechende Beobachtungen vor, die aber den Biologen nicht befremden, der weiss, dass ein und dieselbe Pflanzenspecies in der einen Gegend proterandrisch, in einer anderen protogynisch sein kann. Ich traf in Greiz bei *Lemna minor* sowohl in einem Teiche, wo sie vom Mai bis in den Juli hinein blühte, als auch im Zimmer die folgenden Verhältnisse. Der monöcische Blütenstand besteht entweder aus einem höher stehenden kurzgriffeligen Stempel und zwei tiefer stehenden, gleich jenem nach oben gerichteten Staubgefässen mit nicht allzu langen Filamenten und gelben Antheren, oder Stempel und Staubgefässe kommen an verschiedenen Stellen des Thalloms hervor, von einer unregelmässig zerreissenden Hülle umschlossen. Die beiden Staubgefässe entwickeln sich nach einander, aber längere Zeit, bevor der Stempel hervorbricht. Proterandrische Dichogamie und Stellung schliessen daher Selbstbestäubung aus, wie die starren, kurzen Sexualorgane und die geringe Pollenmenge der Antheren einen Pollentransport durch den Wind ausschliessen. Von den bekannten zoidiophilen Pflanzen weicht aber *Lemna* durch den Mangel eines gefärbten Perigons und anderer auffälliger Anlockungsmittel der Blüten ab. Die Pollenkörner sind stachelig,

mit zahlreichen Protuberanzen besetzt. Dies deutet gleichfalls auf die Zoidiophilie hin. Die auf den Lemnarsen sich umherbewegenden Insecten, Schnecken etc. streifen die Pollenkörner ab und setzen sie auf der etwas concaven Narbenfläche ab. Die Pflanze hat es nicht nöthig, besondere Lockmittel zu gebrauchen; ohne allen Aufwand und ohne eine andere Gegenleistung als die Gewähr eines festen Untergrundes erreicht sie dasselbe, was die „Blumen“ durch Farbenpracht, Honigsaft, Wohlgeruch etc., die zuweilen nur unberufene Gäste anlocken, erzielen. Gegen Schneckenfrass sind die Wasserlinsen wie die Aroideen durch Rhabdiden geschützt. Trelease hat in Amerika *Lemna minor* proterogynisch gefunden. Im Zimmer dehiscirte das erste Staubgefäß einen Tag nachdem die Narbe empfängnisfähig geworden, ebensolange hinterher das zweite; Hegelmaier fand ebenfalls *Lemna minor* und *Spirodela polyrrhiza* proterogynisch. George Engelmann fand letztere in Nordamerika proterandrisch. Bei den wurzellosen *Wolffia*-arten stehen die Blüthen auf dem Rücken des Sprosses in Grübchen (meist eines, bei *Wolffia Welwitschii* zwei) und haben den sicheren Befruchtungsaussichten entsprechend nur ein Staubgefäß und einen Stempel.

Najadeen.

§ 167. *Potamogeton natans* und verwandte sind windblüthig und proterogynisch. Die Seegräser (*Zostera*, *Cymadocea*, *Halodule* etc.) sind wasserblüthig (hydrophil) wie *Ceratophyllum*. Es besteht aber bei ihnen der Pollen aus algenähnlichen Schläuchen, die vom specifischen Gewicht des Wassers direct in dieses entleert werden und von den band- oder hakenförmigen Narben aufgefangen, die Befruchtung bewirken. Bei dem Nixenkraut (*Najas*) kommen ähnliche Verhältnisse vor; die Pollenzellen sind aber hier durch eingeschlossene Stärkekörner schwerer als das Wasser und werden nach Jönssen, nach unten sinkend, von den tiefer sitzenden weiblichen Blüthen aufgefangen. Nach Magnus werden jedoch erst die ausgekeimten Pollenkörner verbreitet. Durch den Mangel der äusseren Pollenhaut (Exine) und das hohe specifische Gewicht des Pollens stehen die Hornblattgewächse (*Ceratophyllum*) den submers blühenden Seegräsern nahe, während sie durch die sich loslösenden Antheren an die submersen Hydrocharideen erinnern. Bei *Ruppia spiralis*

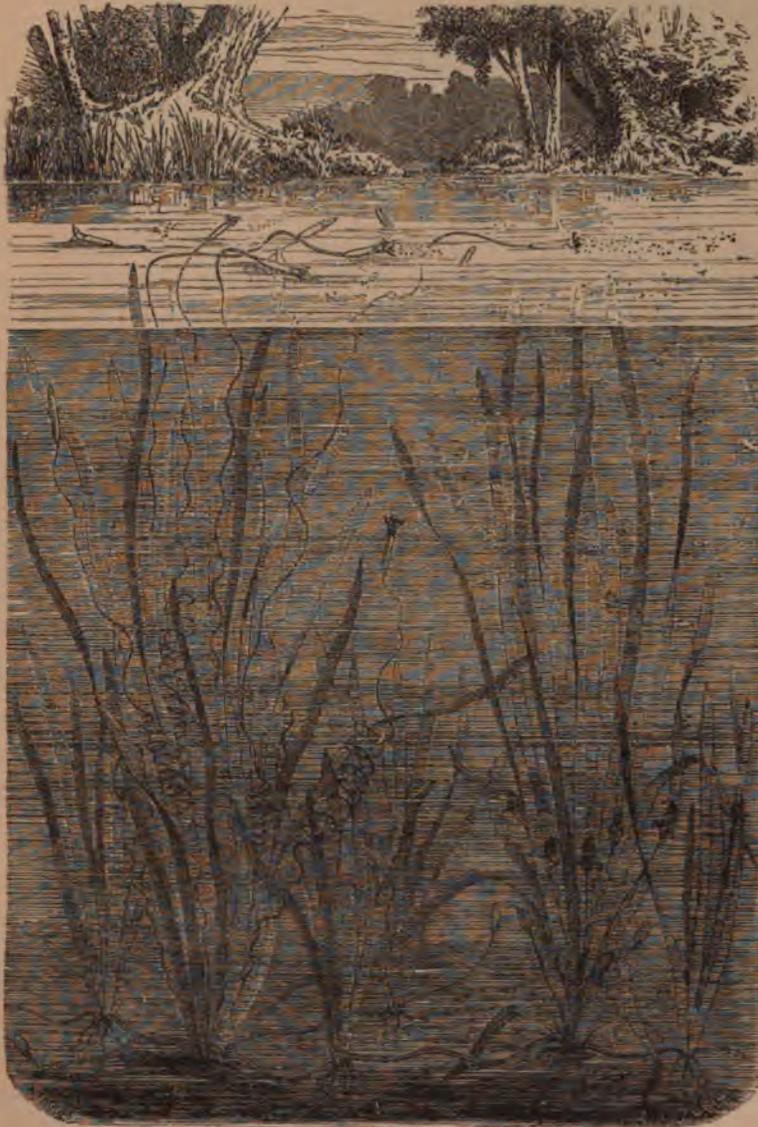


Fig. 28.

Vallisneria spiralis. Befruchtung: Die an einem langen, unten spiral aufgerollten Stiele befindlichen weiblichen Blüten schwimmen auf dem Wasser und werden durch die sich vom Grunde ablösenden und lose fluthenden männlichen Blüten befruchtet (Nach Baillon.)

streckt sich der Stiel des weiblichen Blütenstandes schraubig zur Oberfläche und die aus den Antheren austretenden Pollenkörner steigen aufwärts zum Wasserspiegel.

Ludwig, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen.

Von

Hydrocharideen

sind die *Vallisneria spiralis* und ihre im indischen Ocean lebende Verwandte *Enhalus acoroides* die charakteristischsten Hydrophilen. Die ganzen männlichen Blüthen lösen sich los, steigen auf und schwimmen während der Dehiscenz der Antheren auf dem Wasserspiegel umher, während die weiblichen Blüthen auf langem schraubigen Stiel die Oberfläche erreichen, um hier die vom Wind im Wasser hin und her getriebenen Pollenkörner aufzunehmen, wonach sie durch den sich wieder zusammenziehenden Schraubenstiel auf den Boden zurückgezogen werden. Auch bei *Eloдея canadensis* (in Europa seit 1836 nur in der weiblichen Form) steigen in Amerika die ♂ Blüthen nach oben, die ♀ Blüthen reichen auf gestrecktem Fruchtknoten zur Oberfläche.

Gramineen.

§ 168. Zu den windblüthigen Pflanzen, deren Antheren pendelartig von langen Staubfäden getragen und bei mässigem Winde in zitternde Bewegung versetzt, „ähnlich wie geschüttelte Streubüchsen“ den Pollen in kleinen Prisen entlassen, gehören unsere Gräser. Die Entleerung des Blüthenstaubes findet bei ihnen auf eigenthümliche Weise statt. Bei den meisten Gräsern erfolgt die Oeffnung der Blüthenspelzen durch plötzlichen Turgor der zu einem fleischigen Schüppchen umgebildeten Blumenblätter (*Lodicula*) und besonderer Schwellgewebe. Durch sehr rasches Längenwachsthum der Staubfäden (nach Kerner 1—1½ mm in einer Minute, gegen 4 mm in 10 Minuten) werden die hierdurch freien Antheren über die Spelzen hinausgehoben. Zunächst sind die unterhalb der Mitte der Antheren mit verdünntem Ende befestigten Staubfäden starr, bald aber erschlaffen sie und die Antheren hängen nun pendelartig aus der Blüthe heraus. Sie dehisciren nun durch Längsrisse, die aber nur an dem unteren Theil aus einander klaffen, an welchem die Enden der beiden Pollenbehälter, in entgegengesetzter Richtung aus einander weichend, kahnförmig ausgehöhlte Behälter bilden. In letzteren bleibt der glatte kleinkörnige Pollen bei ruhiger Luft. Erst nachdem er durch einen Luftstrom zur Seite geweht, fallen neue Pollenkörner in den Kahn herab, was sich bis zur Entleerung

der Antheren öfter wiederholt. Die entleerten Antheren fallen dann ab und die Blüthe schliesst sich meist bald nach Erschlaffung der Lodicula. Die Narben sind stark verlängert, pinselförmig, sprengwedelförmig oder federig. Das Blühen der Gräser findet meist zu bestimmter Tageszeit in strenger Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtigkeit der Luft statt und dauert nur kurze Zeit an. Vgl. Näheres im Kap. IX.

Manche Gattungen, wie *Alopecurus*, *Anthoxanthum*, *Pennisetum*, *Spartina* sind ausgeprägt proterogynisch, die Mehrzahl der Arten ist jedoch proterandrisch, andere sind ein- oder zweihäusig, viele *Andropogoneen* und *Paniceen* polygamisch (mit männlichen Blüthen, die erst nach den Zwitterblüthen zur Entwicklung kommen). Während verschiedene Gräser, wie der Roggen selbst steril (mit eigenen Pollen unfruchtbar) sind, findet bei anderen auch Selbstbefruchtung statt. So findet z. B. bei den Weizenarten häufig Selbstbestäubung statt und von der Gerste öffnen manche Rassen wie die sechszeilige, die kurze zweizeilige und die Pfauengerste in unserem Klima ihre Blüthen nach Hackel niemals. Streng kleistogamisch sind schliesslich bei uns *Leersia oryzoides*, *Amphicarpum Purshii*, *Diplachne serotina*, *Danthonia spicata*.

Mit langen beweglichen Staubfäden versehen sind auch die Blüthen der anemophilen Arten von *Cannabis*, *Humulus*, *Rumex*, *Ulmus*, *Plantago lanceolata*, *Sanguisorba minor* etc. Bei *Plantago*, *Thalictrum*, *Ulmus* etc. schliessen sich die Antherenspalten während feuchten Wetters rasch, um sich danach wieder zu öffnen. Während bei den Gramineen die unteren Theile der Antheren selbst Ablagerungsstätten des stäubenden Pollens darstellen, finden sich bei anderen Pflanzen, wie bei *Potamogeton*, *Triglochin* etc. schalenförmige Theile der Blüthenhülle, bei den Coniferen ist es die Rückseite der nächsten Pollenblätter, welche diese Rolle übernehmen. Wieder anders sind die Ablagerungs- und Schutzvorrichtungen bei *Taxus*, *Juniperus*, *Thuja*, *Cupressus*.

XXI. Kapitel. Schluss.

Domestication und Transmutation der Arten.

§ 169. Haben die bisherigen Kapitel uns bewiesen, dass die Pflanzenwelt ausserordentlich plastisch ist in der Anpassung an die verschiedensten natürlichen Verhältnisse, so tritt diese Plasticität doch nirgends so auffällig hervor, als in den bewussten Züchtungsproducten des Menschen, die nicht immer die Richtung des dem Menschen nützlichen eingeschlagen haben, sondern vielfach den Stempel der Willkür und des oft ungereimten Geschmacks tragen, Kinder seiner Laune sind. Die wunderlichen Abwege des Geschmacks, auf die die Mode zeitweilig geräth, sie finden sich auch eingeschlagen in der Gestaltung der Modeblumen wie der Modethiere (Geflügel etc.). Das umfangreichste Material dieser Züchtungserfolge des Menschen finden wir in dem zweibändigen Werke von Ch. Darwin (deutsch von V. Carus. Stuttgart 1878): „Das Variiren der Thiere und Pflanzen im Zustand der Domestication“. Einige Beispiele mögen die Wirkungen menschlicher Zuchtwahl zeigen.

Die Hyacinthe (*Hyacinthus orientalis*) wurde 1596 aus der Levante nach England eingeführt, 1597 kannte man 4, 1629 8 Varietäten, 1768 verkaufte man in Amsterdam nahezu 2000 Sorten von Hyacinthen, und der alte holländische Blumenzüchter Voorheim, der über 1200 Varietäten hielt, soll sich kaum jemals geirrt haben beim Wiedererkennen jeder einzelnen Varietät allein an der Zwiebel. In diesem Jahrhundert kam die Hyacinthe mehr aus der Mode und 1864 wies der grösste Garten in Haarlem nur noch 700 Varietäten auf, von denen aber eine ganze Anzahl samenbeständig geworden.

Von den Stiefmütterchen, *Viola tricolor* und dessen Rassen (*V. lutea*, *V. altaica*, *V. grandiflora*, *V. amoena*), den „Pensées“, waren bereits 1835 400 Varietäten käuflich zu haben. Die Pensées werden nach Darwin seit 1687 cultivirt und 1812 kannte man ca. 20 Varietäten, 1813 oder 1814 sammelt Lord Gambier einige wilde Pflanzen von *Viola tricolor* und veredelte durch sie die Gartenvarietäten. Die erste grosse Veränderung war die Umwandlung der dunklen Linien im Centrum der Blüthe in ein dunkles Auge oder einen dunklen Mittelpunkt, der zu jener Zeit noch nie gesehen worden war.

Die Tulpen- und Aurikelzucht des vorigen Jahrhunderts, die Erzielung des Formen- und Farbenreichthums der Astern, Camelien, Nelken, Päonien, Rosen und Chrysanthemums (die seit ältester Zeit betrieben) sind weitere Belege für die formwandelnde Allgewalt gärtnerischer Kunst. Wer einen überwältigenden Eindruck von den Leistungen menschlicher Zuchtwahl haben will, der besuche eine moderne Chrysanthemumausstellung oder eine Geflügelausstellung oder dergl. Nach v. Kerner kommen jährlich durchschnittlich 60 neugezüchtete Rosen in den Handel, 1889 kamen deren sogar 115 in den Handel, und v. Kerner's Freund Finger pflegt in seinem Garten zu Meidling bei Wien nahezu 4200 verschiedene Rosen und versicherte, dass er noch weit davon entfernt sei, alle in neuerer Zeit, zumal von den französischen Rosenzüchtern durch Kreuzung zu Stande gebrachten Formen zu besitzen. Nach seiner Berechnung beträgt schon die Zahl der Thea- und bengalischen Rosen annähernd 1400 und er schätzt die Gesammtheit aller bisher in den Handel gebrachten Rosen auf 6400.

Nicht minder erfolgreich ist die gärtnerische Kunst gewesen in der Zucht von Blattpflanzen (Begonias etc.), die landwirthschaftliche und gärtnerische Zucht in der Gewinnung neuer Varietäten von Getreide (vom Weizen cultivirte Dalbert nach Darwin während 30 Jahre 150—160 Sorten, die alle rein züchteten, der Oberst Coulteur besass über 150 und Phillippar 322 Varietäten), von Gemüsepflanzen, Küchengewächsen, Oelpflanzen, Obstsorten und anderen Früchten etc. etc.

Von der Stachelbeere (*Ribes grossularia*) kannte man 1629 8 Varietäten, 1842 149 Varietäten und 1862 waren allein 243 verschiedene Sorten von Stachelbeerpflanzen bekannt, die auf den Ausstellungen prämiirt wurden. In England berichtet alljährlich seit 1786 *The Gooseberry Grower's Register* über die verschiedenen Stachelbeerausstellungen (1845 z. B. 171) und die Fortschritte der Stachelbeerzucht. Besonderes Interesse an diesen Berichten haben z. B. die Mittheilungen über die stetige Zunahme der Grösse und des Gewichtes der Stachelbeeren. Es beträgt das Gewicht der wilden Stachelbeere etwa 5 dwts. = 120 gran, das Maximalgewicht, das die neugezüchteten Sorten auf den Ausstellungen erreichten, war:

1786	10 dwts.,
1817	26 dwts. 17 grs.,
1825	31 dwts. 16 grs.,

1830	32 dwts.	13 grs.	(„Teazis“),
1841	32 dwts.	16 grs.	(„Wonderful“),
1844	35 dwts.	12 grs.	(„London“),
1845	36 dwts.	16 grs.	(„London“),
1852	37 dwts.	7 grs.	(„London“).

Die Stachelbeere „London“, welche 1852 im Ganzen 343 Preise gewonnen hatte, Grösse und Gewicht eines kleinen Apfels erreichte, hatte dann (bis 1875) kein grösseres Gewicht erreicht. Bei einem Vergleich der gegenwärtig beliebten Riesensorte „Winham Industry“ mit der wilden *Ribes grossularia* ist kaum die Form wieder zu erkennen.

Der Mensch benutzt bei seinen Züchtungen die grosse Variabilität der Lebeformen, die bei oberflächlicher Betrachtung zwar leicht übersehen wird, aber Jedem, der sich eingehend mit der einzelnen Species beschäftigt, bekannt ist. Kein Individuum ist dem andern gleich. Der Lappländer kennt durch lange Uebung jedes Rennthier und giebt ihm einen Namen, trotzdem Linné bemerkt: „Unter solcher Menge eins von dem anderen zu unterscheiden, ging über mein Fassungsvermögen, denn sie waren wie Ameisen in einem Ameisenhügel.“ Der Schäfer kennt jedes seiner Schafe, und es wurde erwähnt, dass Voorheim jede seiner 1200 Hyacinthenvarietäten an der Zwiebel erkannte, wie Verlot 150 Sorten seiner Camellien im nicht blühenden Zustand unterscheiden konnte. Veränderungen in den Lebensbedingungen und Kreuzung sind die Hauptfactoren, welche stärkere Variationen nach den verschiedensten Richtungen zur Folge haben. Unter den letzteren wählt der Mensch die aus, welche seinem Zweck oder Geschmack entsprechen. Bei fortgesetzter Auswahl werden die Eigenschaften in der gewünschten Richtung erblich gesteigert, während anders gerichtete beiläufige Variationen sich wieder ausgleichen und es wird schliesslich eine maximale Veränderung der Eigenschaften in der gewünschten Richtung erzielt. Darwin hat diese Steigerung der Eigenschaften durch die Auswahl bestimmt qualificirter Eltern zur Nachzucht als die accumulative Wirkung der Zuchtwahl bezeichnet. Sehr treffend schildert diese Wirkung der Zuchtwahl Alfred Russel Wallace in seinen Essais über die natürliche Zuchtwahl (Deutsche Ausgabe. Erlangen 1870). „Die Erfahrung aller Pflanzen- und Thierzüchter zeigt, dass man, wenn eine gnügende Anzahl von Individuen untersucht werden, Variationen

irgend welcher erforderlichen Art stets begegnet. Hierauf beruht die Möglichkeit, Zuchten, Rassen und fixirte Varietäten von Thieren und Pflanzen zu bekommen, und man hat gefunden, dass eine jede Form der Variation durch Zuchtwahl angehäuft werden kann, ohne die anderen Charaktere der Art wesentlich zu afficiren; eine jede erscheint nach der einen erforderlichen Richtung allein zu variiren. Bei Rüben, Radieschen, Kartoffeln und Karotten z. B. variirt die Wurzel oder die Knolle an Grösse, an Farbe, an Form und Geschmack, während Blätter und Blüthen fast stationär zu bleiben scheinen; bei Kohl und Rettig hingegen kann das Laubwerk in verschiedenen Formen und Arten des Wachstums modificirt werden und Wurzel, Blume und Frucht bleiben ziemlich unverändert; bei dem Blumen- und Spargelkohl variiren die Blumenköpfe, bei der Gartenerbse ändert sich nur die Hülse. Wir erhalten unzählige Formen der Frucht bei dem Apfel und der Birne, während Blätter und Blume ununterscheidbar bleiben; dasselbe findet sich bei der Stachel- und Johannisbeere. Wenn immer wir (in ein und derselben Gattung) die Blume von *Ribes sanguineum* verändert zu sehen wünschen, so geschieht es, obgleich die Cultur Hunderte von Jahren hindurch keine markirten Differenzen bei den Blumen von *Ribes grossularia* hervorgerufen hat. Wenn die Mode irgend welchen besonderen Wechsel der Form oder Grösse oder Farbe der Blume fordert, so kommt immer eine genügende Variation in der gewünschten Richtung vor, wie unsere Rosen, Aurikeln und Geranien beweisen; wenn wie neuerlich Zierblätter Mode werden, so findet man genügende Variationen, um der Nachfrage zu entsprechen, und wir haben gezonte Pelargonien und gefleckten Epheu, und man hat entdeckt, dass eine Menge unserer gemeinsten Stauden und krautartigen Pflanzen nach dieser Richtung hin variiren, gerade wenn wir den Wunsch danach haben, dass sie es thun! Diese rapide Abänderung ist nicht auf alte und gut bekannte Pflanzen beschränkt, welche eine lange Reihe von Generationen hindurch der Cultur unterworfen gewesen sind, sondern die Sikim-Rhododendren, die Fuchsias und Calceolarien von den Anden und die Pelargonien vom Cap passen sich eben so an, variiren gerade so, wann und wo und wie wir es verlangen. Wenden wir uns zu den Thieren, so finden wir ebenso schlagende Beispiele. Wenn wir irgend eine specielle Eigenschaft bei einem Thiere nöthig haben, so brauchen wir es nur in genügender Anzahl zu züchten und die erforderliche Varietät findet sich immer und kann zu irgend einer gewünschten

Ausdehnung angehäuft werden. Beim Schafe bekommen wir Fleisch, Fett und Wolle, bei Kühen Milch; bei den Pferden Farbe, Kraft, Grösse und Schnelligkeit; bei dem Federvieh haben wir fast eine jede Farbenvarietät hervorgerufen, seltsame Modificationen des Gefieders und die Fähigkeit, beständig Eier zu legen. Bei den Tauben haben wir einen bemerkenswertheren Beweis der Allgemeinheit der Abänderung, denn es ist zu einer Zeit oder zu der anderen die Liebhaberei der Züchter gewesen, die Formen eines jeden Theiles dieser Vögel zu verändern und nie ist die Variation ausgeblieben. Die Form, Grösse und Gestalt des Schnabels und der Füsse sind zu einem solchen Grade verändert worden, wie man es sonst nur bei verschiedenen Gattungen wilder Vögel findet; die Zahl der Schwanzfedern ist vermehrt worden, ein Charakter, welcher gewöhnlich einer der permanentesten und welcher von hoher Bedeutung für die Classification der Vögel ist; und die Grösse, die Farbe und die Gewohnheiten haben sich ebenfalls bis zu einer merkwürdigen Ausdehnung verändert. Bei Hunden ist der Grad der Modification und die Leichtigkeit, mit welcher sie bewirkt wurde, fast ebenso augenfällig. Man sehe auf die bedeutende Abänderung nach verschiedener Richtung hin, welche den Pudel und den Windhund aus derselben ursprünglichen Form entwickelte! Instincte, Gewohnheiten, Intelligenz, Grösse, Schnelligkeit, Form und Farbe haben immer variirt, so dass gerade die Rasse, welche die Bedürfnisse, die Liebhabereien oder die Leidenschaften der Menschen wünschten, hervorgerufen wurde. Wenn sie einen Bulldog brauchten, um ein anderes Thier zu quälen, einen Windhund, um Hasen zu fangen, oder einen Bluthund, um ihre unterdrückten Mitgeschöpfe nieder zu jagen — die erforderlichen Variationen erschienen immer.“

§ 170. Wir haben früher bereits erörtert, dass unsere heutige Pflanzenwelt aus den Arten der Vorwelt entstanden ist und dass sie auch heute noch in steter Weiterentwicklung begriffen ist, indem neben den angepassten stationären Formen noch fortgesetzt neue Arten gebildet werden, die dem steten Wechsel der physischen Bedingungen unseres Erdkörpers und dem Wechsel der Mitbewohner desselben sich anpassen. Ueber die Ursache dieser Transmutation der Arten (der Vorzeit und Jetztzeit) gehen die Ansichten der Naturforscher aus einander.

Darwin nimmt für die Transmutation der Arten in der

freien Natur eine jener Zuchtwahl des Menschen entsprechende Naturzüchtung (Selection) an, bei welcher von unmerklichen Variationen nach allen Richtungen die passendsten allein erhalten bleiben und vererblich werden, während die anderen im Kampf ums Dasein zu Grunde gehen. Lamarck hat vor Darwin die Thatsache der Transmutation oder Evolution zu erklären gesucht, indem er die Organismen nicht unmerklich nach allen Richtungen variiren lässt, sondern allein nach der nützlichen Richtung durch ihren Willen. Gebrauch und Nichtgebrauch der Organe sind nach ihm bei der Abänderung der Arten die Hauptfactoren. Durch den Gebrauch wird das Organ in seiner Weiterentwicklung begünstigt, bei Nichtgebrauch verkümmert es und wird schliesslich eliminirt. Auch Darwin zog später dieses Moment häufiger zur Erklärung der im Organismus stattfindenden Variationen heran. Einen weiteren Ausbau hat die Darwin'sche Selectionslehre in Bezug auf die Entstehung der Blumen durch Hermann Müller und Andere erfahren, auf die hier etwas näher eingegangen werden soll. Hier handelt es sich in der That um eine Art Zuchtwahl Seitens der Thiere. Variabilität und Vererbung liegen auch der Entstehung neuer Blumenformen zu Grunde. Blumen sind wie unsere Culturformen durch fortgesetzte Auslese des Nützlichsten von Seiten lebender Wesen zur Entwicklung gekommen, erstere unter der Zuchtwahl der mit Farben- und Geruchsinn ausgestatteten Insecten (Vögel, Schnecken), wie diese Züchtungsproducte des Menschen. Der einzige wesentliche Unterschied zwischen den unbewussten Züchtern unter den Menschen und Insecten liegt darin, dass die ersteren unmittelbar und meist absichtlich, die letzteren unbewusst und erst mittelbar das Zugrundegehen der ihnen weniger gefallenden nutzlosen und die Vervielfältigung der ihnen am besten gefallenden und nützlichen Abänderungen bewirken. Die Menschen jäten die ihnen nicht passenden Individuen aus oder entziehen ihnen die nöthige Pflege — ähnlich verhalten sich auch die Ackerbauameisen und die pilzzüchtenden Blattschneideameisen —, während die blumenbesuchenden Insecten die bevorzugten Individuen kreuzen und die nicht bevorzugten der Selbstbefruchtung überlassen und so mittelbar dasselbe Resultat erzielen. Denn da nach den Ergebnissen der Darwin'schen Versuche die durch Kreuzung entstandenen Individuen den durch Selbstbefruchtung entstandenen im Wettkampfe stets überlegen sind, so werden die von den Insecten zurückgesetzten Formen in der Regel zu Grunde

gehen (wenn sie sich nicht durch Wanderung dem Wettkampf entziehen) und die passendsten Blumenformen bleiben schliesslich allein übrig.

Einer der eifrigsten Verfechter der Selectionslehre ist A. Weismann, welcher aber die Vererbung erworbener Eigenschaften gänzlich läugnet. Die Variation entspringt nach ihm inneren Ursachen. Alle Ursachen der Variation und Vererbung beruhen auf der Natur des Keimplasmas und liegen in ihm; das Keimplasma überträgt die vorhandenen Eigenthümlichkeiten der Art auf die nächste Generation (Continuität des Keimplasmas). Neue Eigenschaften treten nur bei der Vermischung der männlichen und weiblichen Sexualstoffe auf (Wesen der Befruchtung!), sie sind potentiell schon im befruchteten Ei enthalten. Die Naturzüchtung arbeitet dann, wie die menschliche Zuchtwahl mit derselben Häufigkeit kleinster Variationen, die aber nach Weismann erst bei der Befruchtung erzeugt werden. Alle Einwürfe, die beweisen sollen, dass äussere Eingriffe beim Individuum vererblichen Werth besitzen, hat Weismann mit grossem Geschick widerlegt. In den von ihm aufgeführten Fällen (vgl. Weismann, Die Allmacht der Naturzüchtung. Jena 1893), z. B. der Ausbildung gewisser nützlicher Körpereigenthümlichkeiten und Gewohnheiten der Arbeiter und Soldaten der Termiten und Ameisen, kann es sich in der That um Vererbung erworbener Eigenschaften nicht handeln (die Arbeiter und Soldaten sind geschlechtslos!). Wie aber sollen z. B. die Anpassungen ganz ungeschlechtlicher Organismen wie die der höheren Pilze nach seiner Theorie zu erklären sein?

Nägeli's Vervollkommnungstheorie nimmt mit Darwin, Weismann u. A. eine Weiterbildung (Descendenz) des Pflanzenreiches von niederen zu höheren Formen (Kryptogamen, Gymnospermen, Monocotyledonen, Dicotyledonen) an. Die Organismen entwickeln sich aus inneren Gründen in aufsteigender Reihe, sich mehr und mehr vervollkommnend. Nach ihm bildet ein Theil des Pflanzenprotoplasmas, das Idioplasma, in jedem Organismus ein zusammenhängendes Netz von micellarem Bau (Micellen sind die Organisations-einheiten — aus Molekülen bestehend), dessen Mechanik es mit sich bringen soll, dass die Complication der Anordnung sich von Generation zu Generation steigert und höhere Formen entstehen. Der Kampf ums Dasein durch Concurrrenz, die Selection bewirkt nach Nägeli nur das Aussterben der Zwischenglieder seiner Entwicklungsreihe, während sie nach Weismann die Entwicklungsrichtung

in der Continuität des weiter wachsenden Keimplasmas kennzeichnet und unpassend gerichtete aus dieser Continuität bei der Befruchtung ausweigende Fäden zu Grunde gehen lässt.

Kerner v. Marilaun ist ein Vertreter einer wesentlich abweichenden Transmutationstheorie, der Vermischungstheorie, welche in dem Satze gipfelt, dass alle in der Nachkommenschaft sich erhaltenden Veränderungen der Gestalt durch Kreuzung, beziehentlich durch Vermischung zweier ihrer Constitution nach verschiedener Protoplasten zu Stande kommen, d. h. also durch Bastardirung. „Sie setzt voraus, dass von jeher zahlreiche verschiedene Pflanzenformen neben einander bestanden haben, was durch die fossilen Reste auch thatsächlich bestätigt wird.“ v. Kerner glaubt, dass nicht die Hypothese von der Ewigkeit des Lebens, „jener Naturkraft, die sich im Stoffe als Leben äussert“, sondern die Kant-Laplace'sche Hypothese von dem ehemals feurigflüssigen Zustand unseres Erdballes eine Richtigstellung erfahren müsse. Was sich von Pflanzen aus früheren Perioden erhalten hat, so meint er, weist durchgehends darauf hin, dass zu allen Zeiten eine grosse Mannigfaltigkeit von Pflanzenformen die Erde bevölkerte. Es bedurfte daher keiner Entwicklung, sondern nur einer Umgestaltung, einer Umprägung des Vorhandenen. Diese Umgestaltung aber vollzog sich in der Weise, dass durch Vermischung der schon vorhandenen Arten Anfänge neuer Arten entstanden. Durch den periodisch eintretenden Wechsel der klimatischen Verhältnisse erfuhren die Wohnbezirke der Pflanzen vielfache Verschiebungen, und bei dieser Gelegenheit wurden jene Artenanfänge, welche sich mit den geänderten Verhältnissen am besten vertrugen, thatsächlich zu neuen Arten. Dieselben fügten sich vielfach an Stelle ihrer ausgestorbenen Stammeltern in die Pflanzendecke ein und übernahmen gewissermassen die Rolle, welche jene früher gespielt hatten. Bei einem Vergleiche der einer späteren Periode angehörenden Arten mit jenen, welche aus der vorhergehenden im fossilen Zustande auf uns gekommen sind, erhält man in Folge dessen den Eindruck, dass die Arten umgewandelt oder umgeprägt wurden. Genau genommen ist es ja auch eine Umprägung, welche hierbei stattfand, nur erfolgte sie nicht unter dem unmittelbaren Einflusse des veränderten Klimas, wie es die Anpassungstheorie, und ebensowenig durch ein den Arten innewohnendes Vervollkommnungsprincip, wie es die Vervollkommnungstheorie annimmt, sondern durch die Veränderung der specifischen Constitution des Protoplasmas in Folge der Kreuzung.

Die Bedeutung der durch Kreuzung vermittelten Umprägung der Arten liegt aber darin, dass für den Fall klimatischer Aenderungen (Eiszeiten etc.) das Entstehen von Lücken in der Pflanzendecke vermieden und eine Störung in den Wechselbeziehungen der die Pflanzendecke zusammensetzenden verschiedenen Arten hintangehalten ist. Die Bakterien und Schimmel, die Moose und Flechten, die Farne und Gräser, die Palmen und Nadelhölzer, sie alle haben in der als grosses Gemeinwesen gedachten Pflanzenwelt ihre besonderen Aufgaben zu erfüllen, und bis zu einem gewissen Grade sind alle diese Pflanzenformen von einander abhängig. Keine derselben kann ohne Nachtheil für die Gesamtheit entbehrt werden, und das Aussterben einer dieser Formen ohne Ersatz würde unter Umständen das ganze Gemeinwesen der Pflanzen zu Schaden bringen können. Nur dadurch, dass in jedem Stamme aus den schon vorhandenen Pflanzenarten mittelst der Kreuzung zu allen Zeiten und an allen Orten ein Vorrath von neuen Pflanzenformen geschaffen wird, ist diese Schädigung vermieden.“ v. Kerner unterscheidet 88 verschiedene Pflanzenstämme, die nach seiner Meinung nicht aus einander hervorgegangen sein können (verschiedene systematische Charaktere!). Die Gründe, die Kerner dazu geführt haben, der „Bastardirung“ eine so grosse Bedeutung zuzuschreiben, vgl. in seinem „Pflanzenleben“ II. Bd., S. 547 ff. Der Einwand, welcher gegen die allgemeine Wirkung der im Weismann'schen Sinne gemeinten Naturzüchtung erhoben wurde, gilt auch hier.

Die in diesem Buche erörterten Fälle von Anpassung zeigen, dass die Selection bei der Transformation der Arten ein wichtiger Factor war und noch ist, sie beweisen aber auch, dass ausser ihr noch mannigfache andere Wege zum Ziel geführt haben. In vielen Fällen bedurfte es des langen Weges und langsamen Fortschrittes der Selection nicht, vielmehr entstehen wichtige Anpassungen, die zu erblichen Formen führen, oft plötzlich und unvermittelt bei ungeschlechtlicher Fortpflanzung wie bei Kreuzung. Noch ein anderes Ergebniss ist es, zu dem wir durch die Pflanzenbiologie geführt werden, dass bei der Transformation der Pflanzen wie bei der der Thiere noch andere Kräfte wie die physikalisch-chemischen — nennen wir sie ohne Weiteres psychische Kräfte — in Betracht kommen müssen. Bei den Versuchen, die Transformation mechanisch auf Grund der bekannten physikalischen und chemi-

schen Eigenschaften der Materie zu erklären, bleibt überall etwas Unerklärtes und Unerklärliches übrig, wie die Variation und Erbllichkeit, und das darf uns nicht Wunder nehmen. Das Leben lässt sich physikalisch nie und nimmer erklären. Dies haben auch die Pflanzenbiologen deutlich ausgesprochen. Unzweideutig hat dies von jeher Federico Delpino betont, der, wie Lamarck die Thiere, die Pflanzen variiren lässt, weil und wie sie wollen. Er sagt (*Il materialismo nella scienza*. Genova 1881): „Darwin assume che cotanta perfezione siasi raggiunta per insensibili gradi in un incalcolabile numero di generazioni successive mediante una lentissima accumulazione di miglorie casualmente prodottesi. È questa senza dubbio una interpretazione razionale; ma non manca de' suoi punti difficili, consistenti principalmente nella inconcepibile lentezza con cui agirebbe la elezione naturale. Ma il vitalismo toglie di mezzo questa lentezza, e abbrevia immensamente il tempo richiesto alla concretazione dei più squisiti apparecchi organici. Il vitalismo non nega che in realtà alcune delle miglorie siano stato prodotte casualmente. Ma accanto a queste casuali miglorie, si dettero pure in gran numero miglorie non casuali ma razionali, tanto celermente prodotto quanto celermente accumulate. Queste razionali miglorie sono provocate non già del caso ma dal *nisus insito* negli organismi: in altre parole sono provocate della intelligenza e della volontà, da queste due facoltà psicologiche che jo ritengo per le principali plasmatrici degli organismi. . .“; ferner: „l'uomo e gli altri esseri viventi variano perchè sono liberi e sono liberi perchè variano.“ (Vgl. auch Delpino, *Applicazione della teoria Darwiniana ai fiori ed agli insetti visitatori dei fiori*. *Boll. Soc. Entom. Ital.* 1870, Vol. II, Fasc. 3, p. 1, 2, 31, 32, und *Pensieri sulla biologia vegetale*. Pisa 1867.)

Auch Hermann Müller kam in den letzten Jahren seines Lebens (1879), nachdem er in den Lehren Samuel Butler's (*Life and habit*. London 1878) und Ew. Hering's (*Das Gedächtniss als eine allgemeine Function der organischen Materie*. Wien 1876) eine befriedigende Hypothese auch für Variabilität und Vererbung gefunden zu haben glaubte, dem Delpino'schen Standpunkt näher. So sagt er bei der Besprechung des Werkes von Butler: „Und wenn auf den ersten Blick die Annahme, dass die Organismen im Gefühl ihrer Bedürfnisse variiren, wie sie wollen und weil sie es so wollen, allen unseren Erfahrungen an den von uns selbst ge-

züchteten Thieren und Pflanzen, sowie unserem eigenen Bewusstsein, nicht willkürlich unseren Bedürfnissen entsprechend abändern zu können, vollständig zu widersprechen scheint, so müssen uns die eben angedeuteten Erwägungen in der Aufrechterhaltung dieses Widerspruches mindestens sehr vorsichtig machen.“ — „Wir sind dazu geführt worden, statt rein physikalischer Einwirkungen vielmehr die durch diese hervorgerufenen Empfindungs-, Willens- und Gedächtnissthätigkeiten der Individuen erster Ordnung, oder mit anderen Worten die Reactionen der „Zellseelen“ als tiefste Grundlage der Descendenztheorie sowie der biologischen Erklärungen überhaupt zu fordern.“ Während H. Müller zuvor nur die *Insecten activ* angreifen liess und während Delpino, durch die wunderbar vollkommenen Anpassungen exotischer Pflanzen veranlasst, nur die Pflanzen wollen und streben liess, arbeiten sich nach den letzten Anschauungen Müller's Pflanzen und Thiere in die Hände, sind die Blumen so recht das Product der Wechselbeziehungen zwischen Pflanze und Thier.



Register.

A.

- Aasfliegenblumen 525. 539.
Aasfresser 57 ff.
Aasgestank 525. 540.
Aaskäferblumen 539.
Abfinden der Pflanzenwelt gegenüber den Pilzparasiten 29.
— gegenüber den Gallthieren 29.
— gegenüber den Schnecken 29.
Abies, Blütenbiologie 523.
— Flügelausrüstung 311.
— Misteln 370.
— Mykorrhizen 33.
— Schlafbewegung 193.
Ableger 299.
Abroma, Schlafbewegung 193.
Abronia, Flügelausrüstung 312.
Abrus, Linkswinder 135.
— Paternostererbsen, giftig 374.
— Schlafbewegung 192.
— Wetterpflanze 190.
Absatzweises Blühen 164.
Abutilon, Blütenbiologie 470.
— und Kolibri 486.
— Schlafbewegung 193.
— Verbreitungs-ausrüstungen 398.
Acacia, Ameisendomatien 265. 273.
— Beschleunigung der Keimfähigkeit durch Gänse 371.
— cornigera, Belt'sche Körperchen 269.
— Hexenbesen 29.
— hohle Stacheln für Ameisen 269.
— kletternde 127.
— Müller'sche Körperchen 269.
— Reizbewegung 194.
— Schlaf- und Reizbewegungen 191.
Acacia, Verticalstellung der Phylloidien 180.
— Wachsschicht 176.
— Zweigklimmer 143.
Acaena, Klettfrüchte, Verbreitung durch Vögel 391.
— Verbreitungs-ausrüstungen 399.
Acanthaceen, Lackirung 174.
— Träufelspitze 206.
Acanthocephalus, Verbreitungsmittel 395.
Acantholimon, Stachelblätter 217.
Acanthophyllum, Stachelblätter 217.
Acanthus, Bewehrung 217.
— Schleudervorrichtung 339.
Acaroecidien 274.
Acarodomatien 273.
Acarophilie 273.
Acer, Blatt- und Wurzelgallen 106 ff.
— Flügelausrüstung 311.
— Flugorgane 318.
— Honigthau 115.
— Milbenhäuschen 279.
— Träufelapparat 207.
Aceraceen, Milbenhäuschen 286.
Acerates, Blütenbiologie 502.
Achaenium 316.
Achillea, Blütenbiologie 489.
— Concurrenz um den Boden 121.
— Haarkleid 171.
— Mykorrhiza 39.
— Verbreitungs-ausrüstungen 395.
Achras und Fledermäuse 366.
Achyropappus, Flug-ausrüstung 313.
— Verbreitungs-ausrüstungen 395.
Acianthus, Blütenbiologie 533.
Ackerbauameisen 377.
— Schneckenschutz 238.

- Aconitum, Umgrenzung der Arten 1.
 — Blütenbiologie, Dientomophilie 443.
 — Leimspindeln 230.
 — Linkswinder 135.
 Acorus, Blütenbiologie, Autatrygie 542.
 — Schneckenschutz 248.
 Acrasiaceen 84.
 Acroclinium, Wollfrüchte 315.
 Actaea, Blütenbiologie 442.
 — Verbreitungsmittel 397.
 Actinacanthus, Verbreitungsmittel 397.
 Actinienhaare 173.
 Actinomeris, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 Actinotus, Verbreitungsmittel 397.
 Adenantha, Korallenerbsen durch Papageien verbreitet 374.
 — Schlafbewegung 192.
 Adenanthertypus, Schlafbewegung 192.
 Adenocolymna, Ameisenpflanzen 256.
 Adenophora, Porenkapseln 306.
 Adenostemma, Klebausrüstung 380.
 — Verbreitungsmittel 396.
 Adesmia, Lackirung 175.
 — Reizbewegung 194.
 Adiantum, Spreizklimmer 130.
 Adlumia, Flügelausrüstung 312.
 Adoxa und Apion 439.
 — Blütenbiologie 487.
 — gamo- und karpotropische Bewegung 202.
 Adynamandrie 423. 426.
 Aechmea, Blüthenschutz 229.
 — coerulea, Blüthenschutz 233.
 — Farbenwechsel in der Fruchtgenossenschaft 365.
 — Verbreitungsmittel 394.
 Aegilops, hüpfende und kriechende Früchte 350.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Aegiphila, Ameisennektarien 247.
 Aenderung der Blüthgewohnheiten desselben Individuums 463.
 Aërocarpie 353.
 Aerua, Flugapparat 315.
 Aeschinanthus, behaarte Samen 315.
 — Haarschöpfe 314.
 — Kletten, Verbreitung durch Vögel 381.
 — Verbreitungsmittel 396.
 Aesculus, Behaarung junger Blätter 173.
 — Filzgallen 98.
 — Schutzstacheln der Frucht 219.
 Aëtanthus 20.
 Aetherische Oele 222. 223.
 Aethionema, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
 Aethusa, Verbreitungsmittel 397.
 Agaricineen, Alkaloide 221.
 Agave, Blattsucculenz 173.
 — Bewehrung 217.
 Ageratum, Flugausrüstung 313.
 Aggregationsarten 83.
 Agrimonia, Bewehrung der Blüten und Frucht 202.
 — Klettfrüchte 391.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 — Wollkletten 381.
 Ahorn, Filzgallen 98.
 — s. Acer.
 Ailanthus, Flugapparat 317. 321.
 Aira, Bohrfrüchte 350.
 Akebia, Linkswinder 135.
 Albizzia, Schlafbewegungen 191.
 Alchornea, Ameisennektarien 247.
 Aldrovanda, Fleischverdauung 43.
 — Wanderknospen 299.
 — Winterknospen 7.
 Alektorolophus, Blütenbiologie 518.
 — Blüthendimorphismus 448.
 — Hummel- und Falterblumen 452.
 — Parasitismus 12.
 — Windverbreitung 310.
 Algen, endophytische Symbiose mit Derbesia und Florideen 97.
 Algenfische 91.
 Algenpilze 92 ff. 289.
 Algen, Symbiose 89 ff. 93. 96.
 — und Meereskrabben etc. 92.
 Alhagi 81. 180.
 — Windroller 326.
 Alhagigebüsche 218.
 Alibertia, Acaromatien 283.
 Alisma, Ueberwinterung 8.
 — Verbreitung durch Wasservögel etc. 377.
 Alismaceen, Anpassungen an d. Wasserleben 10.
 Alkaloide 219 ff.
 Allium, gamo- und karpotropische Bewegung 201. 204.
 Allogamie 426.
 Allomerus, Schutzameisen 273.
 Allotrope Besucher der Blumen 440.
 Alnus, Blütenbiologie 523.
 — Filzgallen 98.
 — Flügelausrüstung 311.
 — Milbenhäuschen 279. 286.
 — Pilzgallen 29.
 — Umwallungsgallen 100.
 Aloë, Blattsucculenz 173.
 Aloëtypus, gamo- und karpotropische Bewegung 202.
 Alpenrosen, Mantelgallen 99.

- Alpine Pflanzen, xerophile Charaktere 187.
- Alsinaceen, Blütenbiologie 451.
- Alsine, Leimspindeln 230.
- Alstonia, Verbreitungsmittel 396.
- Alströmeria, Schleudervorrichtung 339.
- Alternanthera, Verbreitungsausrüstungen 395.
- Althaea, Schneckenschutz 240.
— Verbreitungsausrüstungen 398.
- Alyssum, Flügelausrüstung 310.
— Sternhaare 172.
- Amarantaceen 386.
— Flugapparat 315.
— Trüfelfspitze 206.
— Verbreitungsausrüstungen 395.
- Amaranthus, Steppenläufer 298.
— Verbreitungsausrüstungen 395.
- Amajoua, Acarodomatien 283.
- Ambrosinia, Blütenbiologie 541.
- Ameisen, Feinde der Engerlinge, Raupen etc. 243.
- Ameisendomatien 246.
— Kämpfe 253.
- Ameisennektarien 245 ff.
- Ameisen, Pilzgärten derselben 406 ff.
- Ameisenreis 377. 406.
- Ameisen, Samen sammelnde 377.
— als Samenverbreiter 366. 376.
— als Waldpolizei 243. 244.
— auf eine Wiese ausgeschüttet 243.
- Ameisenpflanzen, Wohnstätten bildende 264.
- Ameisenschutz 242 ff.
- Ammania, Brennsaft 226.
— Schleimhaare der Samen 352.
- Ammi, Hygrochasia 297.
— Verbreitungsmittel 310. 397.
— Windverbreitung 310.
- Amodendron, Bewehrung 218.
- Amorpha, Schlafbewegung 192.
- Amorphophallus, Aasblume 540.
- Ampelideen, Schneckenschutz 241.
- Ampelopsis, Fadenranker 144.
- Amphicarpaea, Amphikarpie 353.
— Blattbewegungen 190.
— Schlafbewegung 192.
— Wurzelknöllchen 40.
- Amphikarpie 352.
- Amphicarpum, Blütenbiologie 547.
- Amphilophium, Ameisenpflanzen 256.
- Amygdaleen, Ameisenpflanzen 245. 252.
— Blüthenschutz 233.
- Amygdalus, Ameisenschutz 252.
- Anabaena Azollae 96.
- Anabasis, Verbreitungsmittel 394.
- Anabiose, Vitalität 196.
- Anacamptis, Blütenbiologie 530.
— Contrastfarben 513.
- Anacardiaceen, Lackirung 174.
— Milbenhäuschen 286.
— Schmetterlingsgalle 101.
— Trüfelfspitze 206.
- Anacardium, Acarodomatien 274. 286.
— Schutz der Frucht 226.
- Anacyclus, Flügelausrüstung 311.
— Verbreitungsausrüstungen 395.
- Anagallis, Blütenbiologie 492.
— periodische Bewegung des Blütenstiels 197.
— tenella, Verschleppung durch Vögel 378.
- Anaitis, Heterokarpie 358.
- Anamirta, Milbenhäuschen 276.
- Ananasgallen 103.
- Ananassa, Verbreitungsmittel 394.
- Anastatica, Hygrochasia 297.
- Anatomische Merkmale, langsame Anpassung derselben 170.
- Ancistrocladus, Hakenkletterer 144.
- Andina inermis, Regenbäume 115.
— Verbreitungsausrüstungen 399.
- Andrena, Anpassungen 435.
— Sonderanpassungen 437.
- Andricus 106 ff.
— Grossulariae 100.
- Androdiöcie 424.
- Androgynie 424.
- Andromeda, Schutz gegen Nässe 170.
- Andromonöcie 424.
- Andropogon, Flugapparat 316.
- Andropogoneen, Bohrkletten 385.
- Androsace, Blütenbiologie 493.
- Anemochore Ausrüstungen 301 ff.
- Anemone, Beeinflussung durch Rostpilze 30. 31.
— Bewegung der Blüten- und Fruchtstiele 197. 198. 204.
— Bohrfrüchte 350.
— Flügelausrüstung 311.
— Verbreitungsmittel 397.
— Wollfrüchte 315.
- Anemophile 429.
- Anemophilie 251. 428. 547.
- Angelica, Verbreitungsmittel 397.
- Angiopteris, Ameisenschutz 248.
- Angraecum, Blütenbiologie 535.
- Anisacantha, Verbreitungsmittel 395.
- Anisodus, Verbreitungsmittel 396.
- Anisostictus, Haftscheiben 142.
- Ankerkletten 381.
- Annemara, Ameisenschutz 252.
- Anoda, Schlafbewegung 193.
- Anona, Milbenhäuschen 276.
— Verschleppung durch Rinder und Pferde 366.
- Anonaceen, Hakenkletterer 143.
— Zweigklimmer 143.

- Anona und Fledermäuse 365.
 Anpassungen an bestimmte Temperatursummen 156.
 — an Milben 273.
 — der Insecten an die Blumenthätigkeit 434.
 Anredera, Verbreitungsmittel 394.
 Antennen 536.
 Anthemis, bodenstete Formen, Concurrenz um den Boden 121.
 — Mykorrhiza 39.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 Antherenstreubüchsen 546.
 Anthesteria, Bohrfrüchte 350.
 Anthidium, Anpassungen 436.
 Anthistiria, Kletten 385.
 Anthoceros, Schneckenschutz 238.
 Anthoceroteen, Symbiose mit Algen 97.
 Antholyse 103.
 Anthophora, Anpassungen 435.
 — und Pulmonaria 511.
 — und Viola 448.
 Anthoxanthum, Bohrfrüchte 350.
 Anthurium, Blütenbiologie 542.
 — Schauausrüstungen der Frucht 362.
 — Wurzelkletterer 131.
 Anthyllis, Blütenbiologie 478. 479.
 — Flugausrüstung 313.
 — Klettvorrichtungen 392.
 Antiaris, giftige Ausdünstungen des Milchsaftes 226.
 Antidaphne 20.
 Antirrhinumarten, Zweigklimmer 142.
 Antirrhinum, Blütenbiologie 517.
 — Blüthenschutz 233.
 — Porenkapseln 307.
 Antirrhoea, Acarodomatien 283.
 Apfelbaum, Verschleppung durch Rinder und Pferde 366.
 — Verschleppung durch Papageien 373.
 Aphilothrix 105 ff.
 — Sieboldi 100.
 — Sieboldi, Galle durch Ameisen vor Inquilinen geschützt 263.
 Aphis 116.
 Apios, Blattbewegungen 190.
 Apis und Lythrum 496.
 Apium, Verbreitungsmittel 397.
 — Windverbreitung 310.
 Aplanosporen 291.
 Aplopappus, Compasspflanzen 180.
 Apocynaceen, Fadenranker 145.
 — Kletterpflanzen 127.
 — Blütenbiologie 505.
 — Haarschöpfe 314.
 — Milbenhäuschen 285.
 — Verbreitungsmittel 396.
 Apodanthes 18.
 Appressorien 23.
 Aprilpflanzen 150.
 Aprilreductionen 150.
 Apterostigma 406. 415.
 Aptosimum, Hygrochasia 297.
 Aquifoliaceen, Milbenhäuschen 286.
 Aquilegia, Leimspindeln 230.
 Arabideen, Verbreitungsmittel 397.
 Araceen, Sammetglanz 206.
 — Verbreitungsmittel 386.
 — Wurzelkletterer 131.
 Arachis, Geokarpie 355. 356.
 — Schlafbewegungen 191.
 Arauja, Blütenbiologie 500. 502.
 Arbeitstheilung in Blüthengenossenschaften 488.
 — in der Fruchtgenossenschaft 364.
 Arceuthobium (hemiparasitäre Epiphyten) 20.
 — Schleudervorrichtung 339.
 Archangelica, Verbreitungsmittel 397.
 Archilichenen 93.
 Arctopus, Verbreitungsmittel 397.
 Arctotis, Wollfrüchte 315.
 Ardroscepa, Bohrfrüchte 350.
 Arenga, Brennsaft der Frucht 225.
 Argynnis 432.
 Arillus 363. 364.
 Arion 236.
 Aristida, Bohrkletten 350. 385.
 — Flugapparat 316.
 — oligantha, Verbreitung und Anbau durch Ameisen 377. 406.
 Aristolochia, Bewegungen der Blüten und Fruchtsiele 202.
 — Blütenbiologie 525.
 — Flügelausrüstung 311.
 — Linkswinder 135.
 — Transpirationsfläche 177.
 Aristolochiaceen, Kletterpflanzen 127.
 Aristotelea, Milbenhäuschen 286.
 Armeria, Flugausrüstung 313.
 Arnebia, Heterodistylie 494.
 Arnica, Contrastfarben 513.
 Aroideen, Blütenbiologie 539.
 — Schwertblätter 11.
 — Träubelspitze 206.
 Aromatisch riechende Früchte und Vögel 368.
 Arrabidaea, Milbenhäuschen 285.
 Arrhenaterum, hüpfende u. kriechende Früchte 350.
 Art 1.
 Artemisia, Blütenbiologie 491.
 — Haarkleid 171. 172.
 — Klebfrüchte durch Steinkäuze etc. verbreitet 379.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 — Windverbreitung 310.

- Artemisiaceen, Rückkehr zur Anemophilie 442.
 Arthobotrys oligospora, Nematodenfang 77.
 Arthrobotrys, Schlafbewegungen 191.
 Artocarpeen, Ameisendomatien 265.
 — Ameisenpflanzen 246.
 Artocarpus und Fledermäuse 366.
 Arum, Blütenbiologie 539.
 Arum, Schneckenschutz 241.
 Arundo 11.
 Asarum, Verbreitung durch Ameisen 376.
 Ascidien 68.
 Asclepiadeen (Ascidien) 68.
 — Blütenbiologie 497 ff.
 — Nopalgewächse 178.
 — Kletterpflanzen 127.
 — Milbenhäuschen 285.
 — Haarschöpfe 314.
 Asclepias, Bewegung der Blüten- und Fruchtstiele 202.
 — Blattdrüsen 271.
 — Blütenbiologie 498. 500 ff.
 — Linkswinder 135.
 — Milbenhäuschen 285.
 Ascomyceten 293. 294.
 Asexuelle Pflanzen (Pilze) 554.
 Asparagineen, Ameisenpflanzen 246.
 Asparagus, Ameisenschutz 250.
 — Bewehrung 216.
 — Rhaphidenschutz gegen Schnecken 241.
 — Spreizklimmer 129.
 — und Vögel 368.
 Asperugo, Klettapparat 387.
 — Verbreitungsapparate 396.
 Asperula, Aparine, Spreizklimmer 130.
 — Blütenbiologie 487.
 — Klettfrüchte 391.
 — Kuckucksgalle 103.
 Aspidium (Hexenbesen durch Pilze) 30.
 — Wurzelkletterer 131.
 Aspidosperma, Flugorgane 317.
 Asplenium adianthum nigrum var. Serpentinum, Serpentinpflanzen 120.
 — adulterinum, Serpentinpflanzen 120.
 Asterocephalus, Flugorgane 317.
 Asterothrix, mehrfache Verbreitungsapparate 359.
 Astragalus, Bewehrung 218.
 — Blütenbiologie 476.
 — Contrastfarben 513.
 — Geokarpie 355.
 — Schlafbewegung 191. 192.
 — Variationsbewegungen 194.
 Astrantia, Verbreitungsmittel 397.
 Atherosperma, Flugapparat 315.
 Atragene, Blattstielklimmer 138.
 Atragene, Flugapparat 315.
 Atraphasus, Verbreitungsapparate 395.
 Atriplex, Mantelgallen 99.
 — Verbreitungsmittel 394.
 Atropa, durch Drosseln verbreitet 371.
 Atta 406 ff.
 Aufspringen der Hülsen 339.
 Aulax, Wollfrüchte 315.
 Aurikelzucht 549.
 Ausnützung der Zeit 146 ff.
 Ausrüstungen der Apiden zum Honigerwerb 436.
 — hydrochore 288.
 Aussackungen 234.
 Ausscheidungen der Thiere bei der Gallbildung 104.
 Anschluss der Schmetterlinge 449.
 Aussen- und Innengalle 102.
 Autatrygie 423. 426. 462. 527.
 Auto-allogame, Pflanzen 427.
 Autogamie 423. 426.
 Autokarpie 423. 426.
 Avena, Bohrfrüchte 350.
 — Flugapparat 316.
 — hüpfende und kriechende Früchte 350.
 — Verbreitungsapparate 394.
 — Avertroha, Schlafbewegung 193.
 Azalea, Flügelausrüstung 310.
 Azolla, Symbiose mit Algen 96.
 Azteca, Schutzameisen der Imbauba 266. 272.

B.

- Baccharis, Lackirung 174.
 Bachstelze 368.
 Bacillariaceen 288.
 Bärlappe, Aussäug 303.
 Bakteroiden 40.
 Balanophora (Parasiten) 16.
 Balanophoraceen (Parasiten) 15.
 Balanophorin 16.
 Ballisten 348.
 Ballospermum, Schleudervorrichtung 336.
 Ballota, Blütenbiologie 522.
 — Haarschutz 232.
 — Klettapparat 387.
 Balsamineen, Ameisenpflanzen 245.
 — Schleudervorrichtung 335.
 Bambus, Cuticularzapfen 169.
 Bambusgräser, kletternde 130.
 Banane, Verbreitung durch Affen und Vögel 368.
 Bananenfresser 368.

- Bananenfresser der Fledermäuse 365.
 Banksia, Flügelausrüstung 310.
 Barbaraea, Kuckucksgalle 103.
 Baringtonia, Treibfrüchte 296.
 Barkeria, Ameisendomatien 272.
 Bartschia, Ernährung 71.
 — Blütenbiologie 518.
 — (Parasiten) 12.
 — Verbreitungsmittel 395.
 Basidiomyceten 293. 294.
 Bastardirung 556.
 Batatas, Ameisenschutz 254.
 Bathyaspsis 106 ff.
 Batrachium (amphibische Arten etc.) 9.
 — Blattform 6.
 — hydrokarpische Bewegung 203.
 — (perennirende Wasserform) 5.
 — Verbreitung durch Wasservogel etc. 377.
 Batrachospermum, Schneckenschutz 240.
 Bauchsammler 472. 478.
 — Anpassungen 436.
 Bauhinia, Reizbewegung 193. 194.
 — Schlafbewegungen 191.
 — Uhrfederranker 144.
 Bayeria, Lackirung 175.
 Beeren 360.
 Befestigung am Keimboden 351.
 — an das Keimbett durch Trichome 171.
 Befruchtung, Wesen derselben 554.
 Befruchtungsantheren 481.
 Begonia, kletternde 127.
 — rassen 549.
 — rex, Sammetglanz 206.
 — Schneckenschutz 238.
 — Wurzelkletterer 131.
 Begoniaceen, Träufelspitze 206.
 — Windverbreitung 310.
 Beiläufige Schmarotzer 12.
 Beköstigungsantheren 481.
 Bellis, periodische Bewegung der Blütenstiele 197. 204.
 — Windverbreitung 310.
 Beltsche Körperchen 269.
 Benetzbarkeit der Blätter 206.
 Benthania, Milbenhäuschen 276.
 Berberis, Alkaloide 221.
 — Blütenbiologie 470.
 — Verbreitung durch Vögel 368. 369.
 Berberitze, Hexenbesen 29.
 Bereifung 169.
 — der Früchte 362.
 Berrya, Milbenhäuschen 286.
 Bertolonia, Sammetglanz 206.
 Bertya 145.
 Berührungreiz 131.
 Beschleunigung der Keimfähigkeit im Vogelmaden 372.
 Beschülferung 171.
 Beslereae, Verbreitungsmittel 396.
 Bestreuungsmechanismus 516.
 Betula, Blütenbiologie 523.
 — Filzgallen 98.
 — Flügelausrüstung 311.
 — Lackirung junger Blätter 176.
 Bewaffnete Pflanzen 215.
 Bewegungen, gamo- und karpotropische 197 ff. 203. 470.
 — hydrokarpische 202.
 — nyctitropische 189.
 — paraheliotropische der Laubblätter 189. 190.
 Bicuiba, Schauausrüstungen der Früchte 364.
 Bidens, Klettapparate und Verbreitung 390.
 — rubifolius, Spreizklimmer 129.
 — Verbreitungsmittel 395.
 — Wollkletten 381.
 Bienen, Anpassungen 434.
 — blumen 433. 513. 516. 517. 522. 527.
 — und Gentiana 503.
 — und Viola 448.
 Bignonia, Einbruchsdiebstahl 260.
 — Flügelausrüstung 311.
 — Flugorgane 317. 318.
 — Krallenhaken, Haftscheiben 137. 141.
 — Milbenhäuschen 285.
 — Wurzelkletterer 131.
 Bignoniaceen, Acarophilie 275. 284.
 — Ameisennektarien 245.
 — Ameisenpflanzen 255. 256.
 — Blattranker 138.
 — Kletterpflanzen 127.
 — Lackirung 174.
 — Träufelspitze 206.
 Billbergia, Blüthenschutz 229.
 — und Fledermäuse 365.
 — Verbreitungsmittel 394.
 Biologische Charaktere 2.
 Biophytum, Schlafbewegung 193.
 Biorrhiza 106 ff.
 Biovularia, Fangblasen und Blütenbiologie 61.
 Birken, Hexenbesen 29.
 — (Kröpfe) 29.
 — Mykorrhizen 35.
 — Birkhuhn 368.
 Bisexuelle Blüten 424.
 Bixa, Schlafbewegung 193.
 Bixaceen, Ameisenpflanzen 245.
 — Milbenhäuschen 286.
 Blasenflieger 318 ff.
 Blasenroste der Kiefern 33.

- Blasia*, Schneckenschutz 238.
 — Symbiose mit Algen 97.
*Blastophaga*arten 113 ff.
 Blätter, Vertikalstellung 207.
 — Spreitentheilung 207.
 Blattform 213.
 — der Kletterpflanzen 127.
 Blattkäfer und Blumen 439.
 Blattläuse 115.
 Blatttrinker 138.
 — schneideameisen 266. 406 ff.
 — spreitenklimmer 137.
 — stielklimmer 138.
 — wesen, Anpassungen 434.
Blechnum, windender Blattstiel 131.
 Blütum, Verbreitungsmittel 395.
 Blühdauer 162.
 Blühen vor der Belaubung 523.
 Blühfolge 163.
 Blühgewohnheiten der *Erodium*arten 459.
 Blühsucht 462.
 Blumen mit halbverborgenem Honig 432.
 — mit offenem Honig 432.
 — mit völliger Honigbergung 432.
Blumenbachia, Klettfrüchte 391.
 Blumenbesuch in ausserdeutschen Ländern 422.
 Blumenblätter als Lockspeise für Vögel 486.
 Blumenfarbe bei *Symphytum* 513.
 — Wirkung auf die Besucher 432.
 Blumenfarben, Ausprägung rother und weisser 450.
 — Bedeutung 422.
 Blumengesellschaften mit völliger Honigbergung 432.
 Blumengewandtheit 437.
 Blumenkategorien 429.
 Blumenkohl 104.
 — etc. Variation 551.
 Blumenthätigkeit der Insecten, deren Entwicklung 422.
 Blumentheorie, H. Müller's 553.
 Blumenuhr 166.
 Blumenzüchter, unbewusste 422.
 Blüten, castrirte 203.
 Blütenbiologie 2. 421.
 Blütenbiologische Floristik Europas 422.
 Blüthendauer 161. 163.
 Blütenfüllung 103.
 Blüthengenossenschaften 488.
 Blüthengestalt etc. 234.
 Blütenregion, Ameisenschutz 258.
 Blüthenschutz durch Alkaloide, Harze, ätherische Oele 228; Behinderung des Zuganges durch Wasser 229; durch Klebstoffe 229; durch Stacheln und Haare 232.
 Blüthenschutz, durch Explosion von Milchtröpfchen 231.
 Blüthentermin 161.
 Blütenvariation, Ursache 467.
 Blüthezeit 147 ff.
 Bockkäfer und Blumen 439.
 Boden, physikalisch-chemische Beschaffenheit 119 ff.
 Bodenadaptation und Verbreitung der *Erodien* 467.
 Bodenstete Pflanzen 120.
 Bodenvage Pflanzen 120.
Boehmeria, Schlafbewegung 193.
Boerhavia, Klebfrüchte 379.
 Bohrkletten 381.
Boissiera, Flugapparat 316.
Bolbophytum, Spaltöffnung mit Knöllchen 169.
 Bombaceen, Schlafbewegung 193.
 — Träufelspitze 206.
Bombax, haarige Verbreitungsausrüstung 314.
Bombus, Anpassungen 435.
 — Einbruch 262.
 — *Gerstaeckeri* und *Aconitum* 443.
 — und *Lythrum* 496.
Bombyliden, Anpassung 438.
Bombylius, Rüssellängen 438.
 — und *Viola* 448.
Bonaparteia, behaarte Samen 315.
 — Bewehrung 217.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
Bonaveria, Schlafbewegungen 191.
 Bootförmige Scheibe (Orchideen) 533.
 Borragineen, Blütenbiologie 511 ff.
 — Blüthenschutz 233.
 — Haarschutz 232.
 — Klettapparat 387.
 — Schneckenschutz 239.
 — Verbreitungsmittel 396.
Borrigo, Blütenbiologie 512.
Botrychium, Aussäung 305.
Botrydium 289.
*Boussingaultia*e, Kletterer 127.
Boviste, windstäubende 303.
Brachylaena, Lackirung 174.
Brachyris, Heterokarpie 358.
Brachyscelidengallen 101.
Brachystyle Form 425.
 Brandpilze (Parasitismus) 28.
 — Verbreitungsmittel 302.
Brassica nigra, Brennsaft 226.
 — periodische Bewegung der Blüthensiele 197.
 Brauereien, Pflanzenansiedelungen um 382.
 Brennfieber 225.

- Brennhaare 224.
 Brennessel s. *Urtica*.
 Brennesselbäume 225.
 Brennpalme, Brennsaft 225. 226.
 Brennsäfte 224. 225.
 Brennwinden, Brennhaare 224.
 Briza, Flugausrüstung 313.
 Brocchinia, behaarte Samen 315.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Brombeeren, durch Rebhühner und krähenartige Vögel, Marder etc. verbreitet 373.
 — Filzgallen 98.
 Bromelia, Verbreitungsmittel 394.
 Bromeliaceen, Bewehrung 217.
 — Blüthenschutz 229.
 — Farbenwechsel der Früchte 365.
 — Mimikry 214. 215.
 — Schülferhaare 173.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Broussonetia, Blütenbiologie 525.
 Brugmansia 18.
 — Blütenbiologie, Kesselfalle 525.
 Brunella, Hygrochasia 297.
 Brutknöllchen mit Klettvorrichtung 386.
 Bryonia und Andrena 437.
 Bucerosia, Blütenbiologie 500.
 Buche s. *Fagus*.
 — Begleitpflanzen 79.
 Buchen, Filzgallen 98.
 — Mykorrhizen 35.
 Bucida und Tauben 373.
 Bugainvillea, Flugausrüstung 313.
 Bulbillen durch Regen verbreitet 300.
 Bulnesia, Schlafbewegungen 191.
 Bunchosa, Ameisennektarien 247.
 Bunias, Verbreitungsausrüstungen 398.
 Bupleurum, Windverbreitung 310.
 Burlingtonia, selbststeril 527.
 Bursicula 527.
 Büschelhaare 173.
 Butomus (Schwertblätter) 11.
 — Verbreitung durch Wasservögel etc. 377.
 Büttneriaceen, Schlafbewegung 193.
 Buxus, Alkaloide 221.
 Byblis, Thierfang und Digestion 76.
 Byssolichenen 94.
- C.**
- Caccinia, Klettapparat 387.
 Cachrys, Windroller 325.
 Cactaceen, Ameisenpflanzen 245.
 — Blütenbiologie 471.
 — Blüthenschutz 233.
 Cactaceen, Lianen mit Dornbüscheln 130.
 — Nopalgewächse 178.
 — stachellose mit Ameisenschutz 262.
 — Schneckenschutz 240.
 Cactus, Blütenbiologie 471.
 Caesalpinia pluviosa, Regenbaum 115.
 — Schlafbewegung 192.
 — Variationsbewegungen 194.
 Caesalpiniaceen, Ameisenpflanzen 245.
 — Ameisenschutz 251.
 — Blütenbiologie 480.
 — Träufelspitze 206.
 — Uhrfederranker 144.
 — Wegschnellen der Samen 388.
 Caietiaeeen, Träufelspitze 206.
 Cajophora, Brennhaare 224 ff.
 Caladenia, Blütenbiologie 533.
 Calaena, Blütenbiologie 533.
 Calanthe, Blütenbiologie 538.
 Calathea, Schauausrüstungen u. Springfedern der Frucht 364.
 Calathera, Schlafbewegung 192.
 Calceolarien, Culturrsassen 553.
 Calceolaria, Aussackungen der Blüthe 234.
 — Lackirung 174.
 Calea pinnatifida, Spreizklimmer 129.
 Calendula, Heterokarpie 357.
 — Klettvorrichtung 389.
 — Verbreitungsmittel 395.
 Calepinia, Verbreitungsmittel 397.
 Calla, Blütenbiologie 540. 542.
 — Mimikry 358.
 — palustris, Sumpfpflanze 10.
 — Schneckenschutz 240.
 Calliandra, Schlaf- und Reizbewegungen 191.
 Callicarpa, Ameisenschutz 254.
 Callidina Leitgebii 97.
 — symbiotica 97.
 Calligonum, Verbreitung durch Steppemäuse 386.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Callitriche, Blattform 6.
 — Blütenbiologie 483.
 Callitricheen, Blütenbiologie 483.
 Calluna, Mykorrhiza 38.
 Calonyction, Ameisenschutz 254.
 Calophaca, Bewehrung 218.
 Calophysca, Ameisenblasen 269.
 Calophysa, Ameisendomaten 265.
 Calosantes, Flugorgane 318.
 Caltha, Blütenbiologie 442.
 — sekundäre Hygrochasia 298.
 Calycophyllum, Acarodomaten 283.
 Camelliensorten 550.
 Campanula, Bewegung der Blüten- u. Fruchstiele 202.

- Campanula*, Blüthenschutz 233.
 — Contrastfarben 513.
 — Mimikry 214.
 — periodische Bewegungen der Blüthenstiele 197.
 — Schneckenschutz 240.
 — speculum, am Mittelmeer behaart 172.
Campanulaceen, Bewegungen der Blüthenstiele 200.
 — Blütenbiologie 491.
 — Blüthenschutz 228.
 — Schneckenschutz 240.
 — Windverbreitung 310.
Campelia, Arbeitstheilung in der Fruchtgenossenschaft 364.
Camphora, Milbenhäuschen 286.
Camphoromoea, Milbenhäuschen 286.
Camponotus 256. 258. 265.
 — Ameisendomatien 264.
 — Schutzameisen 265.
Canarium und Fledermäuse 365.
Canistrum und *Nidularium*, täuschende Aehnlichkeit 214.
Cannabis, Blütenbiologie 547.
Cantharis melanura 264.
Cantharophile 428.
Canthium, Acarodomatien 283.
 — Ameisendomatien 272.
 — Ameisenpflanzen 255.
Capillitium 308. 486.
Capparidaceen, Träufelspitze 206.
Capparideen, Ameisenpflanzen 245.
 — Schlafbewegung 193.
Capparis, Ruthengewächse 179.
 — Wachsschicht 176.
Caprifoliaceen, Acarodomatien 274. 282. 284.
 — Ameisenpflanzen 245.
 — Ameisenschutz 252.
 — Blütenbiologie 452. 487.
 — Verbreitung durch Vögel 372.
Capsella, Sternhaare 172.
Caragana, Bewehrung 218.
 — Blattschlaf 190.
Caraguata, Haarschöpfe 314.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
Cardamine, Amphikarpie 353.
 — Bewegungen der Inflorescenz 199.
 — Blütenbiologie 452.
 — periodische Bewegungen d. Blüthenstiele 197.
 — Rollschleuderer 335.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
Cardiospermum, Flügelausrüstung 312.
Carduus, Schneckenschutz 238.
*Carex*arten 1.
Carex, Cuticularzapfen 169.
Carex, Verbreitung durch Wasservögel etc. 377.
Carica digitata, Brennsaft der Frucht 226.
 — ombrophil 205.
Carissa, Milbenhäuschen 285.
Carisseae, Verbreitungsmittel 396.
Carlina, Blüthenschutz durch Stacheln 232.
 — Concurrenz um den Boden 121.
Carmichelia australis, Flachsprossen 180.
Carolinea, durch Spechte befruchtet 485.
Carpinus, Blütenbiologie 523.
 — Flugausrüstung 313.
 — Flugorgane 318.
 — Honigthau 115.
 — Stulp gallen 99.
Carpophaga 368.
Carpopodium, Geokarpie 356.
Carrichtera, Dornen 218.
Carthamus, Bewehrung 217.
Carum, periodische Bewegungen der Blüthenstiele 197.
Carumbium, Schlafbewegung 193.
Carya, Milbenhäuschen 287.
 — porcina, zuckerabscheidende Gallen 263.
Caryophyllaceen, Blütenbiologie 449 ff.
 — gamo- u. karpotropische Bewegung 200. 202.
 — Windverbreitung 310.
Caryota urens, Brennsaft 225.
Cascaria, Milbenhäuschen 286.
Cascarilla, Acarodomatien 283.
Cassia, Ameisennektarien 247.
 — Blütenbiologie, Enantiostylie 481. 482.
 — Schlafbewegungen 191. 192.
 — Treibfrüchte 296.
 — Wurzelknöllchen 40.
Cassya (Parasitismus) 13.
 — Kletterpflanzen 126.
 — Linkswinder 135.
Castration, parasitische 30.
Casuarina, Flügelausrüstung 310.
 — Treibfrüchte 296.
Casuarinen, Ruthengewächse 180.
 — Spaltöffnungen in Furchen 169.
Catalpa, Ameisenpflanzen 255.
 — Flügelausrüstung 311.
Catananche, Amphikarpie 355.
 — Flugausrüstung 313.
Catasetum, Blütenbiologie 535.
Cattleya, Aussäung 308.
 — Blütenbiologie 527.
Caucalis, Klettfrüchte 391.
 — Verbreitungsmittel 397.
Caudicula 527.

- Cayennepfeffer, Brennsaft 225.
 Ceanothus, Acarodomatien 273.
 — americanus, Mykodomatien 39.
 — Milbenhäuschen 285.
 Cecidiologie 97 ff.
 Cecidiorrhiza 114.
 Cecidomyia Fagi, Gallen 263. 264.
 — Cerris 101.
 Cecidoses 101.
 Cecropia, Ameisendomatien 265.
 Cecropien, Ameisenschutz 266. 272.
 Cedrela, Flügelausrüstung 310.
 — Flugorgane 318.
 Ceibo, haarige Verbreitungs-ausrüstung 314.
 Celmisia, Lackirung 174.
 Celosia, Verbreitungs-ausrüstungen 395.
 Celtis brasiliensis, bedornter Spreizklimmer 130.
 Cenchrus, Verbreitungs-ausrüstungen 394.
 Cenospermum, Wollfrüchte 315.
 Centaurea, Ameisenpflanzen 256.
 — Aussäung 307. 308.
 — Blüthenschutz durch Stacheln 232.
 — Firnisüberzug 176.
 — Klettvorrichtung 389.
 — montana, in Italien myrmekophil, in Oesterreich-Ungarn nicht 258.
 — Windroller 326.
 Centaureaarten, Blütenbiologie 489.
 Centifolien, Blüthenschutz durch Wohlgeruch 228.
 Centrospermum, Verbreitungsmittel 395.
 Centrostemma, Blütenbiologie 500.
 Centunculus, Verbreitung durch Wasservogel etc. 378.
 Cephaëlis, Acarodomatien 283.
 Cephalanthera, Blütenbiologie 532.
 Cephalodien 95.
 Cephalonium 99.
 Cephalophora, Flügelausrüstung 312.
 Cephalotaceen, Lockausrüstung der Kannen und Verdauung 65.
 Cerambyciden und Blumen 439.
 Cerastium, Antholyse 103.
 — Aussäung 306.
 — Bewegungen der Blütenstiele 200.
 — Blütenbiologie 451.
 — Vitalität 196.
 Ceratanthera, Amphikarpie 355.
 Ceratocarpus, Verbreitungsmittel 395.
 Ceratogonum, Verbreitungs-ausrüstungen 395.
 Ceratonia, Verbreitungs-ausrüstungen 399.
 Ceratonium 99.
 Ceratophyllen, Blütenbiologie 483.
 Ceratophyllum 544.
 — Blattform 6.
 — Blütenbiologie 484.
 — Ueberwinterung 7.
 — Verbreitung 300.
 Cerbera, Einbruchsdiebstahl 260.
 Cercocarpus, Flugapparat 315.
 — Verbreitungs-ausrüstungen 399.
 Cereus, Blütenbiologie 471.
 — Dornen 218.
 — kletternder 127.
 — Schneckenschutz 240.
 — Wurzelkletterer 131.
 Cerinthe, Blütenbiologie 513.
 Cerropegia, Linkswinder 135.
 Cerropeja, Blütenbiologie 503.
 Cestrineae, Verbreitungsmittel 396.
 Cestrum, Milbenhäuschen 276.
 Cetonia und Blumen 439.
 Chaerophyllum, periodische Bewegungen der Blütenstiele 197.
 Chaetoceros (Symbiose) 90.
 Chalicodoma, Anpassungen 436.
 Chamaeorchis, Schneckenschutz 239.
 Chamissoa, Schanausrüstungen zur Fruchtzeit 363.
 Chara, Schneckenschutz 240.
 Charaktere, biologische und systematische 1. 551.
 Chardinia, Flugaus-rüstung 313.
 — Verbreitungs-ausrüstungen 395.
 Cheiranthus, Verbreitungsmittel 297.
 Chelidonium, Alkaloide 221.
 — gamo- und karpotropische Bewegungen 201.
 — periodische Bewegungen d. Blütenstiele 197.
 — Verbreitung durch Ameisen 376.
 Chelone, Schlagbaumbildung in der Blüthe 234.
 Chelostoma, Anpassungen 436.
 Chemotropismus 4. 21.
 Chenopodiaceen, Flugapparat 315.
 — kletternde 127.
 — Verbreitungsmittel 394.
 Chenopodium, Verbreitungsmittel 394.
 Chiacasapflaume, Verbreitung durch Wandervogel 374.
 Chione, Acarodomatien 283.
 Chirita, Verbreitungsmittel 396.
 Chlorella (Symbiose) 89.
 Chomelia, Acarodomatien 283.
 Chondrilla, Compasspflanzen 181.
 Chorisia, haarige Verbreitungs-ausrüstung 314.
 Chrysanthemum, Blütenbiologie 489. 490.
 — Mimikry 214.
 — Schneckenschutz 239.

- Chrysanthemum suaveolens*, auf Schützenplätzen und an Eisenbahnen 382.
 Chrysohalaneen, Ameisenblasen 269.
 — Ameisenpflanzen 245.
 Chrysoliden und Blumen 439.
Chrysosplenium, Blütenbiologie 542.
 — und Apion 439.
Chuncoa, Flügelausrüstung 311.
 Chytridiaceen 289.
 Cicaden (Honigthau) 115.
 Cicer, Bewehrung 218.
 — Schneckenschutz 238.
 Cichoriaceen und *Andrena* 437.
 — Milchsaffhaare 231.
Cilissa und *Lythrum* 496.
 — Sonderanpassungen an Blumen 437.
Cimicifuga, Flügelausrüstung 311.
Cinchona, Flügelausrüstung 310.
 — Heterodistylie 494.
 Cinchonaceen, Trüfelspitze 206.
Cinnamomum, Milbenhäuschen 286.
Circaea, Blütenbiologie 516.
 — Blüthenschutz 230.
 — Schneckenschutz 238. 241.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Circumnutation 192.
Cirsium, Blattfilz 169.
 — Blütenbiologie 489.
 — Gallen 103.
 — (Pilzwirkung) 30.
*Cirsium*arten, Schüttelkletten 390.
Cissus discolor, Sammetglanz 206.
 — Fadenranker 144.
 — Hexenbesen 29.
 Cistaceen mit Filz 172.
 — Windverbreitung 310.
 Cistineen, Bewegungen der Blüten- und Fruchtsiele 201.
Cistus, Büschelhaare 173.
 — Firnisüberzug 176.
 — Leimspindeln 230.
Citharoxylum, Ameisennektarien 247. 254.
Clarkia, Verbreitungsausrüstungen 398.
Claviceps 115.
 Clematideae, Verbreitungsmittel 397.
Clematis, Blattstielklimmer 138.
 — Blütenbiologie 441.
 — Flugapparat 315.
 — Kletterausrüstung 135.
 — Kletterer 127.
 — mauritiana, Brennsaft 226.
Cleoma, Brennsaft 226.
Clerodendron, Ameisendomatien 264.
 — Ameisennektarien 247.
 — Ameisenschutz 254.
 — mit Ameisenwohnungen 268. 272.
 — Rechtswinder 135.
Clinogyne und Tauben 368.
Clypeola, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsmittel 397.
Clythra und Blumen 439.
Cnestis, Schlafbewegung 192.
Cnidium, Brennsaft 226.
Cobaea, Blattranker 141.
Coccoloba, spreizklimmende Sträucher, bewehrte und unbewehrte 129.
Cocosnuss, Treibfrüchte 296.
Cochlospermum, Flugorgane 317.
Coffea, Acarodomatien 273. 281. 283.
 — durch Zibeththiere verbreitet 366.
 Coffeaceen, Trüfelspitze 206. 207.
 Cohabitation von Algen u. Pilzen 95.
Cola, Ameisendomatien 273.
Colchicum, Blütenbiologie 449.
 — Blüthenschutz 228.
Coleanthus, Verbreitung durch Wasservögel etc. 378.
 Coleoptera und Blumen 439.
Collema, Schneckenschutz 240.
 Colleteren 230.
 Colletes, Anpassungen 436.
Colletia, Bewehrung 216.
 — Flachsprosser 180.
Collinsia, Blütenbiologie 480. 522.
Collomia, Blütenbiologie 513.
 — Blüthenschutz 230.
 — Klebausrüstung 379.
 — Samenverschleppung 298.
 — Schleudervorrichtungen 337.
Colobopsis Clerodendri, Schutzameise von *Clerodendron* 268.
Columba oceanica 368.
Colutea, Blattschlaf 190.
 — Flügelausrüstung 312.
Colyostichus und Feigen 114.
 Combretaceen, Ameisenpflanzen 245.
 — Taubenverbreitung 373.
Combretum, Flügelausrüstung 311.
 — Flugorgane 317.
Commelina, Amphikarpie 355.
 — Blütenbiologie 482.
 Commelinaceen, Blütenbiologie 482.
Commelina, Flügelausrüstung 311.
 Compasspflanzen 180.
 Compositen, Acarodomatien 283.
 — Ameisenpflanzen 245. 256.
 — Blattranker 142.
 — Blütenbiologie 487. 491.
 — Flugapparat 315.
 — Flügelausrüstung 311.
 — Heterokarpie 356.
 — Hydrochaspie 297.
 — mit Distelblättern 219.
 — Klettvorrichtungen 388.
 — Lackirung 174.
 — Linkswinder 135.

- Compositen, Nicken der Blütenknospen 204.
 — Schneckenschutz 239.
 — Spreizklimmer 129.
 — und Megachile 437.
 — Verbreitung durch den thierischen Darmcanal 372.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 — Windverbreitung 310.
 — Wollfilz 172.
 — Wollfrüchte 315.
 Compositenroste 33.
 Conchium, Flügelausrüstung 310.
 Conchophyllum, Ascidien und Kannen 69.
 Condyllocarpon, Milbenhäuschen 285.
 Condyllocarpus, Verbreitungsausrüstungen 398.
 Conidien 293.
 Coniferen, Flügelausrüstung 311.
 — Mykorrhizen 35.
 Connaraceen, Schlafbewegung 192.
 Connarus, Heterostylie 497.
 Conophallus, Aasblume 540.
 Conopiden, Anpassungen 438.
 Contactreiz 136.
 Continuität des Keimplasmas 554.
 Contrastfarben 513.
 Contreadaptation 217. 236.
 Convallaria, Blüthenschutz durch Wohlgeruch 228.
 Convoluta Roscoffiensis 89.
 Convolvulaceen, Ameisenektarien 245.
 — Ameisenschutz 254.
 — Flugausrüstung 313.
 — mit Haarfilz (Seidenhaar) 172.
 — Haarschöpfe 314.
 — Kletterpflanzen 127.
 — (Parasitismus) 13.
 Convolvulus, Ameisenektarien 247.
 — arvensis, Blütenpolymorphismus durch einen Brandpilz (Beziehung zu Hornissen) 30.
 — Canalbildung in der Blüte 234.
 — Linkswinder 135.
 — und Sphinx Convolvuli 452.
 Convolvulusarten mit Zweigdornen 218.
 Copaifera, Schaausrüstung der Frucht 364.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Coprosoma, Acarodomatien 273. 276. 280. 283.
 Corallorrhiza, Mykorrhiza 38.
 Corchorus, Milbenhäuschen 286.
 Cordia, Ameisenblasen 269.
 — Ameisendomatien 272.
 Coremien 87.
 Corispermum, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsmittel 394.
 Cornucopiae, gamo- und karpotropische Bewegungen 202.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Cornulaca, Verbreitungsmittel 395.
 Cornus, Blütenbiologie 449.
 — -Haare 172.
 — und Otiorrhynchus 439.
 — Verbreitung durch Drosseln 373.
 Coronilla, Blütenbiologie 476.
 — Schlafbewegungen 191.
 — Schneckenschutz 237.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Coronillatypus, gamo- und karpotropische Bewegungen 201.
 Coronopus, Verbreitung durch Vögel 381.
 Correa, Aktinienhaare 173.
 Coryanthes, Blütenbiologie 535.
 Corydalis, Alkaloide 221.
 — Blattkletterer 138.
 Corydallis, Blüthenschutz 233.
 — Schleudervorrichtung 338.
 Coryllus, Blütenbiologie 523.
 — Milbenhäuschen 279.
 Corymbium, Wollfrüchte 315.
 Corynaea (Parasitismus) 16.
 Corynostylis, Rechtswinder 135.
 Costus, farbiger Arillus 364.
 Cotoneaster, Befruchtung durch Steinwespen 433.
 Cotyledon, Blattsucculenz 178.
 Coulea, Milbenhäuschen 276.
 Couralia, Ameisenpflanzen 256.
 Coussarea, Acarodomatien 284.
 Cowania, Verbreitungsausrüstungen 399.
 Crassula, Blattsucculenz 178.
 Crassulaceen, Schneckenschutz 237.
 — Windverbreitung 310.
 Crataegus, Beschleunigung der Keimfähigkeit der Samen durch Trutzhühner 372.
 — Dornen 218.
 — Klunkergallen 103.
 — oxyacantha, extranuptiale Nektarien 252.
 Crataeva, Schlafbewegung 193.
 Crematogaster 254. 255.
 — Schutzameisen 248. 265. 272.
 Crepis, Schneckenschutz 239.
 — Verbreitungsmittel 395.
 Crithmum, Blattsucculenz 178.
 Critogaster und Feigen 113. 114.
 Crocus, Blütenbiologie 453.
 Crotalaria, Schlafbewegungen 192.
 Croton, Ameisenektarien 247.
 — Schlafbewegung 193.
 Crucianella, Blütenbiologie 525.
 Cruciferen, Blütenbiologie 488.

- Cruciferen, Flügelausrüstung 310.
 — gamo- und karpotropische Bewegungen 201.
 — Hygrochasia 297.
 — Klettvorrichtungen 393.
 — Lepidopterophile 452.
 — Schneckenschutz 240.
 — Verbreitungsmittel 397.
 Cryptocephalus und Blumen 439.
 Cryptostemma, Verbreitungsausrüstungen 395.
 — Wollfrüchte 315.
 Ctenanthe, Schauausrüstungen und Sprungfedern der Frucht 364.
 Cucubalus baccifer, Spreizklimmer 129.
 Cucurbitaceen, Ameisenpflanzen 245.
 — Blattranker 138.
 — Kletterpflanzen 127.
 — nicht kletternde, Bäume 142.
 — Schleudervorrichtung 332.
 Culturfähigkeit 150.
 Culturzonen 151.
 Cuphea, Befestigung am Keimboden durch Schleimhaare 351.
 — Blüthenschutz 230.
 Cupressus, Blüthenbiologie 547.
 Cupula der Eiche, durch Blattläuse 274.
 Cupuliferen, Acarophilie 275.
 — Blüthenbiologie 523.
 — Milbenhäuschen 286.
 — Mykorrhiza 35.
 Curculigo, Flugapparat 315.
 Curculioniden 439.
 Cuscuta, Linkswinder 135.
 — (Parasitismus) 13.
 Cuviera, Ameisendomatien 272.
 — Ameisenpflanzen 255.
 Cyanophyllum, Sammetglanz 206.
 Cyathula, Kletten 386.
 Cycadeen mit Distelblättern 217.
 Cycas, Symbiose mit Algen 96.
 Cyclaminus, Blüthenschutz 233.
 — gamo- und karpotropische Bewegungen 202. 203.
 — Geokarpie 355.
 — Verbreitung durch Ameisen 377.
 Cyclanthera, Schleudervorrichtungen 332.
 Cyclolepis, Verbreitungsmittel 394.
 Cycloloma, Flügelausrüstung 311.
 Cyclops, Symbiose 91.
 Cynoches, Blüthenbiologie 538.
 Cymodocea, Ueberwinterung 299.
 Cynanchum, Blüthenbiologie 500.
 — Linkswinder 135.
 Cynara, Flugapparat 321.
 — Flugorgane 317.
 Cynipiden, Heterogenesis 105.
 Cynips calycis, Galle, durch Ameisen geschützt 263.
 — glutinosa, klebrige Gallen 263.
 — Hartigii 102.
 — lucida 102.
 — Medusae, bewehrte Gallen 263.
 — Quercus mellariae 262.
 Cynoglossum, Blüthenschutz 233.
 — Klettapparat 387.
 — Verbreitungsmittel 396.
 — Wollkletten 381.
 — coccineum (Parasitismus) 15.
 Cyperaceen, Klettvorrichtungen 385.
 — Mycocecidien 40.
 — Spreizklimmer 130.
 — Träufelspitze 206.
 Cyperus, Ruthengewächse 179.
 — Verbreitung durch Wasservogel etc. 378.
 Cyphomyrmex 406. 417.
 Cypridilum, Blüthenbiologie 539.
 Cysticapnus, Flügelausrüstung 312.
 Cytinus (Parasitismus) 18.
 Cytisus, Blüthenbiologie 472.
 — Blüthenschutz 228.
 — Ruthengewächse 180.
 — Schlafbewegungen 192.
 — Spaltöffnungen in Furchen 169.
 — Zweigdornen 218.
- D.**
- Dactylis, Flügelausrüstung 313.
 Dactylococcus, Symbiose 91.
 Dahlia, Flugausrüstung 313.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 Dais, Flügelausrüstung 312.
 Dalbergia, Zweigklimmer 142.
 Dalea, Verbreitungsausrüstungen 399.
 — Wurzelknöllchen 40.
 Dalechampia, Linkswinder 135.
 Danthonia, Blüthenbiologie 549.
 Daphne, Blüthenbiologie 426. 449. 453.
 — Brennsaft 226.
 — Verbreitung durch Vögel 368.
 Darbietung von Honig, Blüthenstaub etc. 430.
 — von Material zum Nestbau, Obdach, Brutstätten 430.
 Darlingtonia, Fang geflügelter Thiere 67.
 Darwin's Theorie 553.
 Dasyllirion, Bewehrung 217.
 Dasynema, Milbenhäuschen 286.
 Dasypoda, Anpassungen 435.
 Datura, Blüthenbiologie 453.
 — Schutzstacheln der Früchte 219.

- Daucus, Klettfrüchte 391.
 — Mykorrhiza 38.
 — periodische Bewegungen d. Blütenstiele 197.
 — Verbreitungsmittel 397.
 — Xerochasia 298.
 Davallia, Spreizklimmer 130.
 Deckel der Nektarien 234.
 Deckelgallen 101.
 Deckhaare 172.
 Deeringia, Verbreitungsausrüstungen 395.
 Delechampia, Kletterer 127.
 Delostoma, Ameisenpflanzen 256.
 Delphinium, Blütenbiologie 443.
 Delpino's Anschauungen 556.
 Delucia, Klettapparat 390.
 Dendrobium, Blütenbiologie 527.
 — Capillitium 308.
 Dendrophthora 21.
 Dentaria, Rollschleuderer 335.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
 Depression 530.
 Descendenz 553 ff.
 Deschampsia, Bohrfrüchte 350.
 Desmodium, Heterokarpie 359.
 — Schlafbewegung 192.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Deutzia, Kleinheit der Samen 309.
 — Schneckenschutz 240.
 Diamesogame 427.
 Dianthus, Blütenbiologie 451.
 — Leimspindeln 230.
 — periodische Bewegungen d. Blütenstiele 197.
 Dicentra, Blattkletterer 138.
 — Blüthenschutz 233.
 Dichogamie 424.
 Dickkopffliegen, Anpassungen 438.
 Dictamnus, Leimspindeln 230.
 — Schneckenschutz 238.
 Dictyostelium 84.
 Didiscus, Verbreitungsmittel 397.
 Digestionshaare 171.
 Digestionstrichome 47.
 Digitalis, Blütenbiologie 516.
 Dimorphismus 493.
 Dimorphotheca, Heterokarpie 357.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 Diöcie 424.
 Diomorus und Feigen 114.
 Dionaea, Fleischverdauung 43.
 — Schlafbewegung 193.
 Dionaeatypus, Schlafbewegung 193.
 Dioscorea, Verbreitungsmittel 394.
 Dioscoreaceen, Ameisenpflanzen 246.
 — Ranker 145.
 Dioscoreen, Kletterpflanzen 127.
 — Verbreitungsmittel 394.
 Diphysis, Anpassungen 436.
 Diplachne, Blütenbiologie 547.
 Diplanthera, Ameisenpflanzen 256.
 Diplocarpon pluviale, Heterokarpie 356.
 Diplusodon, Flügelausrüstung 310.
 Dipsaceen, Blütenbiologie 488.
 — Schneckenschutz 240.
 Dipsacus, Blüthenschutz 229.
 Diptera, Anpassungen 438.
 Dipterenblumen 433. 451.
 Dipteroocarpaceen, Hakenkletterer 144.
 Dipterocecidien 98.
 Dipterygium, Verbreitungsmittel 397.
 Dischidia, Ascidien 69.
 Disjunctor 328.
 Ditopogamie 425.
 Dodecatheon, Bewegungen der Blüten- und Fruchtstiele 203.
 Dolichos, Blattbewegung 190.
 — Klettvorrichtungen 392.
 — Linkswinder 135.
 — Schlafbewegung 192.
 Domatiennmilben an den Samen 274.
 Domestication 548.
 Donacia 446.
 Dornen und Stacheln 216 ff.
 Dorstenia, Malakophilie 542.
 — Träufelspitze 206.
 Dorsteniaceen, Schleudervorrichtung 333.
 Dorycnemium, Wegschnellen der Samen 339.
 Draba, Haarkleid 171. 172.
 — Sternhaare 172.
 Dracontium, Blütenbiologie 542.
 Dracunculus, Blütenbiologie 540.
 Drosera, Fang- und Verdauungsorgane 48 ff.
 — elektrische Reizströme 50 ff.
 — Fütterungsversuche 53.
 — Kleinheit der Samen 309.
 — Schlafbewegung 193.
 Droseraceen (Fleischverdauung) 42.
 — Schlafbewegung 193.
 Drosophyllum, Thierfang und Digestion 74.
 Drosseln 368.
 Dryandra, Flügelausrüstung 310.
 — Spaltöffnungen in Grübchen 169.
 Dryas, Blüthenschutz 233.
 — Flugapparat 315.
 — Schutz gegen Nässe 170.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Drymaria, Klebausrüstung 380.
 Dryophanta 106 ff.
 Dryophora, Flugapparat 315.
 Dryospermum, Heterodistylie 494.
 Dulanga, behaarte Samen 315.

Duranta, Ameisennektarien 254.
 — Milbenhäuschen 276.
 Durio zibethinus, Verbreiter Zibethkatzen und Vögel 366.
 Duroia, Ameisendomatien 272.
 — Ameisenschutz 255.
 Düten 274.
 Duvalia, Schmetterlingsgalle 101.
 Dysgeogen 121.
 Dysoda, Acarodomatien 284.
 Dysparaphyten 124.
 Dystrope Besucher der Blumen 441.

E.

- Ebenaceen, Ameisenpflanzen 245.
 — Trüfelpitze 206.
 Ebenus, Bewehrung 218.
 Ecballium, Spritzvorrichtung 332.
 Eccremocarpus, Flügelausrüstung 310.
 317.
 Eodysanthera, Milbenhäuschen 285.
 Echinocactus, Dornen 218.
 — Oberflächenverringering u. Körperform 177.
 Echinocereus, Schneckenschutz 240.
 Echinocystis, Flügelausrüstung 312.
 Echinodiscus, Verbreitungsausrüstungen 399.
 Echinodorus, submerse Blätter 10.
 Echinopsilon, Klettapparat 387.
 — Verbreitungsmittel 395.
 Echinospermum, Klettapparat 387.
 — Verbreitungsmittel 396.
 — Wollkletten 381.
 Echiteae, Verbreitungsmittel 396.
 Echites, Milbenhäuschen 285.
 Echium, Blütenbiologie 512.
 — Mykorrhiza 38.
 — und Osmia 437.
 — Schutz 235.
 — Verbreitungsmittel 396.
 Ecitonarten, Raubzüge 265.
 Edwardsia, Verbreitungsausrüstungen 399.
 Eibe s. Taxus.
 Eiche s. Quercus.
 Eichelhäher 375.
 Eichen, Mykorrhiza 35.
 Eichengallen 100.
 Eichenvarietäten und -arten 1.
 Eichenwespen, parthenogenetische und geschlechtliche Generation 106.
 Eichhornia, Heterotristylie 497.
 Eichwaldia, haarige Verbreitungsausrüstung 314.
 Einbruchdiebstahl bei Blumen 260.
 262.
 — durch Hummeln 513. 445.
 Eingangsporten für Ameisen bei Cecropia 267.
 Einrollung der Blätter 196.
 Einseitige Liebhabereien der Bienen 437.
 Eintagsblüthen 164.
 Einzellebende Bienen, Anpassungen 437. 438.
 Eisenbahnen und Pflanzenverbreitung 382.
 Eisenbakterien 5.
 Ejaculation, simultane und succedane 329.
 Ekelblumen 433. 525. 540.
 Ektotrophe Mykorrhizen 35.
 Eläagnaceen, Wurzelknöllchen 39.
 Elaeagnus, Schülferhaare 173.
 Elaeocarpus, Acarodomatien 274. 282.
 — Milbenhäuschen 286.
 — Verschleppung 366.
 Elateriden und Blumen 439.
 Elaterium, Schleudervorrichtung 332.
 Elatine, Verbreitung durch Wasservögel etc. 378.
 Elodea, Blattform 6.
 — Blütenbiologie 546.
 — Ueberwinterung 7.
 — Verbreitung 300.
 Elymus, hüpfende und kriechende Früchte 350.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Elythranthe 20.
 Emex, Verbreitungsausrüstungen 395.
 — Wollkletten 386.
 Emodoraceen, Ameisenpflanzen 246.
 Empetraceen, Mykorrhiza 38.
 Empetrum, Mykorrhiza 38.
 — Schutz gegen Nässe 170.
 Empfindlichkeit gegen chemische Reize 123.
 Empfindung von Lichtintensitätsunterschieden 189.
 Empfindungsthätigkeiten niederer Organismen 557.
 Empiden, Anpassungen 438.
 Enantiostylie 426. 481.
 Encephalartos, Bewehrung 217.
 Encholirion, Verbreitungsausrüstungen 394.
 Endotrophe Mykorrhizen 38.
 Endospermum, Ameisendomatien 264.
 272.
 Enhalus, Blütenbiologie 546.
 Entada, Blattranker 141.
 — Flugorgane 317.
 — Treibfrüchte 296.

- Enten 295.
 Entomophile 428.
 Entomophilie 251.
 Entwässerung des Blattes 169.
 Enzym, Cellulose lösendes, der Parasiten 27.
 Eomyces 31.
 Epacrideen, Mykorrhiza 38.
 Ephedra, Spreizklimmer 129.
 — starke Transpiration 182.
 Epiblasteme 232.
 Epidendreen, Blütenbiologie 535.
 Epidendron, Ameisenschutz 249.
 — Blütenbiologie 527.
 Epilobium, Aussäung 308.
 — Blüthenschutz 233.
 — Haarschöpfe 314.
 — Säure ausscheidende Trichome 238.
 — Schneckenschutz 238. 241.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Epimedium, Leimspindeln 230.
 Epinastie 200.
 Epipactis, Blütenbiologie 527. 533.
 Epiphegus (Parasitismus) 14.
 Epiphyten 125. 209.
 Epipogon, Mykorrhiza 38.
 Episicidae, Verbreitungsmittel 396.
 Epurea silacea 231.
 Equisetum, Spreizklimmer 130.
 Eragrostis, Verbreitungsausrüstungen 393.
 Eranthemum, Sammetganz 206.
 Erbsen, Wurzelknöllchen 40.
 Erdbeere, Mykorrhiza 38.
 Erdbeeren, Verbreitg. durch Schnecken 366.
 — Verbreitung durch Pirole u. Waldhühner 373.
 Eremolepis 20.
 Eremurus, Blütenbiologie 511.
 Erianthus, Verbreitungsausrüstungen 394.
 Erica vagans, Serpentinpflanze 120.
 Ericaceen, Blüthenschutz 233.
 — Mykorrhiza 38.
 Erigeron, Konkurrenz um den Boden 121.
 Erineum 98.
 Eriodendron, haarige Verbreitungsausrüstung 314.
 Eriophorum, Flugapparat 316.
 Eriospermum, Haarschöpfe 314.
 Eriotheca, haarige Verbreitungsausrüstung 314.
 Eristalis, Anpassungen 438. 439.
 Erle s. Alnus.
 — Mykodomatien 39.
 Erlen, Hexenbesen 29.
 Ernährung durch Vermittelung der Pilze 34 ff.
 Erodium, Bewegungen der Blütenstiele 200.
 — Bewegungen der Blüten- u. Fruchtstiele 201.
 — Blütenbiologie 455 ff.
 — Blüthendimorphismus 448.
 — Blüthenschutz 230.
 — bodenstete Formen 120.
 — Bohrfrüchte 350.
 — verschiedene Blütenformen 457.
 Ervum, gamo- und karpotropische Bewegungen 207.
 Eryngium, Bewehrung 217.
 — Flügelausrüstung 312.
 — Steppenläufer 298.
 — Verbreitungsmittel 397.
 Eryngiumsteppen 219.
 Erysimum, Schneckenschutz 240.
 — Verbreitungsmittel 397.
 Erythraea, Blütenbiologie 504.
 — Verbreitung durch Wasservögel etc. 378.
 Erythrina, Ameisennektarien 247.
 Erythroxyton, Heterodistylie 494.
 Escallonia, schildförmige Drüsenhaare 174.
 Esche s. Fraxinus.
 Eschscholzia, Schleudervorrichtung 338.
 Essfeige 535.
 Etretria, Verbreitungsausrüstungen 396.
 Euboselliaee, Kletterer 127.
 Eubracion 20.
 Eucalyptus, Gallen 101.
 Eucera, Anpassungen 435.
 Euclidium, Klettvorrichtungen 393.
 Eucyrtandreae, Verbreitungsmittel 396.
 Eugenia, Acarodomatien 274. 283. 285.
 — Beschleunigung der Keimfähigkeit im Fledermausmagen 372.
 — caryophyllata, Vogelverbreitung 373.
 — und Fledermäuse 366.
 Eugeogen 121.
 Euparaphyten 124.
 Eupatorium, Blütenbiologie 491.
 — Lackirung 174.
 Euphorbia balsamifera, Schutz 235.
 — Contreadaption 236.
 — Dornen 218.
 — Klunkergallen 103.
 — periodische Bewegung der Blütenstiele 197.
 — Princip der Oberflächenverringering 177.
 — Schleudervorrichtungen 336.
 — Verbreitung durch Ameisen 377.
 — (Wirkung parasitärer Pilze) 30.
 Euphorbiaceen, Ameisendomatien 264.
 — Ameisenpflanzen 246.
 — Brennhaare 224.

- Euphorbiaceen, kletternde 127.
 — Lackirung 175.
 — Nopalgewächse 178.
 — Schlafbewegung 192. 193.
 — Schleudervorrichtung 336.
 Euphrasia, Blütenbiologie 516. 519.
 — Blüthenschutz 228.
 — Leimspindeln 230.
 — (Parasitismus) 12.
 Euphronia, Verbreitungsausrüstungen 399.
 Eurotia, Verbreitungsmittel 395.
 Eutrope Besucher der Blumen 440.
 Eversmannia, Dornen 218.
 Evonymus und Rothkehlchen 368.
 — Samen an langen Fäden 362.
 — Wurzelkletterer 131.
 Evolution 553.
 Excoecaria, Brennsaft 226.
 Excremente, Samenverbreitung durch 366.
 Exoacantha, Verbreitungsmittel 397.
 Exostemma, Acarodomatien 284.
 Explodirende Geschlechtstheile 472 ff.
 Explosion der Pollinien 536. 538.
 — des Pollens 487.
 — des Rostellums (*Listera*) 534.
- F.**
- Fabiana, Reduction der transspirirenden Flächen, Lackirung 175.
 Facultativer Parasitismus 26.
 Fadenhängende Samen 308.
 Fadenranker 144.
 Fagonia, Hygrochasia 297.
 Fagopyrum, Heterodistylie 494.
 Fagus, Blütenbiologie 523.
 — Gallen 98. 100.
 — Milbenhäuschen 280.
 — Seidenhaar junger Blätter 173.
 Falcaria auf Kalk- und Kieselboden 120.
 Fallugia, Verbreitungsausrüstungen 399.
 Fallzeit und -Bahn der Früchte und Samen 321 ff.
 Falten der Blätter, periodisches 194 ff.
 Faltenwespen, Anpassungen 434.
 Falter und Gentiana 503.
 Falterblumen 433. 449 ff. 493. 515. 518. 522.
 Falterthür 518.
 Farama, Acarodomatien 273. 284.
 — durch zwei Taubenarten verbreitet 372.
- Farbe und Geruch der Blumen 430.
 — und Wohlgeruch fleischiger Früchte 362.
 Farbenliebhaberei der Honigbiene 422.
 Farbensinn der Ameisen 259.
 Farbenwechsel bei Fruchtgenossenschaften 362. 365.
 — der Blumen 362. 493. 511.
 Farchonanthus, Wollfrüchte 315.
 Farne 289.
 — Ameisenpflanzen 246.
 — Ameisenschutz 248.
 — Einrollung der Blätter 196.
 — Hexenbesen 30.
 — Kletterer 127.
 — Schleudervorrichtung 331.
 — spreizklimmende 130.
 — Vitalität 196.
 — wurzelkletternde 131.
 Farsetia, Verbreitungsmittel 397.
 Fedia, Flugausrüstung 314.
 Feigen s. *Ficus* und 333.
 Feijoa, Blütenbiologie 485.
 Feilenhaare und Feilenborsten 239. 240.
 Feretia, Acarodomatien 284.
 Fernelia, Acarodomatien 284.
 Fernrohr zur blüthenbiologischen Beobachtung 431.
 Festuca alpestris, Bewehrung 216.
 — Mykorrhiza 39.
 Fettglanz der Laub- und Blumenblätter 176.
 Fettpflanzen 177.
 Ficaria, Bulbillen 300.
 — Glanz der Blätter 176.
 Fichten, Kermesgalle 103.
 Ficus, Blütenbiologie 112.
 — Gall- und Samenblüthen, Befruchtung durch Gallwespen, Caprification 112 ff.
 — ombrophil 205.
 — religiosa, Verbreitung durch Gewürztauben 370.
 — Verbreitung auf den Philippinen durch Nashornvögel 370.
 — Carica, Verbreitung durch *Muscicapa* und *Treron* 370.
 — Wurzelkletterer 131.
 Ficusarten durch Fledermäuse verbreitet 366. 376.
 — mit Träufelspitze 206.
 Fillaea, Verbreitungsausrüstungen 399.
 Filzgallen 98.
 Fixe Lichtlage 187.
 Flachsprosser 180.
 Flagellaria, Blattspitzenklimmer 188.
 Flechten 92 ff.
 Flechtengonidien 93.

- Fledermäuse als Bestäubungsvermittler 486.
 — als Fruchtverbreiter 365. 370.
 Fleischfressende Pflanzen 41.
 Fleischfressender Pilz mit Schlingenfalle 77.
 Fleischfresser mit Klebausrüstungen zum Thierfang 74.
 Fleischige Verbreitungsansrüstungen 360 ff.
 Fliegenblumen 448. 518. 522. 527. 539.
 Fliegenfallengewächse, Blütenbiologie 503.
 Fliegenschmäpper 370.
 Fliegenschwamm 222.
 Flora advena 388.
 Flügelanhängsel 309. 310 ff.
 Forestiera, Ameisenpflanzen 255.
 Formen des Saftmahles bei *Erodium* 464.
 Formica 376.
 Forskolea, Wollfrüchte 315.
 Forsteronia, Milbenhäuschen 285.
Fragaria, Bewegung der Blüten- und Fruchtstiele 202.
 — periodische Bewegung der Blütenstiele 197.
 — Schneckenschutz 237.
 — Verbreitungsansrüstungen 399.
Fragariatypus, gamo- u. karpotropische Bewegung 202.
Fragrosa, Ameisenschutz gegen Einbrüche 261.
Fragula, Verbreitung durch Vögel 373.
 Frankia Alni 39.
 — Brunchorstii 39.
 — Ceanothi 39.
 Fraxinus, Flügelausrüstung 311.
 — Milbenhäuschen 285.
 — Umwallungsgallen 100.
 — Verbreitungsmittel 396.
 Fremdbefruchtung 422.
 Freycinetia durch Fledermäuse befruchtet 486.
 Fridericia, Milbenhäuschen 285.
 Fritillaria, Blattspitzenklimmer 138.
 — Windverbreitung 310.
 Froelichia, Flugapparat 315.
 — Verbreitungsansrüstungen 395.
 Fruchtformen höherer Pilze 293.
 Frühlings, Wanderung des 149.
 Frullania und Räderthierchen 97.
 Fuchsia, Culturassen 553.
 — integrifolia, Spreizklimmer 129.
 — kletternde 127.
 — Schneckenschutz 241.
 — Verbreitungsansrüstungen 399.
 Fugosia, Verbreitungsansrüstungen 314. 398.
 Fuirena, Klettvorrichtung 385.
 Fumaria, Blattkletterer 137.
 — Blüthenschutz 233.
 Fumariaceen, gamo- und karpotropische Bewegung 201.
 Funkia, Samen an langen Fäden aufgehängt 308.
 Futterkörperchen der Ameisen 243. 268.
 Fütterungsversuche mit Vögeln 366.
- G.**
- Gaetnera, Milbenhäuschen 285.
 Gagea, Bulbillen 300.
 Gaillardia, Flugansrüstung 313.
 Galactia, Amphikarpie 354.
 Galanthus, Schneckenschutz 341.
 — Verbreitung durch Ameisen 377.
 Galeobdolon, Blütenbiologie 522.
 Galeola Saprophyten, Kletterpflanzen 126.
 Galeopsis, Ballisten 349.
 — Blütenbiologie 522.
 — Blüthenschutz durch Stacheln 232.
 — Höcker der Blumenkrone 234.
 Galium Aparine, Spreizklimmer 130.
 — Blütenbiologie 487.
 — Klettfrüchte 391.
 — Kuckucksgalle 103.
 — rotundifolium am Mittelmeer, behaart 172.
 — verum, Mykorrhiza 39.
 — Wollkletten 381.
 Galldimorphismus der Eichenwespen 106.
 Gallen, Fruchtähnlichkeit 109.
 Gallenmark 100.
 Gallen, myromekophile 262.
 — Schutz durch verästelte Dornhaare 263.
 — Schutz durch Klebstoff 263.
 — Schutzvorrichtungen 109.
 Gallenwurzeln 114.
 Gallen, zuckerabsondernde, von Ameisen mit Schutzmantel umgeben 263.
 Gallenzyme 105.
 Gallformen der Sommer- und Wintergeneration der Cynipiden 105.
 — Modification durch Inquilinen 105.
 Gallwespen 100 ff.
 — Anpassungen 434.
 Gamasus, Domatienmilben 275.
 Gamotropische Bewegungen 470.
 Ganosoma und Feigen 113. 114.
 Gardenia, Acarodomatien 284.
 Gasteromyceten, Verbreitungsmittel 303.

- Gastridium, Bohrfrüchte 350.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Gaura, Schneckenschutz 238.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
 Gaya, Blüthenschutz 228.
 Gayadendron 19.
 Gebrauch und Nichtgebrauch der Organe 553.
 Gedächtnissthätigkeit niederer Organismen 557.
 Gegenanpassungen 217. 235. 236.
 Geigeria, Hygrochasia 297.
 Geitonogamie 423. 426.
 Gemiedene und begehrte Pflanzen 210 ff.
 Gemen, Blüthenschutz gegen 228.
 Gemshörner 382.
 Gemüsepflanzen 549.
 Generationswechsel der Roste, abgekürzter 33.
 Genista, Blütenbiologie 472 ff.
 — Klunkergallen 103.
 — Schlafbewegungen 192.
 — Zweigdornen 218.
 Genlisea, Thierfang und Thierernahrung 62.
 Gentiana, Blütenbiologie 452. 503 ff.
 — Blüthenschutz durch Wasser 229.
 — Concurrenz um den Boden 121.
 — Flügelausrüstung 310.
 — Schneckenschutz 238. 239.
 Gentianaceen, Klettapparat 388.
 Gentianeen, Ameisenblasen 269.
 — Blütenbiologie 503 ff.
 — Haarschutz 232.
 — Windverbreitung 310.
 Geococcus, Amphikarpie 353.
 Georginen, Blüthenschutz durch Wohlgeruch 228.
 Geotropismus 204.
 Geraniaceen, Bewegungen der Blüten- und Fruchstiele 201.
 — Blütenbiologie 453 ff.
 — Drehranne 350.
 — Lackirung 175.
 — Schleudereinrichtungen und andere Sonderanpassungen der Früchte 340.
 Geranium, Bewegungen der Blüthentiele 200.
 — Bewegungen der Blüten- und Fruchstiele 201. 204.
 — Blütenbiologie 453 ff.
 — Leimspindeln 230.
 — Mantelgallen 99.
 — periodische Bewegungen der Blüthentiele 197. 204.
 — Schneckenschutz 238.
 Gerbereien, Pflanzenansiedelungen um 382.
- Gerbsäure, Schutz gegen Schnecken 237.
 Geruch des Laubes 223.
 Geschlechtsreize, secundäre 203.
 Geschmack und Mode 548. 557.
 Geselliges Vorkommen 209.
 Gesneriaceen, Flügelausrüstung 310.
 — Verbreitungsmittel 396.
 Geum, Blüthenschutz 233.
 — Filzgallen 98.
 — Flugapparat 315.
 — Klettvorrichtungen 391.
 — periodische Bewegung der Blüthentiele 197.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 — Vitalität 196.
 — Wollkletten 381.
 Gewohnheitsrassen 31. 32.
 Gewölle, Verbreitung der Samen durch 366.
 Gewürznelkenbaum, Vogelverbreitung 373.
 Gewürztaube und Muskatnuss 368.
 Gewürztauben 370.
 Gifte 220 ff.
 Giftpflanzen und Vögel 368.
 Giftpilze 220 ff.
 Gift- und Brennhaare 224.
 Gilia, Blütenbiologie 514.
 Ginalloa 20.
 Glaux, Verbreitung durch Wasservögel etc. 378.
 Gleditschia, Blattschlaf 190.
 Gleichenia, Spreizklimmer 130.
 Gliederhaare 172.
 Gloriosa, Blattspitzenklimmer 138.
 Glossogyne, Klettapparat 390.
 Glossostigma, Blütenbiologie 471.
 Glyceria, Verbreitung durch Wasservögel etc. 378.
 Glycine, Linkswinder 135.
 — Schlafbewegung 192.
 Glycyrrhiza, Schlafbewegung 192.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Gmelina, Ameisenschutz gegen Einbruch 261.
 Gnaphalium, Schneckenschutz 239.
 — Wollfilz 172.
 Gnettarda, Lackirung 175.
 Gochnacia, Lackirung 174.
 Godetia, Verbreitungsausrüstungen 398.
 Goldwespen, Anpassungen 434.
 Gomeza, selbststeril 527.
 Gomphocarpus, Blütenbiologie 500.
 Gomphrena, Flugapparat 315.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 Goodyera, Blütenbiologie 527.
 Gordonia, Flügelausrüstung 310.
 Gossypium, Ameisenektarien 247.

- Gossypium*, Ameisenschutz 253.
 — Aussäung 308.
 — haarige Verbreitungsrüstung 314.
 — Schlafbewegung 193.
 — Verbreitungsrüstungen 398.
Gouania, Flügelausrüstung 311.
 — Uhrfederranker 144.
Gouanieae, Kletterer 127.
 Grabwespen, Anpassungen 434.
 Gramineen, Blütenbiologie 546.
 — Flugausrüstung 313.
 — hüpfende und kriechende Früchte 350.
 — Kletten 383 ff.
 — periodisches Falten der Blätter 194 ff.
 — Schlafbewegungen 192.
 — Träufelspitze 206.
 — Verbreitungsrüstungen 393.
 Granatbäume und Blattschneider 266.
 Gräser, aromatische 223.
 — Blüten der 165.
 — mit Haarfilz 172.
 Grassteppen 80. 81.
 Greifbewegung d. Orchideenklebscheibe 530.
Grewia, Milbenhäuschen 286.
 Griffelbürstapparat 472. 479 ff.
 Griffelbürste der Compositen 489.
Grindelia, Firnissüberzug 176.
Gronovia scandens, Thierfang 76.
 Gross- und kleinblüthige Stöcke derselben Art 448.
 Grübchen 273.
Grumilea, Acarodomatien 284.
Guacharovogel 371.
Guaiacum, Schlafbewegungen 191.
Guilandina, Treibfrüchte 296.
 Gummibaum 112.
Gundelia, Verbreitungsmittel 396.
 — Windroller 326.
 Gundeliasteppe 219.
Gunnera, Symbiose mit Algen 96.
Guzmania, Haarschöpfe 314.
 — Verbreitungsrüstungen 394.
Gymnadenia, Blütenbiologie 453. 530.
 — Blüthenschutz durch Wohlgeruch 228.
Gymnetron 439.
Gymnobalanus, Milbenhäuschen 286.
Gymnogramme, Spreizklimmer 130.
Gymnospermen, spreizklimmende 129.
Gymnothrix, Verbreitungsrüstungen 394.
Gynerium, Verbreitungsrüstungen 393.
 Gynodimorphismus 424. 451.
 — Blütenbiologie 523.
 Gynodiöcie 424.
 Gynomonöcie 424.
Gynopachys, Milbenhäuschen 284.
Gypsophila acerosa, Stachelblätter 217.
Gyrocarpus, Flugausrüstung 313.
 — mehrfache Verbreitungsrüstung 359.

H.

- Haaramen 406. 415.
 Haarbekleidung in der Jugend 173.
 τ-Haare 172.
 Haarfilz 169.
 Haarflieger 318 ff.
 Haargitter und Haarreusen 232.
 Haarige und federige Gebilde 309 ff. 314 ff.
 Haarkleid 171.
 Haarschöpfe 273.
 — etc. 314.
Hablitzia tamoides, Blattstielklimmer 138.
Habzelia aethiopica, Brennsaft 225.
Haematoxylon, Schlafbewegungen 191.
 Hainbuche s. *Carpinus*.
 Hainbuchen, Hexenbesen 29.
Hakea, Wall der Spaltöffnungen 169.
 Hakenkletterer, Kletterorgane 143.
Halesia, Flügelausrüstung 311.
Halimodendron, Bewehrung 218.
Halictus 446.
 — Anpassungen 435.
 Halogeton, Verbreitungsmittel 394.
 Halophile Käfer 236.
 Halophyten 120.
 Halorrhagideen, Blütenbiologie 483.
 Hamamelidaceen, Milbenhäuschen 287.
 Hänfling 368.
Haplopappus, Lackirung 174.
Haplolophium, Milbenhäuschen 285.
 Haptotropismus 136.
Harpagophyton, Trampelkletten 381. 388.
 Haselhuhn 368.
 Haselnuss, Mykorrhizen 35.
 Häufung der Staubgefäße 234.
 — von Ausrüstungen 359.
 Haustorien 25.
 Hautflügler, Anpassungen 434.
 — (Cecidien) 98.
Hauya, Verbreitungsrüstungen 398.
 Heckenpflanzen 209.
Hedera, Blattdimorphismus 131.
 — Kletterer 127.
 — Luftwurzeln 115.
 — umbellifera, Treibfrüchte 296.
 — Verbreitung durch *Motacilla* etc. 373.

- Hedera, Wurzelkletterer 130.
 Hedysarum, Blüthenschutz 228.
 — Klettvorrichtungen 392.
 — Schlafbewegungen 191.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Heeria, Blütenbiologie 482.
 Heiden 82.
 Heleocharis, Verbreitung durch Wasservogel etc. 378.
 Heliampora, Thierfang und Fleischverdauung 68.
 Helianthemum, Blütenbiologie 470.
 — Büschelhaare 173.
 Helianthus, Ameisenbesuch 258.
 — Ameisenpflanzen 256.
 — Lackirung 174.
 Helichrysumarten, Schüttelkletten 390.
 Helicodiceros, Blütenbiologie 539.
 Heliocarpus, Wollfrüchte 315.
 Heliosperma, Flügelausrüstung 310.
 Helix 236.
 Helleboreen, Verbreitungsmittel 397.
 Helminthoecidien 98.
 Helophilus und Lythrum 496.
 Helosis (Parasitismus) 16.
 Hemiparasiten 12.
 Hemiptera 440.
 Hemiteles als Gallfeinde 263.
 Hemithelia, Myrmekophilie 248.
 Hemitrope Besucher der Blumen 440.
 Heriades, Anpassungen 436.
 Herkogamie 425.
 Herreria, Kletterer 127.
 Hesperis, Blütenbiologie 452.
 Heterandrium und Feigen 114.
 Heterobotrys paradoxa, windender Pilz 145.
 Heterocarpus, Amphikarpie 523.
 Heterodistylie 425. 487. 493.
 Heterodichogamie 425. 493.
 Heterokarpie 352. 356.
 Heteropappus, Heterokarpie 358.
 Heterophyllie 251.
 Heteropogon, Bohrfrüchte 350.
 — Kletten 385.
 Heterosmilax, Blatttranker 138.
 Heterospermum, Heterokarpie 358.
 — Klettapparat 390.
 — Verbreitungsmittel 395.
 Heterostylie 492 ff. 514. 515.
 Heterotheca, Heterokarpie 358.
 Heterotristylie 425.
 Heuschrecken 241.
 Hexaptera, Flügelausrüstung 312.
 — Verbreitungsmittel 397.
 Hexenbesen 29.
 Hibiscus, ornithophile Arten 486.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
 Hieracium, Gallen 103.
 Hieracium, Runzelgallen 99.
 — Umgrenzung der Arten 1.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 Hillia, Haarschöpfe 314.
 Himbeeren durch Motacilla und Pirole verbreitet 373.
 Hippocratea, Zweigklimmer 142.
 Hippocrepis, Blütenbiologie 476.
 — Schlafbewegungen 191.
 Hippomane, Brennsaft 226.
 Hippophaë, Dornen 218.
 — Schülferhaare 173.
 Hippuris, Schneckenschutz 238.
 Hirtella, Ameisenblasen 269.
 Hochinia, Heterodistylie 494.
 Hochmoore 83.
 Höckerameisen 406. 417.
 Höckerbildungen 234.
 Hohenackeria, Verbreitungsmittel 397.
 Holcus, Flügelausrüstung 313.
 — Mykorrhiza 39.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Holosteam, Bewegungen der Blütenstiele 200.
 — karpotropische Bewegung 338.
 — Leimspindeln 230.
 Holostome, Verbreitungsmittel 397.
 Homalantes, Schlafbewegung 193.
 Homalium, Flügelausrüstung 312.
 Homodichogamie 425.
 Homogamie 425.
 Honig 430.
 Honigbiene und Asclepiadeen 501.
 — Stellung in der Blumenwelt 422.
 Honigkrüge bei Marcgravia 485.
 Honigthau 115.
 Honigvögel 485.
 Hopea, Milbenhäuschen 285.
 Hoplia und Blumen 439.
 Hordeum, Kletten 384.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Hottonia, Blattform 6.
 — Heterodistylie 499.
 — hydrokarpische Bewegungen 203.
 — Winterknospen 7.
 Hoya, Blütenbiologie 500.
 — Linkswinder 135.
 Hulthemia, Verbreitungsausrüstungen 399.
 Hummelblumen 448. 513. 517. 518. 521. 527.
 Hummelthür 518.
 Humulus, Blütenbiologie 547.
 — Flügelausrüstung 313.
 — Honigthau 115.
 — Kletterer 127.
 — Kletthaare 135.
 — Rechtswinder 135.
 — Schneckenfrass 242.

- Humulus, Vorgang des Windens 132.
 Hüpfende und kriechende Früchte 349.
 Hura, Schleudervorrichtungen 336.
 Hyaenanthe, Schleudervorrichtung 336.
 Hyacinthus, Rassen 548.
 Hydnohytum, Ameisendomaten 265.
 — Ameisenschutz 255.
 — Epiphyten mit Beeren 372.
 Hydнора (Parasitismus) 17.
 Hydnoreen (Parasitismus) 17.
 Hydra, Symbiose 89.
 Hydrangea, Wurzelklettern 131.
 Hydrilla, Bewehrung 217.
 — Ueberwinterung 8.
 Hydrocharidaceen, Blütenbiologie 546.
 Hydrocharis, Schneckenschutz 238.
 — Ueberwinterung 8.
 — Wanderknospen 299.
 Hydrochore Ausrüstungen 288.
 — Ausrüstungen der Phenerogamen 294.
 Hydrodictyon 291.
 Hydrophilie 428.
 — Blütenbiologie 544.
 Hydrophyllaceen, Brennhaare 224.
 Hydrochasia 297.
 — sekundäre 298.
 Hygroskopische Drehungen 344 ff.
 Hygrophil 122.
 Hymenolichenen 95.
 Hymenoptera, Anpassungen 434.
 Hymenopterocecidien 98.
 Hyoscyamus, Verbreitungsmittel 396.
 Hypericaceen, Lackirung 175.
 Hypericum, Blüthenschutz 230.
 Hypodiscus, hüpfende und kriechende Früchte 350.
 Hypocist 18.
 Hyponastie 200.
 Hyptis, Klettapparat 387.
- I. J.**
- Jacaranda, Flügelausrüstung 310.
 — Milbenhäuschen 285.
 Jahrvogel 373.
 Jasiona, Blütenbiologie 491.
 Jasiona, Mykorrhiza 39.
 Jasminum, Milbenhäuschen 276. 285.
 Jatropha, Brennhaare 224 ff.
 — Schlafbewegung 193.
 Iberis, Blütenbiologie 488.
 — Flügelausrüstung 311.
 — Hydrochasia 297.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
 Ichneumoniden 256.
 Ichneumoniden als Schutzinsecten 262.
 Idioplasma 554.
 Jerichorosen, Hydrochasia 297.
 Igelskolben 10.
 Ilex, Acarodomaten 281.
 — und Vögel 371.
 Illegitime Anthese 426.
 Imbauba 266.
 Immergrüne Holzpflanzen temperirter Länder 187.
 Impatiens fulva durch Kolibris befruchtet 486.
 — Myrmekophilie 258.
 — Rollschleuderer 335.
 Imperata, Verbreitungsausrüstungen 394.
 Imperatoria, Flügelausrüstung 311.
 Indigofera, Blütenbiologie 476.
 — Reizbewegung 193.
 — Schlafbewegung 192.
 Individuen, Rasse und Art 550 ff.
 Infektionstüchtigkeit durch saprophyte Aufzucht 26.
 Inga, Ameisennektarien 247.
 — Reizbewegung 193.
 Insecten als Blumenzüchter 553.
 Insectenfalle 446. 484. 485.
 Insectenfressende Pflanzen 42.
 Insulationsmaxima 157.
 Inula, Blattsucculenz 178.
 — Firnisüberzug 176.
 Jonidium, Träufelspitze 206.
 Ipomoea, Ameisennektarien 247.
 — Ameisenschutz 254.
 — Linkswinder 135.
 Iresina, Verbreitungsausrüstungen 395.
 Irideen, Ameisenpflanzen 246.
 — Mykocecidien 40.
 — Schwertblätter 10.
 — Windverbreitung 310.
 Iridomyrmex 255.
 — Schutzameisen 265.
 Iris, Ameisenschutz 250.
 — Schutzscheide 170.
 — Windverbreitung 310.
 Isatis, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsmittel 397.
 Isolepis, Klettvorrichtung 385.
 — Verbreitung durch Wasservögel etc. 378.
 Isophanen 149.
 Isopogon, Wollfrüchte 315.
 Juglandaceen, Milbenhäuschen 287.
 Juglans, Blütenbiologie 523.
 — Filzgallen 98.
 — Schutzstacheln der Frucht 219.
 Juncaceen, Mykocecidien 40.
 Juncus, Gallquasten 103.
 — Samenverschleimung 298.

- Juncus*, Verbreitung durch Wasservogel etc. 378.
Jungermanniaceen(Symbiose mit Algen) 97.
Juniperus, Blütenbiologie 547.
 — Klunkergallen 103.
Jurinea, Ameisenpflanzen 256.
Jussieueae, Verbreitungsausrüstungen 398.
Justicia, Trüffelapparat 207.
Ixora, Lackirung 175.
- K.**
- Käfer und Blumen 439.
 Kaffee- und Blattschneider 266.
Kageneckia, Flügelausrüstung 310.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Kalipflanzen 120.
 Kalkflechten 93.
 Kalkincrustation 176.
 Kalkstete und kalkholde Pflanzen 120.
Kalmus, Blütenbiologie 542.
 — Phizome 7.
 — Schneckschutz 238.
 — Schwertblätter 11.
 Kampf ums Dasein 553.
 Kanalbildungen 234.
 Kaninchen 235.
 Kannenträger 63.
 Karpotropische Bewegungen 305.
 Karroformation 82.
 Kartoffeln, Variation 551.
 Kastanie, essbare Mykorrhizen 35.
 Kasuare 373.
 Kätzchenträger, Blütenbiologie 523.
 Keimfähigkeit der Samen von Wasserpflanzen nach Austrocknung 378.
 Keimplasma 554.
 Keimschläuche, Eindringen der 23.
Kennedy, Reizbewegung 194.
 — Schlafbewegung 192.
 — Variationsbewegungen 194.
 Kermesbeeren 371.
 Kermesgalle 103.
 Kerner's Transmutationstheorie 555.
Kerria, Trüffelapparat 207.
 Kesselfallen 503. 525. 535. 538. 539 bis 542.
 Kesselfallenblumen 433.
Kielmeyeria, Flügelausrüstung 311.
 Kieselalgen 288.
 Kieselpflanzen 120.
 Kirschen, Verbreitung 373.
Kitaibelia, Schleudervorrichtung 339.
 Klappenverschluss der Blüten 234.
 Klappfalle 533. 539.
 Klebfrüchte 379.
 Klebscheibe 528.
 — der Pollinien 503.
 Kleinheit der Samen 309 ff.
Kleinia, Oberflächenverringerung und Körperform 177.
 Kleistogamie 423. 427. 451. 514. 527. 547.
 Kleistokarpie 427.
 Klemmfalle, Asclepiadeen 498 ff.
 — *Apocynum* 505 ff.
 Klemmkörperchen 498 ff. 503.
 Kletterbrombeeren 130.
 Kletterpflanzen 124 ff.
 Kletterrosen 130.
 Klettvorrichtungen 380.
 — bei niederen Kryptogamen 403.
 Klimatische Veränderungen 555.
 Klunkergallen 103.
Knautia, Blütenbiologie 488.
 — Füllung der Blüten etc. durch Wirkung der Brandpilze 30.
 — Mykorrhiza 39.
 — und *Andrena* 437.
Knightia, Flügelausrüstung 310.
 Knöllchen 299.
 Knoppergallen 102.
 Knopperr 102.
 Knospen 299.
 Knospenschuppen, Harzüberzug 176.
Knowltonia, Brennsaft 226.
Kochia, Verbreitungsmittel 394.
Koelpinia, Verbreitungsmittel 395.
Koelreutera, Flügelausrüstung 312.
 Kohlensäuregehalt des Wassers 5.
 Kohlrabbildungen 407 ff.
 Kolbenschiefer 15.
 Kolibris 484.
Koniga, Sternhaare 172.
 Korallenerbsen 374.
 Körnchenflieger 318 ff.
Korthalsia, Ameisendomaten 264.
 — Ameisenschutz 250.
 Krallenhaken 137.
Krameria, Klettvorrichtungen 392.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
 Kreuzbefruchtung, Folgen 423.
 Kreuzung als Ursache erblicher Variation 555.
 — und Variation 550.
 Kröpfe der Bäume 29.
 Krümmungen der Blütenstiele und Fruchtknoten 197.
 — geo- und heliotropische 200.
 Kryptogamen, Klettvorrichtungen 403.
 — niedere, Kletterer 145.
 — parasitische 21 ff.
 — Schleudervorrichtung 327 ff.
 Kuckucksgallen 103.

Küchengewächse 549.
 Kugelkakteen 177.
 Kugelstrauch, Treibfrüchte 296.
 Kulturpflanzen der Ameisen 406 ff.
 Kylingia 80.

I.

- Labellum 527.
 Labiaten, Ballisten 349.
 — Blütenbiologie 522.
 — Blüthenschutz 230. 232.
 — Filz 172.
 — Mykorrhiza 39.
 Lackirung der Blätter etc. 173 ff.
 Lactuca, Compasspflanzen 180.
 — Milchexplosion 231.
 — orientalis, Dornen 218.
 — periodische Bewegung der Blütenstiele 197.
 Lagerstroemia, Blütenbiologie 488.
 Lagochilus, Dornen 218.
 Lagoecia, Flugapparat 316.
 — Verbreitungsmittel 397.
 Laguncularia, Ameisennektarien 247.
 Lagurus, Bohrfrüchte 350.
 Lamellicornia und Blumen 439.
 Lamium, Blütenbiologie 522.
 — Haarschutz 232.
 — Mimikry 209.
 Landpflanzen 3.
 Langsdorffia (Parasitismus) 15.
 Lantana Camara, Leichengeruch 223.
 Laplacea, Flügelausrüstung 310.
 Laportea, Schlafbewegung 193.
 Lappa, Schüttelkletten 381. 390.
 — Verbreitungsmittel 395.
 Lappago, Verbreitungsausrüstungen 394.
 Larinus 439.
 Larix, Aussämlung 308.
 — Mykorrhiza 35.
 Larrea, Lackirung 174.
 Larvenähnliche Früchte 357.
 Laserpitium, Verbreitungsmittel 397.
 Lasiagrostis, Flugapparat 316.
 — Verbreitungsausrüstungen 393.
 Lasiospermum, Verbreitungsausrüstungen 395.
 — Wollfrüchte 315.
 Lasius 376.
 Lathraea, Ernährung 71.
 — (Parasitismus) 13.
 — Schleudervorrichtung 339.
 Lathrophytum (Parasitismus) 16.
 Lathyrus, Amphikarpie 353.
 — Blütenbiologie 479.
 Lathyrus, gamo- und karpotropische Bewegungen 201.
 — Schlafbewegungen 191.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 — Wegschnellen des Samens 339.
 — Wurzelknöllchen 40.
 Laubabwerfende Gewächse 181.
 Laubblätter 186.
 Laubfall 181. 187.
 Laubmoose, allmähliche Verstäubung 304.
 — Schliessen der Blätter 195.
 Lauraceen, Acarophilie 275. 286.
 — (Parasitismus) 13.
 Laurus, Milbenhäuschen 286.
 — Pilzgallen 29.
 Lavandula, Blütenbiologie 471. 522.
 Leben 556.
 Lebermoose, Aussämlung 304.
 — und Räderthierchen 97.
 — Schleudervorrichtung 331.
 — Schneckenschutz 238.
 — Symbiose mit Algen 96. 97.
 Ledum, Kleinheit der Samen 309.
 — Schutz gegen Nässe 170.
 Leersia, Blütenbiologie 547.
 — Kletten, Verbreitung durch Vögel 295. 381. 384.
 Legitime Anthese 426.
 Leguminosen, Ameisendomaten 265.
 — Ameisenschutz 251.
 — Ameisenpflanzen 245.
 — Schlafbewegung 193.
 — Treibfrüchte 296.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Leguminosenwurzelknöllchen 40.
 Leimruthen von Pisonia, Sperlinge fangend 379.
 Lejeunia und Räderthierchen 97.
 Lemna 7.
 — Blütenbiologie 542. 543.
 — Wanderknospen 299.
 Lemnaceen, Blütenbiologie 543.
 Leontodon, Nicken der Blütenknospen 204.
 Leonurus, Haarschutz 232.
 Lepidium erinaceum, Dornen 218.
 — Hygrochasia 297.
 Lepidoptera, Anpassungen 434.
 Leptaspis, Kletten 383.
 Lepturiden und Blumen 440.
 Lespedeza, Reizbewegung 193.
 — Verschleppung 366.
 Leucaena, Schlafbewegung 192.
 Leucanthemum, Schneckenbefruchtung 542.
 Leucoium, Schneckenschutz 241.
 Leucosmia, Heterodistylie 494.
 Lianen 124 ff.

- Libanotis, Verbreitungsmittel 397.
 Ligustrum, Ameisenpflanzen 255.
 — Klunkergallen 103.
 — Milbenhäuschen 285.
 — Verbreitung durch Vögel 368.
 — Verbreitungsmittel 396.
 Liliaceen, Ameisenpflanzen 246.
 — Flügelausrüstung 310.
 — gamo- und karpotropische Bewegungen 201 ff.
 — kletternde 127.
 — Windverbreitung 310.
 Lilium, Ameisenschutz 250.
 — Blütenbiologie 452. 453.
 — Flügelausrüstung 310.
 — Haarschutz 232.
 — Windverbreitung 310.
 Limax 542.
 Limnanthemum, Blütenbiologie 504.
 — Heterodistylie 494.
 — hydrokarpische Bewegungen 205.
 — Kletten, Verbreitung durch Vögel 381. 388.
 — Verbreitung durch Vögel 295.
 Limnocharis, hydrokarpische Bewegungen 203.
 Limodorum, Ameisenschutz 249.
 Limosella, Verbreitung durch Wasservögel etc. 378.
 Linaceen, Hakenkletterer 144.
 Linaria, Amphikarpie 355.
 — Aussäung 306.
 — Bewegung der Blüten und Fruchtstiele 202.
 — Blütenbiologie 517.
 — Blüthenschutz 233.
 — cirrhosa, Blattstielklimmer 138.
 — Flügelausrüstung 310.
 — Mimikry 214.
 Linde s. Tilia.
 Linden, Filzgallen 98.
 — Mykorrhizen 35.
 Lindheimera, Flugausrüstung 313.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 Lindleya, Verbreitungsausrüstungen 399.
 Lindsaya, Wurzelkletterer 131.
 Linnaea, Blüthenschutz 230.
 — Klebausrüstung 380.
 Linsciera, Milbenhäuschen 285.
 Linum, Bewegungen der Blütenstiele 200.
 — Heterodistylie 494.
 — Klebausrüstung 379.
 — Leimspindeln 230.
 — periodische Bewegung der Blütenstiele 197. 204.
 Liquidambar, Flugapparat 316.
 — Milbenhäuschen 287.
 Liriodendron, Flügelausrüstung 311.
 — Milbenhäuschen 286.
 Listera, Blütenbiologie 527. 533. 534.
 — Leimspindeln 230.
 Lithospermum, Heterodistylie 494.
 — Verbreitungsmittel 396.
 Lüttonia, Blattspitzenklimmer 138.
 Loasa, Spreizklimmer 130.
 Loasaceen, Brennhaare 224.
 — Thierfang 76.
 Lobelia urens, Brennsaft 226.
 — ornithophile Arten 486.
 Lobeliaceen 488.
 — Windverbreitung 310.
 Lockapparat für Insecten, die den bestäubenden Kolibris und Honigvögeln als Lockspeise dienen 485.
 Lodoicea, Treibfrüchte 296.
 Loganiaceen, Hakenkletterer 144.
 — Milbenhäuschen 285.
 Loliumarten 1.
 Lomaria, Wurzelkletterer 131.
 Lonesia, Flugapparat 315.
 — Verbreitungsmittel 395.
 Lonicera, Acarodomatien 274. 282. 284.
 — Blütenbiologie 452. 487.
 — Blüthenschutz durch Wohlgeruch 228.
 — Mantelgallen 99.
 — Rechtswinder 135.
 Lophophytum (Parasitismus) 16.
 Loranthaceen 19.
 — kletternde Arten 126.
 Loranthus 20.
 — Verbreitung durch Vögel 371.
 Lotus, Blütenbiologie 476.
 — Gallen 103.
 — Mykorrhiza 39.
 — Schlafbewegungen 192.
 Lourea, Schlafbewegung 193.
 Löwen und Harpagophyton 388.
 Lucilia 439.
 Luculia, Milbenhäuschen 284.
 Luftsäcke 309 ff.
 Lunaria, Flügelausrüstung 310.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
 Lundia, Milbenhäuschen 285.
 Lupine, Wurzelknöllchen 41.
 Lupinus, Alkaloide 221.
 — Blütenbiologie 472. 476.
 — Schlafbewegungen 192.
 — Schleudervorrichtung 339.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 — Wegschnellen der Samen 339.
 Luvunga, Hakenkletterer 143.
 Luzula, Samenvernichtung 298.
 Lychnis, Antholysa 103.
 — Blütenbiologie 450.
 — Leimspindeln 230.

- Lycium barbarum*, Spreizklimmer 129.
 — Dornen 218.
Lycoperdon, Flugorgane 317.
Lycopodium inundatum, Mykorrhizen 39.
Lycopus, Blütenbiologie 522.
Lygaeum, Flugapparat 316.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
Lygodium, Kletterer 127.
 — windende Spindel 131.
Lysimachia, Bewegung der Blüten und Fruchtstiele 202.
 — Blütenbiologie 492. 517.
 — Blüthendimorphismus 448.
 — Schutz gegen zu rasche Transpiration 169.
 — und *Macropis* 437.
Lysionotus, behaarte Samen 315.
 — Verbreitungsmittel 396.
 Lythraceen, Blütenbiologie 483.
 — Flügelausrüstung 310.
 — Windverbreitung 310.
Lythrum, Befestigung am Keimboden durch Schleimhaare 351.
 — Blütenbiologie 496.
 — und *Cilissa* 437.
 — Verbreitung durch Wasservogel etc. 378.
- M.**
- Macaranga*, Ameisendomaten 264. 272.
 — Schanausrüstung der Samen 362.
 — *Machaerium*, Flugorgane 318.
Maclura 370.
Macropis, Sonderanpassung an Blumen 437.
 — und *Lysimachia* 492.
Maquis 82.
Magnolia, Samen an langen Fäden 362.
 Magnoliaceen, Milbenhäuschen 286.
Magydaris, Verbreitungsausrüstungen 397.
Mahurea, Flügelausrüstung 311.
Maieta, Ameisenblasen 269.
 — Ameisendomaten 265.
 Mais, Pilzgallen 29.
Maizilla, Verbreitungsausrüstungen 394.
Majanthemum, Mykorrhiza 39.
 Makrostyle Form 425.
 Malachiiden und Blumen 440.
Malachium, Bewegungen der Blütenstiele 200.
 — Blütenbiologie 451.
 — periodische Bewegung der Blütenstiele 197.
Malacophile 428.
 Malacophilie 542.
 Malaxeen, Blütenbiologie 535.
 Maldivische Nuss, Treibfrucht 296.
 Malopeae, Verbreitungsausrüstungen 398.
 Malpighiaceen, Ameisenpflanzen 245.
 — Kletterpflanzen 127.
 Malteserpilz (Parasitismus) 15.
Malva, Blüthendimorphismus 448.
 — Schlafbewegung 193.
 Malvaceen, Ameisenpflanzen 245.
 — Ameisenschutz 253.
 — haarige Verbreitungsausrüstung 314.
 — Klettvorrichtungen 392.
 — Schlafbewegung 192. 193.
 — Schleudervorrichtung 339.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
Malvaviscus, Verbreitungsausrüstungen 398.
 Malven, Blüthenschutz durch Wohlgeruch 228.
Mammillaria, Schneckenschutz 240.
Mandevilla, Milbenhäuschen 276.
Mangifera und Fledermäuse 365.
 Mango und Blattschneider 266.
 Mannflechten 300.
 Mannaregen 301.
 Mannigfaltigkeit, ursprüngliche, der Pflanzenformen 555.
 Mantelgallen 98.
Manulea, Klettapparat 387.
Maranta, Schlauchbewegung 192.
 — Verbreitung durch Tauben 368.
 Marantaceen, Schlafbewegungen 192.
 — losschnellende Samen 364.
 Marattiaceen, Mykorrhiza 39.
Marcgravia, Blütenbiologie 485.
 Marcgraviaceen, Ameisenpflanzen 245.
Margyricarpus, Flugausrüstung 313.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
Marica, absatzweises Blühen 164.
 Markgallen 100.
Marrubium, Klettapparat 387.
 — Wollkletten 381.
 Marsdenieen, Blütenbiologie 508.
Marsilea, Schlafbewegungen 191.
Martynia, Bewegung der Blüten- und Fruchtstiele 202.
 — Blütenbiologie 471.
 — Schleuderkletten 381. 387.
 Matestrauch 371.
Matricaria, Windverbreitung 310.
Mattia, Verbreitungsmittel 396.
 Maulbeere, Fleckenkrankheit durch *Septoria* in Folge von Honigthau 119.
Mayaca, Bedingungen der Keimfähigkeit 378.

- Mechanische Leistungen der Flugorgane 317.
- Medicago*, Blütenbiologie 472 ff.
 — Flügelausrüstung 311.
 — Ringelkletten 391. 392.
 — Schlafbewegungen 192.
 — Schneckenschutz 237.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 — Windroller 326.
- Meeresströmungen 296.
- Megachile*, Anpassungen 436.
 — und *Lythrum* 496.
 — Sonderanpassung an Blumen 437.
- Melampodium*, Flügelausrüstung 312.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
- Melampyrum*, Alkaloide 221.
 — Blütenbiologie 516. 518.
 — (Parasitismus) 12.
 — Verbreitung der Samen durch Ameisen 376.
- Melandryum*, Blütenbiologie 451. 452.
- Melanorhoa*, Flügelausrüstung 312.
- Melastomaceen, Ameisendomatien 265.
 — Ameisenpflanzen 246.
 — Blütenbiologie 525.
 — Lackirung 174.
 — Trüfelspitze 206.
 — Windverbreitung 310.
- Meliaceen, Schlafbewegung 193.
- Melica*, Verbreitungsausrüstungen 393.
- Meligethes* 446.
- Melilotus*, Blütenbiologie 472.
 — Mykorrhiza 39.
 — Schlafbewegungen 192.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 — Wurzelknöllchen 40.
- Melitaea* 432.
- Melittis*, Contrastfarben 513.
- Melittobile* 428.
- Melophorus* 263.
- Melocactus*, Dornen 218.
- Memecylon*, Ameisenschutz gegen Einbruch 261.
- Menispermaceen, Kletterpflanzen 127.
- Mentha*, Blütenbiologie 522.
 — *piperita*, Schneckenschutz 238.
 — *Pulegium*, am Mittelmeer behaart 172.
- Mentzelia ornata*, Thierfang 76.
- Menyanthes*, Blütenbiologie 504.
 — Heterodistylie 494.
 — Hydrokarpische Bewegungen 203.
 — Schneckenschutz 238.
- Mercurialis*, Schleudervorrichtung 336.
 — Trüfelspitze 206.
- Mertensia*, Heterodistylie 494.
- Mesembryanthemum*, Blütenbiologie 470.
 — Blüthenschutz 233.
- Mesembryanthemum* Eisperlen 178.
 — Hygrochasia 297.
 — durch Schafe verbreitet 366.
- Mesostyle Form 425.
- Mespilodaphne*, Milbenhäuschen 286.
 Methode der Auslaugung 237.
- Metrosideros*, Wurzelkletterer 131.
- Metrosiderogallen* 100.
- Meum*, periodische Bewegungen der Blütenstiele 197.
- Micrococcus*, Flugorgane 317.
- Microlicia*, Lackirung 174.
- Microphysca*, Ameisenblasen 265.
 — Ameisendomatien 269. 273.
- Micropus*, Klettvorrichtungen 388.
- Microtea*, Verbreitungsausrüstungen 398.
- Mikania*, Linkswinder 135.
- Milben (Cecidien) 98.
- Milbenhäuschen 273.
- Mikromelittophile 423.
- Mikroorganismen bei der Ernährung fleischfressender Pflanzen 69.
- Milchsaft 224.
 — zum Blüthenschutz 231.
- Milchsaftthaare 231.
- Mimikry 209. 376. 357.
- Mimosa*, Ameisennektarien 247.
 — Bewegung der Blätter zwischen die Schutzdornen 219.
 — kletternde 127.
 — Reizbarkeit, ombrophobes Laub 208.
 — Reiz- und Schlafbewegungen 189.
 — Schlaf- und Reizbewegungen 191.
- Mimosaceen, Wegschnellen der Samen 338.
- Mimosatypus*, Schlafbewegungen 191.
- Mimoseen, Ameisenpflanzen 245. 246.
 — Blattranker 141.
- Mimulus*, Blütenbiologie 471.
 — periodische Bewegung der Blütenstiele 193.
 — Samenverbreitung 296.
- Minuria*, Heterokarpie 358.
- Misteln 19. 379.
- Mitraria*, Milbenhäuschen 285.
- Mochaerium*, Verbreitungsausrüstungen 399.
- Modeblumen 548.
- Mochringia*, Blütenbiologie 451.
 — Verbreitung durch Ameisen 377.
- Mohlana*, Verbreitungsausrüstungen 398.
- Mollia*, Blütenbiologie 483.
- Momordica*, Schleudervorrichtung 332.
- Monachanthus* 536.
- Monarda*, Ballisten 349.
 — Blütenbiologie 522.
- Monimiaceen, Ameisenpflanzen 246.

- Monnina, Verbreitungsausrüstungen 398.
 Monocera, Milbenhäuschen 286.
 Monöcie 424.
 Monocotyledonen, Ameisenschutz 249.
 Monosexuelle Blüten 424.
 Monotropa, Blüthenschutz 231.
 — Kleinheit der Samen 309.
 — Mykorrhiza 35.
 — (Parasitismus) 13. 15.
 Monsonia, Bohrfrüchte 350.
 Monstera, Wurzelkletterer 131.
 Montia, Schlendervorrichtung 337.
 Montinia, Verbreitungsausrüstungen 398.
 Moore 83.
 Moose 289.
 — Vitalität 196.
 Moossteppen 80.
 Moraceen, Blütenbiologie 524.
 Mordelliden und Blumen 440.
 Morelia, Milbenhäuschen 284.
 Moriera, Dornen 218.
 Moringa, Brennsaft 226.
 — Flügelausrüstung 311.
 Moringeen, Ameisenpflanzen 245.
 Morisia, Geokarpie 355.
 Mormodes, Blütenbiologie 538.
 Moscharia, Flugausrüstung 313.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 Mühlenbergia, Ameisenschutz 254.
 Mühlenbeckia, Geokarpie 355.
 Müller'sche Körperchen 268.
 Mundia, Verbreitungsausrüstungen 398.
 Murraya, Reizbewegung 193.
 — Schlafbewegung 193.
 Musa, Verbreitung durch Affen und Vögel 368.
 Musaceen, Ameisenpflanzen 246.
 — farbiger Arillus 364.
 Musaenia, Flugausrüstung 313.
 Muscari (Castration parasitaire) 30.
 Muskatnuss, durch die Gewürztaube verbreitet 368.
 — Schauausrüstung 363.
 Musophagiden 368.
 Musschia, Porenkapseln 307.
 Mutisia, Blatttranker 142.
 Mutterkornpilz 264.
 Myagrum, Verbreitungsausrüstungen 398.
 Myanthus 536.
 Mycel (Polymorphismus) 27.
 Mykoecidien 29. 98.
 Mykophile 428.
 Mykoplasma 41.
 Mykodomatien 39 ff.
 Mykorrhizapilze 38.
 Mykorrhizen 34 ff.
 Myosotis, Blütenbiologie 513.
 — Klettapparat 387.
 Myosurus, Verbreitungsmittel 397.
 Myrica Gale, Mykodomatien 39.
 Myricaceen, Haarschöpfe 315.
 Myricaria, Haarschöpfe 315.
 Myriophyllum, Blattform 6.
 — Blütenbiologie 483.
 Myristica, Ameisendomatien 264. 272.
 Myristicaceen, Ameisenpflanzen 246.
 Myrmecocistus, lebende Honigbehälter 262.
 Myrmecodia, Ameisendomatien 265.
 — Ameisenschutz 255.
 — Epiphyten mit Beeren 372.
 Myrmecodomatien 243.
 Myrmecophilie 242 ff.
 Myrmecophobe Pflanzen 258.
 Myrmedona, Ameisendomatien 265.
 Myrmedone, Ameisenblasen 269. 273.
 Myrmedonia, Ameisenschutz 255.
 — Epiphyten mit Beeren 372.
 Myrmephytum, Ameisendomatien 265.
 — Ameisenschutz 255.
 — Epiphyten mit Beeren 372.
 Myrrhinium, Blumenblätter als Lockspeise 486.
 Myrtaceen, Blütenbiologie 485.
 — Flugapparat 315.
 — Milbenhäuschen 285.
 — Verticalstellung der Phyllodien 180.
 — Vogelverbreitung 372.
 — Wachsschicht 176.
 — Windverbreitung 310.
 Myxobacteriaceen 84 ff.

N.

- Nabelschwiele 376.
 Nachtfalterblumen 433. 448. 450. 451. 453. 527.
 Nachtschmetterlingsblume 503.
 Nachtschwärmerblumen 452. 453.
 Nadelblätter 217.
 Nägeli's Descendenztheorie 554.
 Najadeen, Blütenbiologie 544.
 Najas, Bewehrung 217.
 — Blütenbiologie 544.
 — (perennirende Wasserform) 4.
 Napflieger 318 ff.
 Narcissus, Schneckenschutz 241.
 Nardus, Bewehrung 216.
 Narthecium, Schutzscheide 170.
 Nashornvögel 370.
 Nasturtium, Kuckucksgalle 103.
 — Verbreitung durch Wasservögel etc. 378.

- Nasturtium Verbreitungsmittel 397.
 — (Wasserpflanzen) 10.
 Nathusia, Milbenhäuschen 285.
 Naturzüchtung 553.
 Nauclea, Ameisenpflanzen 255.
 — und Fledermäuse 366.
 — Milbenhäuschen 284.
 — Vögel und Fledermäuse 372.
 Nectarinia 485.
 Nektarien, extranuptiale 243.
 Nektarkragen 488.
 Nektarschutz 234.
 Nektarsecretion, verstärkt durch Ameisenbesuch 253.
 Nelken, Blüthenschutz durch Wohlgeruch 228.
 Nelkenpfeffer, Verbreitung durch Vögel 372.
 Nematolichenen 94.
 Nemognatha mit Schmetterlingsrüssel 440.
 Neottia, Blütenbiologie 533. 535.
 — Mykorrhiza 38.
 Nepenthaceen, Kannen zum Thierfang, Nektarsecretion, Verdauungssaft 63.
 — Kletterpflanzen 127.
 Nepenthes, Kleinheit der Samen 309.
 — Klettersprosse 138.
 Nephrolepis, Wurzelkletterer 181.
 Nerium, Blütenbiologie 509.
 — Haarschöpfe 314.
 Neslia, Verbreitungsmittel 397.
 Nessel, javanische, ostindische 225.
 Neuropeltes, Flugausrüstung 313.
 Neuroptera 440.
 Neuroterus 106 ff.
 Nicandra, gamo- und karpotropische Bewegungen 202.
 Nicotiana, durch Guacharovögel verbreitet 371.
 Nicotianeae, Verbreitungsausrüstungen 396.
 Nidularium, täuschende Aehnlichkeit mit Canistrum 214.
 Nigella, Blütenbiologie 443.
 — Flügelausrüstung 310. 312.
 — Nektariendeckel 234.
 Nigritella, Blütenbiologie 531.
 — Blüthenschutz 228.
 Nipapalme, Treibfrüchte 296.
 Nissolia, Linkswinder 135.
 — Schlafbewegung 192.
 Noë, Dornen 218.
 Nopalform 171.
 Nopalgewächse 177.
 — Bewehrung 218.
 Nostoc Gunnerae 96.
 — Schneckenschutz 240.
 Notothjxos 20.
 Notylia, Ameisenschutz 249.
 — selbststeril 527.
 Nudelpumpapparat 472. 476 ff.
 Nuphar, Bestäuber Donacia, Meligethes, Onesia 446.
 — hydrokarpische Bewegungen 203.
 — Samenverbreitung 295.
 — Schneckenschutz 239.
 Nüsse 375.
 Nutation, rotirende 132.
 Nuytsia 19.
 Nymphaea, hydrokarpische Bewegungen 203.
 — Samenverbreitung 295.
 — Schneckenschutz 239.
 Nymphaeaceen, Blütenbiologie 445 ff.
 — Rhizome 7.
 — Verbreitung durch Wasservögel 379.
 — (Wasserleben) 8 ff.
- O.**
- Oberflächenverringering 177.
 Obstbäume, Ameisenschutz, künstlicher 243.
 Obstsorten etc. 549.
 Ochroma, haarige Verbreitungsausrüstung 314.
 — Schlafbewegung 193.
 Ochsenhornakazie 269.
 Odina, Milbenhäuschen 286.
 Odontites (Parasitismus) 12.
 Odontospermum, Hydrochasia 297.
 Oecodoma (Blattschneideameisen) 248.
 Oenanthe, Blattform 6.
 Oenothera, Blumenbiologie 453.
 — säureausscheidende Trichome 238.
 — Schneckenschutz 238.
 Oidien 293.
 Okenia, Geokarpie 355.
 Oedemeriden und Blumen 440.
 Öffnen der Früchte 308.
 — und Schliessen, periodisches, der Blütenknospen 165.
 Oelpflanzen 549.
 Olax, Hakenkletterer 143.
 Olea, Ameisenpflanzen 255.
 — Milbenhäuschen 285.
 — Verbreitungsmittel 396.
 Oleaceen, Acarophilie 275.
 — Ameisennektarien 245.
 — Uhrfederranker 144.
 — Ameisenpflanzen 255.
 — Milbenhäuschen 285.
 — Fadenranker 144.
 — Verbreitungsmittel 396.
 Oleander 509.

- Oleandra, Wurzelkletterer 131.
 Olearia, Lackirung 174.
 Oligodynamische Erscheinungen 123.
 Oliveria, Verbreitungsmittel 397.
 Ombrophile und ombrophobe Sprosse 208.
 Ombrophytum (Parasitismus) 16.
 Omphalodes, Verbreitungsmittel 396.
 Onagraceen, gamo- und karpotropische Bewegungen 201.
 — Schneckenschutz 238. 241.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
 Oncidium, Blütenbiologie 249.
 — Blütenbiologie 535.
 — Blüthendimorphismus 537.
 — selbststeril 527.
 Oncus, Verbreitungsmittel 394.
 Onesia 446.
 Onobrychis, Blütenbiologie 472. 473.
 — cernuta, Dornen 218.
 Ononis, Blütenbiologie 476. 478. 479.
 — Schlafbewegungen 192.
 Ophioglosse, Mykorrhiza 39.
 Ophioxyleae, Verbreitungsmittel 396.
 Ophrys, Blütenbiologie 527. 532.
 Optismenos, Kletten 384.
 Opuntia, Blütenbiologie 471.
 — Schneckenschutz 240.
 — Verbreitung durch Vögel 368.
 Opuntien, Blattdornen 218.
 — Nopalgewächse 178.
 Orangen und Blattschneider 266.
 Orchideen, Ameisenschutz 246. 249.
 — Blattsucculenz 178.
 — Blütenbiologie 452. 526 ff.
 — Capillitium 308.
 — epiphytische, Trüfelspitze 206.
 — Kleinheit der Samen 309.
 — kletternde 127. 131.
 — Mykorrhiza 38.
 — Sammetglanz 206.
 — Schneckenschutz 241.
 Orchis, Blütenbiologie 528.
 — Mykorrhiza 38.
 Oreodaphne, Milbenhäuschen 286.
 Origanum, Blütenbiologie 522.
 Orlaya, Blütenbiologie 488.
 — Klettfrüchte 391.
 — Verbreitungsmittel 397.
 Ornithocephalus, Blütenbiologie 535.
 Ornithophile 428.
 Ornithophilie 434 ff.
 Ornithopus, Verbreitungsausrüstungen 399.
 — Wurzelknöllchen 40.
 Orobanche, Kleinheit der Samen 309.
 — (Parasitismus) 15.
 Orobancheen (Parasitismus) 14.
 — Windverbreitung 310.
 Orobus, Amphikarpie 353.
 — Wegschnellen der Samen 339.
 Oroxylon, Flugapparat 325.
 Ortgiesia und Vriesea, täuschende Ähnlichkeit 215.
 Orthoptera 440.
 Orychanthus 20.
 Oscillariaceen 289.
 Osmia, Anpassungen 436.
 — Sonderanpassungen an Blumen 437.
 — und Echium 512.
 — und Viola 448.
 Osteospermum, Verbreitung durch den Darmkanal 372.
 — Verbreitungsmittel 396.
 Ostrya, Blütenbiologie 523.
 — Flugausrüstung 313.
 Othona, Heterokarpie 357.
 Otostegia, Dornen 218.
 Oxalideen, Biologie der unterirdischen Organe etc. 182 ff.
 Oxalis, Amphikarpie 355.
 — Bewegung der Blütenstiele 198.
 — Blattbewegungen 190. 193.
 — Heterodistylie und Heterotristylie 497.
 — Mykorrhiza 38.
 — periodische Bewegung der Blütenstiele 197. 204.
 — Quetschschleuderer 334.
 — Schneckenschutz 238.
 Oxalistas, gamo- und karpotropische Bewegung 200. 204.
 Oxybaphus, Flugausrüstung 313. 314.
 Oxyccoccus, Schutz gegen Nässe 170.
 Oxyrrhamphus, Verbreitungsausrüstungen 399.
 Oxyria, Verbreitungsausrüstungen 311. 395.

P.

- Pachyptera, Ameisenpflanzen 256.
 Paeonia, Ameisenschutz 253.
 — Schauausrüstung der Frucht 362.
 Pagamea, Milbenhäuschen 285.
 Palicourea, Milbenhäuschen 284.
 Paliurus, Flügelausrüstung 311.
 — Milbenhäuschen 285.
 Palmen, Ameisendomatien 264. 265.
 — Ameisenpflanzen 246.
 — Trüfelspitze 206.
 — Treibfrüchte 296.
 Palmroller 366.
 Panicum, Verschleppung 366.
 Papageitauben 370.
 Papaver, Flugorgane 317.

- Papaver, periodische Bewegung der Blütenstiele 197. 204.
 — Porenkapseln 307.
 Papaveraceen, Bewegungen der Blütenstiele 200.
 — Blütenbiologie 445.
 — gamo- und karpotropische Bewegungen 201. 204.
 — Windverbreitung 310.
 Papiermaulbeerbaum 524.
 Papilionaceen, Ameisenpflanzen 245.
 — Blattranker 138.
 — Blütenbiologie 471 ff.
 — gamo- und karpotropische Bewegungen 201.
 — Kletterpflanzen 127.
 — mit Haarfilz 172.
 — Mykorrhiza 39.
 — paraheliotropische Bewegungen 190.
 — Ruthengewächse 180.
 — Schneckenschutz 238.
 — Träufelspitze 206.
 — und Osmia 437.
 — Wollkletten 391.
 Pappeln, Heterophylie und Ameisenschutz 251.
 — (Kröpfe und andere Pilzgallen) 29.
 — Mykorrhizen 35.
 Pappelroste 33.
 Pappophorum, Flugapparat 316.
 Pappus 316.
 Papricaschoten, Brennsaft 225.
 Paradoxurus 366.
 Paramignya, Hakenkletterer 143.
 Parasiten 11 ff.
 Parietaria, Blütenbiologie 525.
 — Pollenexplosion 261.
 Paris, Blütenbiologie 532.
 — Mykorrhiza 39.
 Paritium, Ameisennektarien 247.
 Parnassia, Blütenbiologie 470.
 — Blütenschutz 228.
 — Kleinheit der Samen 309.
 Parochetus, Schlafbewegungen 192.
 Paronychia, Windroller 326.
 Pasania, Blütenbiologie 523.
 Paspalum, Kletten 385.
 Passiflora, Ameisennektarien 247.
 — Blütenreusen 232.
 Passifloraceen, Ameisenpflanzen 245.
 — Blütenbiologie 484.
 — Kletterpflanzen 127.
 Pastinaca, Schneckenschutz 240.
 Paternostererbsen 374.
 Patrinia, Flugausrüstung 313.
 Paulownia, Aussäung 308.
 Pavetta, Milbenhäuschen 284.
 Pavonia, Klettvorrichtungen 392.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
 Pechnelke, Leimspindeln 230.
 Pedalineen, Ameisennektarien 245.
 Pediaispis 106 ff.
 Pedicularis, Blütenbiologie 516. 518. 519.
 — Parasitismus 12.
 Pelargonien, Culturrassen 553.
 Pelargonium, Bewegungen der Blüten- und Fruchtstiele 201.
 — Bohrfrüchte 350.
 Pelogen 121.
 Peltaria, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsmittel 397.
 Pennisetum, Flugapparat 316.
 — Träufelspitze 206.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Pensées-Rassen 548.
 Pentaptera, Flügelausrüstung 311.
 Pentastomum, Schlagbaumbildung 234.
 Peperomia, Spaltöffnungen 169.
 Peperomien und Fledermäuse 365.
 Peplis, Befestigung am Keimboden durch Schleimhaare 351.
 Periodischer Wechsel des Klimas 555.
 Periplocoideen, Blütenbiologie 503.
 Periploca, Ruthengewächse 179.
 Peristom 304.
 Peronosporaceen 289.
 Perrückenstrauch, Flugapparat 316.
 Persica, Ameisenschutz 252.
 — Blütenschutz 233.
 Peristylus, Blütenbiologie 530. 533.
 Petalidium, Lackirung 174.
 Petasites, Blattfilz 169.
 — Blütenbiologie 491.
 — Schneckenfrass 242.
 Petastoma, Milbenhäuschen 285.
 Petermannia, Fadenranker 145.
 Petrophila, Wollfrüchte 315.
 Peucedaneae, Verbreitungsmittel 397.
 Pfefferarten, Brennsaft 226.
 Pfefferbaum, äthiopischer, Brennsaft 225.
 Pfeifenstrauch 525.
 Pflanzenkalender 146 ff.
 Pflanzenläuse (Honigthau) 115.
 Phaca, Blütenbiologie 476.
 — Schlafbewegungen 191.
 Phaenologie 146 ff.
 Phalaris, Flugausrüstung 313.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Phalloideen u. ihre Insectenverbreitung 305.
 Pharbitis, Ameisenschutz 254.
 — Linkswinder 135.
 Pharus, Kletten 384. 385.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Phaseoleen, Ameisenschutz 251.

- Phaseolus, Blattbewegungen 190.
 — Blütenbiologie 472. 473. 479. 480.
 — gamo- und karpotropische Bewegungen 201.
 — Linkswinder 135.
 — Schlafbewegung 192.
 Phelipaea (Parasitismus) 15.
 Phellandrium, Blattform 6.
 — Verbreitung durch Wasservogel etc. 377.
 Phellodendron, Träufelapparat 207.
 Phelocarpus, Verbreitungs-ausrüstungen 399.
 Philadelphus, Kleinheit der Samen 309.
 Phillyrea, Milbenhäuschen 285.
 Philodendron, Blütenbiologie 540.
 Phlomis, Aktinienhaare 173.
 — Haarschutz 232.
 — Windrollei 326.
 Phlox, Blütenbiologie 514.
 Phoradendron 21.
 Phragmites 11.
 — Flugapparat 316.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 — Wahlvermögen 119.
 Phryganagestrüppe 218.
 Phrygilanthus 19.
 Phrynum, Geokarpie 355.
 — Schlafbewegung 192.
 Phthirusa 20.
 Phycococcidien 98.
 Phycolichenen 94.
 Phygelius, Bewegungen der Blüten- und Fruchtstiele 203.
 — Blütenschutz 233.
 Phylakteriologie 2.
 Phyllanthus, Flachsprosser 180.
 — Reizbewegung 193. 194.
 — Schlafbewegung 192.
 Phyllanthustypus, Schlafbewegung 192.
 Phyllarthron, Lackirung 174.
 Phyllerium 98.
 Phylloiden und Phyllocladien 180.
 Physalis, Flug-ausrüstung 313.
 — mehrfache Verbreitungs-ausrüstungen 359.
 Physothorax und Feigen 114.
 Phyteuma, Blütenschutz 228. 233.
 — Gallen 103.
 — Porenkapseln 306.
 Phytocreneen, Fadenranker 145.
 Phytolacca, Beeren und Vögel 368. 371.
 — Verbreitungs-ausrüstungen 398.
 Phytolaccaceen, Verbreitungs-ausrüstungen 398.
 Phytoptococcidien 98.
 Phytozoen 89.
 Picea, Blütenbiologie 523.
 — Flügelausrüstung 311. 318.
 — Misteln 370.
 — Mykorrhizen 35.
 Pilea, Blütenbiologie 525.
 Pilostyles Haussknechtii 18.
 Pilzblumen 303.
 Pilze (Chemotropismus) 23.
 — mit Lacküberzug 176.
 — Nektarsecretion 264.
 — und Schnecken 236.
 — Wirkung von Contactreizen 23.
 Pilzfresser 41.
 Pilzgallen 29.
 Pilzgärten der Ameisen 406 ff.
 Pilzparasitenkeimung 23 ff.
 Pimenta und Vögel 372.
 Pimpinella, Verbreitungsmittel 397.
 — Wundverbreitung 310.
 Pinellia, Blütenbiologie 542.
 Pinguicula-Arten, Insectenfang und Digestion 55.
 Pinillosia, Klettapparat 390.
 Pinus, Aussäung 308.
 — Blütenbiologie 523.
 — Cembra, Verbreitung durch Tannenhäher 375.
 — Flügelausrüstung 311.
 — Flugorgane 318.
 — Misteln 370.
 — Mykorrhizen 35.
 — Pinaster, Mykorrhizen 35.
 Piper, Milbenhäuschen 276.
 — Träufelapparat 207.
 — Wurzelkletterer 131.
 Pirola, Blütenschutz durch Wohlgeruch 228.
 — Kleinheit der Samen 309.
 Pirus, Trichome jugendlicher Organe 173.
 Pisonia, Klebfrüchte 379.
 — Spreizklammer 129.
 Pistia, Bedingungen der Keimfähigkeit 379.
 Pisum, Blütenbiologie 473. 479.
 — gamo- und karpotropische Bewegungen 201.
 — Honigbau 115.
 — Ranken 139 ff.
 — Wurzelknöllchen 40.
 Pitcairnia, behaarte Samen 315.
 — Flugorgane 314.
 — Verbreitungs-ausrüstungen 394.
 Pithecoctenium, Ameisenpflanzen 256.
 — Flugapparat 325.
 Pithecolobium, Reizbewegung 194.
 — Samen (Regenbäume) 115.
 — Schlafbewegungen 191.
 — Verschleppung durch Rinder und Pferde 366.

- Plantae Aubletianae 265.
 — Beccarianae 265.
 Plantagineen mit Haarfilz 172.
 Plantago, Blütenbiologie 547.
 — Geokarpie 355.
 — Heterodistylie 494.
 — media, Mykorrhiza 39.
 — Windroller 326.
 Platanaceen, Milbenhäuschen 287.
 Platanthera, Blütenbiologie 530. 531.
 — Blüthenschutz durch Wohlgeruch 228.
 — Mykorrhiza 38.
 — Sporn 234.
 Platanus, Wollfrüchte 315.
 Plattendrehflieger 318 ff.
 Platyspermum, Flügelausrüstung 310.
 — Verbreitungsmittel 397.
 Plectogyne, Blütenbiologie, Kesselfalle 525.
 Plectronia, Milbenhäuschen 284.
 Pleomorphismus, sexueller (Feigen, Catasetum etc.) 535.
 Pleurospermum, Verbreitungsmittel 397.
 Pleurothyrium, Ameisendomaten 272.
 Plumbago, Brennsaft 226.
 — Klebfrüchte 379.
 — Rechtswinder 135.
 Plumeria, Verbreitungsmittel 396.
 Plumieria, Milbenhäuschen 285.
 Poa, Flügelausrüstung 313.
 — Scheitelhaargallen 114.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Pocockia, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Pogomyrmex 377.
 Pogonopsis, Verbreitungsausrüstungen 394.
 Poincinia, Schlafbewegung 192.
 Polemoniaceen, Blattanker 141.
 — Blütenbiologie 513.
 Polemonium, Blütenbiologie 514.
 — periodische Bewegung der Blütenstiele 197.
 Polistes 433.
 Pollen aus algenähnlichen Schläuchen bestehend 544.
 Pollenblumen 432. 517.
 — mit Arbeitsteilung 480.
 Pollendurchfeuchtung 493.
 Pollensammelapparat 435. 436.
 Pollensammelnde Apiden 436.
 Pollenschleudern 524.
 Pollinien 498 ff. 503.
 Pollinium, Pollinarium 527.
 Polybotrya, Wurzelkletterer 181.
 Polycnemum, Verbreitungsausrüstungen 395.
 Polygala, Amphikarpie 355.
 — Blütenbiologie 480.
 — Konkurrenz um den Boden 121.
 — Flügelausrüstung 313.
 — Klettvorrichtungen 392.
 — Schneckenschutz 238.
 — Verbreitung durch Ameisen 377.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
 Polygaleen, Verbreitungsausrüstungen 398.
 Polygamie 424.
 Polygoneen, Ameisendomaten 265.
 — Ameisenpflanzen 246.
 — Ameisenschutz 254.
 — Verbreitungsausrüstungen 386. 395. 400 ff.
 — Winder, Spreizklimmer, Fadenranker 145.
 Polygonum amphibium, Blüthenschutz 230.
 — — Schwimmblätter und Landform 10.
 — Amphikarpie 355.
 — Ballisten 349.
 — chinense, Beeren durch Vögel verbreitet 37.
 — — (Krebs- und Fruchtgallen des Ustilago Treubii) 29.
 — Flügelausrüstung 311.
 — Kletten, Verbreitung durch Vögel 381.
 — Kletternde Arten 127.
 — Rechtswinder 135.
 — Rhizome 7.
 — Schutz gegen zu hohe Transpiration 169.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 Polygonumarten in Stachelrasen 218.
 — Verbreitung durch Wasservögel etc. 377.
 Polymorphismus der Verbreitungsorgane der Algen 291.
 Polyöcie 424.
 Polypodiaceen, Träufelspitze 206.
 Polypodium, Ameisenschutz 249.
 — quercifolium, Ameisenschutz 248.
 Polypompholyx, Klappenfallen 61.
 Polysphondylium 84.
 Polytrichum, Aussäuerung 305.
 Pomaderis, Spaltöffnungen 169.
 Pongamia, Verbreitung durch Vögel 374.
 Populus, Ameisenschutz 250.
 — Aussäuerung 308.
 — Behaarung junger Blätter 173.
 — Blütenbiologie 523.
 — Filzgallen 98.
 — fixe Lichtlage 188.
 — Haarschöpfe 314.

- Populus*, Lackirung junger Blätter 176.
 — *nigra*, Blattstielgallen 106.
 — *Tremula*, Gallen 101.
 Porenkapseln 306.
Porlieria, Schlafbewegungen 191.
 — Wetterpflanze 190.
 Port Juvenal 382 ff. 387 ff.
Portulaca, Blütenbiologie 470.
 — Schlafbewegungen 192.
 Portulacaceen, Bewegung der Blüten- und Fruchtsiele 201.
 — Schlafbewegungen 192.
Posoqueria, Blütenbiologie 452. 487.
Potamogeton, Blütenbiologie 544. 547.
 — Rhizome 7.
 — Schneckenschutz 238.
 — Ueberwinterung 8.
 — Verbreitung durch Wasservogel etc. 377.
Potentilla anserina, Verbreitung durch Gänse 374.
 — Blüthenschutz 233.
 — Büschelhaare 173.
 — Gallen 103.
 — periodische Bewegung der Blüthensiele 197.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
Potentillaarten 1.
Poterium, Schneckenschutz 237.
 — *spinosum*, Dornen 218.
Pourretia, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
Primula, Blüthenschutz 230.
 — gamotropische und karpotropische Bewegung 201.
 — Mykorrhiza 38.
 — Wachsüberzug 169.
 Primulaceen, Absorption stickstoffhaltiger Nahrung 76.
 — Blütenbiologie 492.
 Primulaceentypus, gamo- und karpotropische Bewegung 201.
 Primularassen 549.
Pringlea, Rückkehr zur Anemophilie 442.
Priva, Klettapparat 387.
Prosopis, Anpassungen 435.
 — Verschleppung 366.
Protea, Wall der Spaltöffnungen 169.
 Proteaceen, Verticalstellung der Phyllo-
 lodien 180.
 — Wollfrüchte 315.
 Proterandrie 424. 453 ff. 488. 523. 547.
 Proterogynie 424. 460. 524. 525. 547.
Prunella, Konkurrenz um den Boden 121.
Prunus, Ameisenschutz 252.
 — Blütenbiologie 449.
Prunus, Dornen 218.
 — Milbenhäuschen 280.
 — *spinosa*, Beutelgallen 99.
 — Verbreitung durch Vögel 373.
 Psammogene 121.
 Pseudodystrope Apiden 441.
 Pseudomyrmex, Schutzameisen 265.
 Psidium, Milbenhäuschen 276.
Psittacanthus 20.
Psoralea, Reizbewegung 193.
 Psychophile 428.
Psychotria, Acarodomatien 273. 280.
 — Guaraohvögel 372.
 — Milbenhäuschen 284.
Ptelea, Flügelausrüstung 311.
 — Flugorgane 317.
Pteranthus, Flügelausrüstung 314.
Pteridium, Ameisenschutz 248.
 — Contreadaption 249.
 — Hexenbesen durch Pilze 30.
Pterocarpus, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
Pteroneurum, Verbreitungsausrüstungen 398.
 — Rollschleuderer 335.
Pterostegia, Verbreitungsausrüstungen 395.
 Pterygota, Flügelausrüstung 310.
Ptiloglossa, Anpassungen 436.
Ptychosperma, Brennsaft der Frucht 226.
Pugionium, Verbreitungsausrüstungen 398.
Pulicaria, Leimspindeln 280.
Pulmonaria, Blütenbiologie 449. 511.
 — und *Osmia* 437.
 — Verbreitungsmittel 396.
Pulsatilla, Flugapparat 315.
 — Verbreitungsmittel 397.
Pultenaea, Reizbewegung 193.
 — Schlafbewegungen 192.
Pultenaeatypus, Schlafbewegungen 192.
 Pupalia, Kletten 386.

Q.

- Quamoclit, Ameisenschutz 254.
 — Linkswinder 135.
Quercus, Acarodomatien 273. 286.
 — *Austriaca*, Cacidomyiagalle 101.
 — Blütenbiologie 523.
 — Honigthau 115.
 — Milbenhäuschen 276.
 — Misteln 371.
 — Robur-Varietäten 1.

- Quercus undulata*, myrmekophile Gallen (durch *Myrmecocistus* geschützt) 262.
Quillaia, Flügelausrüstung 310.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
- R.**
- Radieschen, Variation 551.
Radula und Räderthierchen 97.
Rafflesia (*Arnoldi* und *R. Patma*), Parasitismus, Blütenbau 18.
 — Samenverbreitung durch Elefanten 18.
Rafflesiaceen, Blütenbiologie, Kesselfalle 525.
 — durch Dickhäuter verbreitet 379.
 — Parasitismus 17.
 — Verbreitung der Samen 18.
Raiania, Verbreitungsmittel 394.
 Rankenpflanzen 136.
Ranunculaceen, Alkaloide 221.
 — Ameisenschutz 253.
 — Blütenbiologie 441 ff.
 — Flugapparat 315.
 — Klettvorrichtungen 393.
 — kletternde 127.
 — myrmekophile 245.
 — Verbreitungsmittel 397.
Ranunculus glacialis, Blütenschutz 228.
 — Glanz der Blumenblätter 176.
 — Mykorrhiza 38.
 — periodische Bewegung der Blütenstiele 197.
 — *sceleratus*, Brennsaft 226.
 — Schneckenschutz 239.
Raphidenpflanzen 236. 240. 241.
Rapistrum, Steppenläufer 298.
 — Windroller 326.
 Rasenameise 376.
Ravenala, Ameisenschutz 250.
 — farbiger Arillus 364.
Reaumuria, Haarige Verbreitungsausrüstung 314.
 Rechts- und linksgriffelige Blüten 481.
 Regenbäume 115.
 Regengebenden, Parasiten xerophiler Pflanzen in 204.
Reidia, Schlafbewegung 192.
 Reizbares Labellum 533.
 Reizbarkeit der Antennen 536.
 — der Staubgefäße 488. 489.
 Reizbewegungen 193.
 — der Sexualorgane 470.
 Reiz- und Schlafbewegungen der Blätter 189.
- Remija*, Ameisenpflanzen 255.
Remusatia, klettende Brutknölchen 386.
Renanthera, Blüthendimorphismus 537.
Renalmia, Haarschöpfe 314.
Resedaceen, gamo- und karpotropische Bewegung 201.
Restiaceen, hüpfende und kriechende Früchte 350.
Retama, Ruthengewächse 180.
Retinaria, Flügelausrüstung 311.
Retiniphyllum, Lackirung 175.
Rhamnaceen, Kletternde 127.
 — Milbenhäuschen 285.
 — Uhrfederranker 144.
Rhamnus, Acarodomatien 273. 281. 285.
 — Dornen 218.
 — Heterodistylie 494.
 — Mantelgallen 99.
 — Verbreitung durch den Seidenschwanz 373.
Rhaphanus, periodische Bewegung der Blütenstiele 197.
Rheum, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
Rhinanthaceen, Blütenbiologie 516.
 — (Parasiten) 12.
Rhingia rostrata 452.
 — — Rüssellänge 438.
 — und *Verbascum* 517.
Rhipsalis, Ameisenschutz 262.
Rhizocarpeae, Schlafbewegungen 191.
Rhizoidea 4.
Rhizomorphen 88.
 — Vitalität 196.
Rhizophoraceen, Trüfelfspitze 206.
Rhodea, Blütenbiologie 542.
Rhododendron, Konkurrenz um den Boden 121.
 — Mykorrhiza 38.
 — (Pilzgallen) 29.
Rhodotypus, Schauausrüstungen der Frucht 362.
Rhus, Brennsaft 226.
 — Flugapparat 316.
 — Lacküberzug 174.
 — Wurzelkletterer 131.
Rhynchospora, Klettvorrichtungen 386.
Rhyticeros 373.
Ribes und *Andrena* 437.
 — Blütenbiologie 511.
 — Blütenschutz 230.
 — Cultur und Variationsrichtungen 551.
 — Runzelgallen 99.
Ribesiaceen, Milbenhäuschen 285.
Ricinus, Ausschleuderung des Pollens 261.
 — myrmekophobe und myrmekophile Form 261.

- Ricinus, Schleudervorrichtung 336.
 Riesenhülse, Treibfrüchte 296.
 Rinder, Blüthenschutz gegen 228.
 Rindera, Verbreitungsmittel 396.
 Ringelkletten 382. 391. 392.
 Rivularia, Schneckenschutz 240.
 Robinia, Blattschlaf 190.
 — Blüthenbiologie 480.
 — Schlafbewegung 192.
 — Wurzelknöllchen 40.
 Robiniatypus, Schlafbewegung 192.
 Rochea, verkieselte Blasenellen 173.
 176.
 Rochelia, Klettapparat 387.
 Röhrencassia, Treibfrüchte 296.
 Rohrkolbengewächse 10.
 Rollgallen 98.
 Rollmarder 366.
 Roridula, Thierfang und Digestion 75.
 Rosa Banksiae, Ameisenschutz 252.
 — Bewegung der Blüthen- und Fruchtstiele 202.
 — Spreizklimmer 130.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Rosaceen, Ameisenpflanzen 245.
 — Ameisenschutz 252.
 — Blüthenschutz 233.
 — Filzgallen 98.
 — Flugapparat 315.
 — Flügelausrüstung 310.
 — Klettvorrichtung 391.
 — Schneckenschutz 237.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Rose von Jericho 196.
 Rosen und Blattschneider 266.
 Roste der Riedgräser 33.
 Rostellum 527.
 Rostpilze, Myrmekophilie? 246.
 — Verbreitungsmittel 302.
 Rothkehlchenbrot 368.
 Rottboellia, Flugapparat 316.
 Roxburgia, Haarschöpfe 314.
 Rozites 415.
 Rüben, Variation 551.
 Rubia tinctorum, Spreizklimmer 130.
 Rubiaceen, Acarophilie 275. 280. 283.
 — Ameisendomatien 265.
 — Ameisenpflanzen 245. 246.
 — Ameisenschutz 255.
 — Blüthenbiologie 487. 452.
 — Hakenkletterer 144.
 — Klettfrüchte 391.
 — und Kolibris 486.
 — Lackirung 175.
 — Verbreitung durch Vögel 371.
 Rubus, Haarschutz 173.
 — Kletternde 130.
 — Verbreitung durch Vögel 373.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Rückkehr zur Anemophilie 442.
 Ruderalpflanzen 120.
 Rudgea, Acarodomatien 273.
 — Milbenhäuschen 284.
 Rumex, Blüthenbiologie 547.
 — Schneckenschutz 238. 239.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 Ruppia, Blüthenbiologie 544.
 Ruscus, Bewehrung 216.
 — Flachsprosser 180.
 Rüsselkäfer 439.
 Rüssellänge der Apiden 436. 437.
 Russthaupilze 118.
 Ruta, Blüthenbiologie 470.
 — Schneckenschutz 238.
 Rutaceen, Blüthenbiologie 470.
 — Schlafbewegung 193.
 — Ruthengewächse 179.
- S.**
- Saftmal 171.
 Saftmale der Blumen 433.
 — extranuptiale 259.
 Saftmaschinen 443.
 Sagittaria, submerser Form 10.
 — Ueberwinterung 8.
 — Verbreitung durch Wasservögel etc. 377.
 Salacia, Dimorphismus der Kletterzweige 143.
 Salicineen, Ameisenpflanzen 546.
 — Ameisenschutz 250.
 — Mykorrhizen 35.
 Salicornia, Salzpflanze 120.
 Salix, Aussäung 308.
 — Blüthenbiologie 523.
 — daphnoides, Wachsschutz 232.
 — Gallen 101.
 — Haarschöpfe 314.
 — Klunker gallen 103.
 — (Weidenrosen) 103.
 Salsola, Salzpflanze 120.
 — Steppenläufer 298.
 — Verbreitungsmittel 394.
 — Windroller 326.
 Salvia, Blüthenbiologie 522.
 — Flugausrüstung 313.
 — Hygrochasia 297.
 — Klebfrüchte 380.
 — und Kolibris 486.
 Salzausscheidungen 176.
 Salzsteppen 81.
 Sambucus, Ameisenschutz 252.
 — Blüthenbiologie 487.
 — Trüffelapparat 207.
 — und Vögel 372.

- Samen und Früchte der Giftpflanzen und Vögel 368.
 — an langen Fäden sichtbar 362.
 — Vitalität 196.
 Sammetglanz ombrophiler Blätter 206.
 Samolus, Verbreitung durch Wasservögel etc. 378.
 Sandpflanzen 120.
 Sandsteppe 81.
 Sanguinaria, Verbreitung durch Ameisen 377.
 Sanguisorba, Rückkehr zur Anemophilie 442.
 Sanicula, Klettfrüchte 391.
 — Verbreitungsmittel 397.
 — Wollkletten 381.
 Santalaceen (Parasiten) 12.
 — Ruthengewächse 180.
 Sanvitalia, Heterokarpie 358.
 Sapindaceen, Kletterpflanzen 127.
 — Uhrfederranker 144.
 Saponaria, Blütenbiologie 451.
 — (Castration parasitäre) 30.
 Sapotaceen, Milbenhäuschen 285.
 Saprolegniaceen 289.
 Sapromyiophile 423.
 Saracha, Schlafbewegung 193.
 Sarcanthus, Blütenbiologie 535.
 Sarcocaulon, Lackirung 175.
 Sarcocephalus, Ameisenpflanzen 255.
 Saropoda und Lythrum 496.
 Sarothamnus, Blütenbiologie 472 ff.
 — Schleudervorrichtung 339.
 Sarracenia, Fang flügelloser Thiere 67.
 Sarraceniaceen, Ameisennektarien 245.
 — Thierfang und Thierverdauung 66.
 Saugapparat und Rüssellänge der Apiden 436.
 Sauromatum, Blütenbiologie 542.
 Savannen 80.
 Saxifraga, Absorption stickstoffhaltiger Nahrung 76.
 — Umgrenzung der Arten I.
 Saxifragaceen, Lackirung 174.
 Saxifrageen, Blüthenschutz 230.
 — Kalkinerustation 176.
 — Schneckenschutz 237.
 — Windverbreitung 310.
 Scabiosa, Blütenbiologie 488.
 Scabiosen, Blüthenschutz 228.
 — mit Haarfilz 172.
 Scandix, Verbreitungsmittel 397.
 Scatophaga 439.
 Schachtelhalme, Aussäung 304.
 — Schleudervorrichtung 331.
 Schafe, Blüthenschutz gegen 228.
 Schafgarben, Blüthenschutz 228.
 Schauausrüstungen der Früchte 362 ff.
 Schanstellung der Blumen 430.
 Scheibendrehflieger 318 ff.
 Scheitelhaargallen 114.
 Schenkel- und Schienensammler 472.
 Schienensammler 495.
 Schildkrötenpanzer und Algen 91.
 Schilfgewächse 10.
 Schinus, Acarodomatien 273. 282.
 — Brennsaft 226.
 Schirmflieger 318 ff.
 Schizanthus, Blütenbiologie 522. 525.
 Schizolobium, Flugapparat 325.
 Schkuhria, Flügelausrüstung 312.
 Schlagbaumbildungen 234.
 Schlagbaummechanismus 522.
 Schlammpflanzen 5.
 Schlehen, Mykorrhizen 35.
 Schleppameisen 406 ff.
 Schleuderkletten 381.
 Schleudermechanismus des Blütenstaubes 524.
 Schleudern 303.
 Schleudervorrichtungen, Allgemeines 348.
 — der Kryptogamen 327 ff.
 — der Phanerogamen 331.
 Schlupfwespen, Anpassungen 434.
 Schmetterlinge, Anpassungen 434.
 Schmetterlingsblumen mit losschnellenden Geschlechtstheilen 472. 473 ff.
 Schmetterlingsblüte bei Collinsia 522.
 — bei Scrofulariaceen und Polygaleen 480.
 Schmetterlingsblüthen 471 ff.
 Schmetterlingsgalle 101.
 Schminkebeeren 371.
 Schnecken und Pilze 242.
 Schneckenbefruchtung 539. 542.
 Schneckenfrass und Schutz dagegen 235 ff.
 Schneckenschutz, Bitterstoffe, ätherische Oele 238.
 — Borstenhaare, abwärts gerichtete 239.
 — Feilenhaare 239.
 — Nostoc 238.
 — Rhabdiden 240.
 — saure Säfte und Kaliumbioxalat 238.
 — Säureausscheidung durch Trichome 238.
 — Schleime, Gallertbildungen 240.
 — Verkalkung oder Verkieselung 240.
 Schnellkäfer und Blumen 439.
 Schnepfenfliegen, Anpassungen 438.
 Schoenleinea, Milbenhäuschen 284.
 Schoenus, Ruthengewächse 179.
 Schomburgkia, Blütenbiologie 527.
 Schrägstellung der Unterlippe 521.
 Schraubendrehflieger 318 ff.
 Schraubenflieger 318 ff.

- Schuppen und Schülfern 173.
 Schüttelkletten 381.
 Schutzpflanzen 120.
 Schutz der Blüten gegen Tiere
 226 ff.
 — durch ätherische Öle 223.
 — gegen Pilzkeime etc. 275.
 — — Regen 204 ff.
 — — Regenschlag 207.
 — — Schnecken etc. 235.
 — — Thierfrass 208.
 — — Weidethiere 208.
 — — Wetterungunst 168.
 — — zu rasche Transpiration 116.
 — relativer 235.
 Schutzhähnlichkeit 209.
 Schutzameisen gegen Einbruchdiebstahl
 in die Blüte 260.
 Schutzausrüstungen, allgemeine 209.
 Schützenzelte, Verschleppung durch
 382.
 Schutzfärbung der Antheren 483.
 Schutzmantel der Gallen durch Ameisen,
 aus Erde und Sand erbaut 263.
 Schutzmittel, anatomische, chemische
 209.
 — der Pflanzen 168 ff.
 Schutzvorrichtungen gegen Parasiten
 29.
 Schwammgallen 102.
 Schwärnzellen 289.
 Schwebfliegen, Anpassung 438.
 Schwebfliegenblumen 433, 516, 517.
 Schwefelbakterien 5.
 Schwertlilien 10.
 Schwesterarten (species sorores) 32.
 Schwimmgewächse 6 ff.
 Scilla, Brennsaft 226.
 — Flügelausrüstung 310.
 — Rhabdidschutz gegen Schnecken
 241.
 Scirpus 11.
 — Klettvorrichtung 385.
 — Ruthengewächse 179.
 — Verbreitung durch Vögel 381.
 — Verbreitung durch Wasservögel etc.
 378.
 Scitamineen, Trüfelpitze 206.
 Scleria, Spreizklimmer 130.
 Sclerolichenen 93.
 Sclerotien 88.
 Scolopendrium, Wurzelkletterer 131.
 Scopolia, Verbreitungsmittel 396.
 Scopiurus, Klettvorrichtungen 392.
 Scrofularia, Amphikarpie 355.
 — Blütenbiologie 515, 517.
 Scrofulariaceen, Alkaloide 221.
 — Ameisennektarien 245.
 — Blütenbiologie 515.
 Scrofulariaceen, gamo- und karpotro-
 pische Bewegung 202.
 — Klettapparat 387.
 — Lackirung 174.
 — Windverbreitung 310.
 Scrubformation 82.
 Scutellaria, Höcker der Blumkrone 234.
 Scybalium, Parasit 16.
 Sebastiana, Springbohnen 350.
 Secale, hüpfende und kriechende Früchte
 350.
 Securidaca, Verbreitungsausrüstungen
 398.
 — Zweigklimmer 142.
 Sedum, Blattsucculenz 178.
 — Blüthenschutz 230, 233.
 — gamo- und karpotropische Bewegung
 202.
 — hygro- und xerochastische Arten 299.
 — Leimspindeln 230.
 — Schneckenschutz 237.
 Seidenglanz 171.
 Seidenhaare 172.
 Seidenschwanz 368.
 Segelareal 325.
 Segelflieger 318 ff.
 Selaginella, Hygrochasia 297.
 — kletternde 127.
 — Spreizklimmer 130.
 — Vitalität 196.
 Selbstbefruchtung 422.
 Selbstregulierung 236.
 Selbststerilität 423, 426.
 Selbstthätiges Einbohren der Früchte
 in den Boden 350.
 Selectionstheorie 553.
 Semicarpus, Brennsaft 226.
 Sempervivum (Pilzwirkung) 30.
 — Schneckenschutz 237.
 Senebiera, Verbreitung durch Vögel 381.
 Senecio Doronicum, Blüthenschutz 228.
 — cordatus, Blüthenschutz 228.
 — Haarkleid 171.
 — Schneckenschutz 239.
 Senkung 530.
 Sennhütten, Flora um die 229.
 Sensibilität 124.
 — des Plasmas 3.
 Sequiera, Verbreitungsausrüstungen
 398.
 Seriania, Flügelausrüstung 311.
 Seringia, Flügelausrüstung 311.
 Serpentinpflanzen 120.
 Serraea, haarige Verbreitungsaus-
 rüstung 314.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
 Serratula, Ameisenpflanzen 256.
 Sesamaceen, Klettapparat 387.
 Sesamum, ombrophil 205.

- Sesseae, Verbreitungsmittel 396.
 Setaria, Kletten 384.
 Sibbaldia, Verbreitungsausrüstungen 399.
 Sicyos, Abscheidung eines Klebstoffes bei Contactreiz 142.
 Sida, Schlafbewegungen 192. 193.
 Siegesbeckia, Klebausrüstung 380.
 — Verbreitungsmittel 395.
 Silenaceen, Blütenbiologie 449 ff.
 Silene acaulis, Schneckenschutz 239.
 — Aussäung 306.
 — Blütenbiologie 450.
 — inflata, am Mittelmeere behaart 172.
 — Leimspindeln 230.
 — Schneckenschutz 239.
 — tragacantha, Stachelblätter 217.
 Sileneen, Leimspindeln 230.
 Silphium, Blüthenschutz 229.
 — Compasspflanzen 180.
 — Flügelrüstung 311.
 Silybum, Verbreitungsmittel 395.
 Simarubeen, Ameisenpflanzen 245.
 Sinapis, Brennsaft 226.
 Sisymbrium, Verbreitungsmittel 397.
 Sloanca, Milbenhäuschen 286.
 Smilaceen, Ameisenpflanzen 245. 246.
 — Blattanker 138.
 — Kletterpflanzen 127.
 Smilax und Vögel 368.
 Sociale Pflanzen 78. 209.
 Socialismus 77.
 Soja, Blattbewegungen 190.
 Solanaceae, Verbreitungsmittel 396.
 Solanaceen, Alkaloide 221.
 — durch Vögel verbreitet 371.
 — in Kamerun mit Trüfelspitze 206.
 — Lackirung 175.
 — Schlafbewegung 193.
 Solaneen, Blüthenschutz 233.
 — mit Distelblättern 217.
 — spreizklimmende 129.
 — Verbreitungsausrüstungen 396.
 Solanum, Bewegungen der Blüten- und Fruchtsiele 201.
 — Bewehrung 217.
 — Milbenhäuschen 276.
 — rostratum, Enantiostylie 481.
 — Winder 135.
 Solanumarten, Verbreitung durch Vögel 371.
 Soldanella, Blütenbiologie 493.
 — Blüthenschutz 233.
 Sonchus cervicornu, Dornen 218.
 — periodische Bewegungen d. Blüthensiele 197.
 Sophora, Reizbewegung 193.
 — Schlafbewegungen 191.
 Sorbus, Behaarung junger Blätter 173.
 — und Vögel 373.
 Spagnum, conventionelle Arten 1.
 Spaltöffnungen 5. 168. 169.
 — auf Postamenten 174.
 — durch Cuticularzapfen geschützt 169.
 — in Grübchen und Furchen 169.
 — Wall 169.
 Sparganiaceen, Schwertblätter 10.
 Sparganium, Blütenbiologie 524.
 — Kletten, Verbreitung durch Vögel 381.
 — perennirende Wasserform 5.
 — Verbreitung durch Wasservögel etc. 377.
 Sparmannia, Blütenbiologie 470.
 Spartium, Ruthengewächse 180.
 Spathegaster 106 ff.
 Spathicarpa, Blütenbiologie 542.
 Spathodea, Ameisenpflanzen 256.
 — Kelchschläuche 69.
 Spechte als Bestäubungsvermittler 485.
 Spezialisten 235. 236. 239. 264.
 Specularia, Porenkapseln 306.
 Spergula, Aussäung 306.
 Spezifische Constitution des Protoplasmas 556.
 Sphecodes, Anpassungen 495.
 Sphenogyne, Flugrüstung 313.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 Sphingophile 428.
 Sphinx Euphorbiae, Contreadaption 236.
 Spinacia, Verbreitungsmittel 395.
 Spiraea, Blütenbiologie 511.
 — Trüfelapparat 207.
 Spiraeaceen, Verbreitungsausrüstungen 399.
 Spiranthes, Blütenbiologie 533.
 Spirodela 7.
 Spongilla, Symbiose 89.
 Sponia, durch Vögel verbreitet 368.
 Sporangien, Sporangiolen 293.
 Sporen, Vitalität 196.
 Spornbildungen 234.
 Spornlänge, grösste, bei Angraecum 535.
 Spreizklimmer 129.
 Springbohnen 350.
 Spritzmechanismus 326 ff.
 Staatenbildende Bienen 437.
 Stachelbeer-Zuchtrassen 549.
 Stachelrasen 218.
 Stachelschirm 219.
 Stachys, Haarschutz 232.
 — spinosa, Dornen 218.
 — Stachelrasen 218.
 Stammescharaktere 2.
 Stanhopea, Blütenbiologie 535.

- Stapelia*, Blütenmechanismus 500.
 — Oberflächenverringering u. Körperform 177.
Stapelien, Blattsucculenz 178.
 — Nopalgewächse 178.
Staphylea, Flügelausrüstung 312.
Statice, Flugausrüstung 313.
Staubfliegen 318 ff.
Steatornis 371. 372.
 Steigerung der Veränderungen in bestimmter Richtung 550.
 Steinfrüchte 360.
 Steinkletten 382. 389.
 Steissfüsse 295.
Stellaria, Bewegungen der Blüten- und Fruchtstiele 202.
 — Bewegungen der Blütenstiele 200.
 — Blütenbiologie 451.
 — Blüthenschutz 230.
 — glochidiata, Klettvorrichtungen 393.
 — periodische Bewegungen d. Blütenstiele 197.
 — Verbreitung durch Vögel 381.
Stenactis, Heterokarpie 358.
Stenosiphon, Verbreitungsausrüstungen 398.
Stentor, Symbiose 89.
Stephanotis, Blütenbiologie 503.
 Steppen 81.
 Steppenhexen 326.
 Steppenläufer 298.
 Steppenmäuse 386.
 Steppenzeichen 170.
 Sterculiaceen, Ameisenpflanzen 245.
 — Flügelausrüstung 310.
 — haarige Verbreitungsausrüstung 314.
 — Wegschnellen der Samen 338.
Sterigma, Verbreitungsmittel 397.
 Sterilität bei *Vaucheria* 292.
 Sternhaare 172.
 Stickstoffassimilation 41.
 Stiefmütterchen 447.
 Stiele, hängende, nickende 234.
 Stigma 527.
Stigmaphyllon, Ameisennektarien 247.
Stigmatostalix, selbststeril 527.
Stipa, Befestigung im Boden 350.
 — Bohrkletten 385.
 — Flugapparat 316.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Stöckchen 527.
 Strandgewächse, xerophiler Charakter 187.
Strangalia und Blumen 440.
Stratiotes, Bewehrung 217.
 — Ueberwinterung 8. 299.
Strelitzia, farbiger Arillus 364.
 — Ornithophilie 486.
Strepthium, Schlafbewegungen 192.
Streptocarpus, Verbreitungsmittel 396.
Streptochaete, Verbreitungsmechanismus 384.
Stromanthe Tonckat, Schauausrüstung 363.
 — Schlafbewegung 192.
Strongylogaster cingulatus, Contre-adaption 249.
 — Filicis 249.
Strophanthus, Blütenbiologie 510.
Struthanthus 19.
Strychnos, Acarodomatien 273.
 — Milbenhäuschen 285.
 Stulp gallen 99.
 Sturmvogel 391.
Stylochiton, Geokarpie 355.
Stylocoryne, Milbenhäuschen 284.
Stylosanthes, Klettvorrichtungen 392.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
Suaeda, Verbreitungsmittel 394.
 Subdiöcie 424.
 Submersc Wasserpflanzen 5.
Succinea putris 242.
 Succulenten 171.
 Sumpfpflanzen 10.
Sweetia, Flügelausrüstung 310.
Swietenia, Flügelausrüstung 310.
 — Reizbewegung 193.
 — Schlafbewegung 193.
 Symbiose 34. 83.
 — der Nostocaceen mit höheren Gewächsen 96.
Symphypappus, Lackirung 174.
Symphytum, Blütenbiologie 512.
 — Blüthenschutz 262.
 — Schneckenschutz 239. 240.
 — Verbreitung durch Ameisen 377.
Synedrella, Heterokarpie 358.
Synergus als Gallfeinde 263.
Syringa, Ameisenpflanzen 255.
 — Flügelausrüstung 310.
 — Klunkergallen 103.
 — Milbenhäuschen 285.
 — Verbreitungsmittel 396.
Syrilla und *Verbasum* 517.
 Syrphiden 445.
 — Anpassungen 438.

T.

- Tabak, Verbreitung 371.
Tabernaemontana, Blütenbiologie 509.
Tachia, Ameisenblasen 269.
 Tünnelarten (Wasserleben) 4.
 Täschchen 274.
 Täuschblumen 433. 470. 532.
 Tageszeit des Blühens 161.

- Tagfalterblumen 433. 448. 450. 451.
 453.
 Tagsschwärmerblume 448. 451. 452.
 514.
 Tamarindus, Verbreitungsausrüstungen
 399.
 Tamarix, Haarschöpfe 314.
 Tamus, Rechtswinder 135.
 — Verbreitungsmittel 394.
 Tankervillea, Ameisenschutz 249.
 Tannenhäher 375.
 Taraxacum, Mykorrhiza 39.
 — Schneckenschutz 239.
 — Verbreitungsmittel 395.
 Tauben 370. 371. 372. 373.
 Tauscheria, Verbreitungsmittel 397.
 Taxus, Beeren und Vögel 368.
 — Blütenbiologie 549.
 — Klunkergallen 103.
 Tecoma, Ameisenpflanzen 256.
 — Einbruchdiebstahl 260.
 — Flügelausrüstung 311. 317.
 — Kletterausrüstung 135.
 — Milbenhäuschen 285.
 — radicans, Luftwurzeln 115.
 — Wurzelkletterer 131.
 Teesdalea, Klebausrüstung 379.
 — Blütenbiologie 488.
 Teloxys, Verbreitungsmittel 394.
 Templetonia, Schlafbewegungen 192.
 Tenthredo 249.
 Tephrosia, Schlafbewegung 192.
 Teramnus, Klettvorrichtungen 392.
 Teras 106 ff.
 Ternströmiaceen, Flügelausrüstung
 310.
 Tetraglochin, Flugansrüstung 313.
 Tetraglychin, Verbreitungsausrüstun-
 gen 399.
 Tetragonaspis und Feigen 113. 114.
 Tetragonolobus, Schlafbewegung 192.
 Tetramorion 376.
 Tetrapteris, Ameisennektarien 247.
 Tetrapterygium, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsmittel 397.
 Tetrapus und Feigen 113.
 Teucrium, Blütenbiologie 522.
 — Ballisten 349.
 — subspinosum, Dornen 218.
 Thalia, Schlaf- und Reizbewegung
 192.
 Thalictrum, Blütenbiologie, Rückkehr
 zur Anemophilie 442. 547.
 — Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsmittel 397.
 Thamnophilus 485.
 Thelesperma, Klettapparat 390.
 Thenardia, Milbenhäuschen 285.
 Theobroma, ombrophil 205.
 Theobroma, Schlafbewegung 193.
 Theobromatypus, Schlafbewegung 193.
 Thermische Constanten 153.
 Thesium 12.
 Thierfänger mit Bewegungen 43.
 — mit Fallen und Fanggruben 56.
 Thierfrass 208.
 Thierpflanzen 89.
 Thladiantha, Schließvorrichtung 332.
 Thlaspi, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsausrüstungen 398.
 — Zinkpflanzen 120.
 Thomisus onustus, Beziehung zu Con-
 volvulus 30.
 Thuninia, Flügelausrüstung 311.
 Thuja, Blütenbiologie 547.
 Thunbergia, Linkswinder 135.
 — Müller'sche Körperchen 269.
 Thymelaeaceen mit Haarfilz 172.
 — Zweigklimmer 143.
 Thymus, Blütenbiologie 522.
 — Klunkergallen 103.
 — verschiedene Blütenformen 457.
 Thysanotus, Milbenhäuschen 285.
 Thysanocarpus, Verbreitungsmittel 397.
 Tilia, Acarodomatien 273.
 — Deckelgalle von Hormomyia 102.
 — Flugansrüstung 313.
 — Honigthau 115.
 — Schneckenschutz 240.
 Tiliaceen, Acarophilie 275.
 — Ameisenpflanzen 245.
 — Blütenbiologie 483.
 — Klettvorrichtungen 392.
 — Milbenhäuschen 286.
 Tillandsia, Blattspitzenklimmer 138.
 — Blüthenschutz 229.
 — Haarschöpfe 314.
 — Mimikry 214.
 — Verbreitungsausrüstungen 394.
 Tinnantia, Blütenbiologie 482.
 Tintinnus (Symbiose) 90.
 Tococa, Ameisendomatien 265. 273.
 Tofieldia, Schutzscheide 170.
 Torenia, Blütenbiologie 471.
 — Klettapparat 387.
 Torilis, Schneckenschutz 240.
 — Verbreitungsmittel 397.
 — Wollkletten 381.
 Torymus als Gallfeinde 263.
 Tournefortia, Verbreitungsausrüstun-
 gen 396.
 Tragoceras, Verbreitungsmittel 395.
 Transpiration, Beschleunigung 169.
 Tozzia, Blütenbiologie 578.
 — (Parasitismus) 12.
 Trachelium, Porenkapseln 306.
 Träufelapparat 206 ff.
 Träufelspitze 169. 206 ff.

- Trüfelspitze bei amerikanischen und europäischen Arten etc. 207.
 Traganthsträucher, Bewehrung 218.
 Tragoceras, Klettvorrichtung 389.
 Tragopogon, periodische Bewegungen der Blütenstiele 197.
 Tragopyrum, Verbreitungsausrüstungen 395.
 Tragus, Kletten 384.
 Trampelkletten 381. 388.
 Translator 499. 503.
 Transmutation der Arten 548. 552 ff.
 Transpiration, Pflanzen mit langsamer und Pflanzen mit starker 182.
 — Regulierung 168.
 Transpirationsstrom 456.
 Trapa, Schneckenschutz 238.
 — natans, Schwimmpflanze 9.
 Treibfrüchte 296.
 Trentepohlia parasitica (Parasitismus) 97.
 Tribut der Pflanzenwelt an die Thierwelt 235.
 Trichaulus und Feigen 113.
 Trichaurus, Haarschöpfe 315.
 Trichinium, Verbreitungsausrüstungen 395.
 Trichius und Blumen 439.
 Tricholaena, Flugapparat 316.
 — Verbreitungsausrüstungen 393.
 Trichomdickichte 233.
 Trichomformen 172 ff.
 Trichone 232.
 — rothe, als Leithaare für Ameisen 259.
 — das Saftmal bildend 259.
 Trichopilus Neniae und Schneckenhäuser von Nenia 91.
 Trichosanthes, Abscheidung eines Klebstoffes bei Contactreiz 142.
 Trientalis, Schneckenschutz 329.
 Trifolium, Amphikarpie 355.
 — Blütenbiologie 472. 473.
 — alpinum, Blüthenschutz 228.
 — Flugausrüstung 312. 313.
 — gamo- und karpotropische Bewegungen 201.
 — Klettvorrichtungen 392.
 — repens, Mikorrhiza 39.
 — Schlafbewegungen 192.
 — Schneckenschutz 237.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 — Vitalität 196.
 — Windroller 320.
 — Wurzelknöllchen 40.
 Trifoliumtypus, Schlafbewegungen 191.
 Triglochin, Blütenbiologie 547.
 Trigonaspis 106 ff.
 Trigonella, Alkaloide 221.
 Trigonella, Flügelausrüstung 311.
 — Geokarpie 355.
 — Schlafbewegungen 192.
 Trimorphismus 496.
 Triöcie 424.
 Triplaris, Ameisendomaten 265.
 — Ameisenschutz 254.
 Tripteris, Flügelausrüstung 311.
 — Verbreitungsausrüstungen 395.
 Tripterococcus, Flügelausrüstung :
 Trisetum, Bohrfrüchte 350.
 Triticum, Bohrfrüchte 350.
 Triumphetta, Ameisennektarien 247
 — Klettvorrichtungen 392.
 Trochilus colubris 486.
 Trockenfrüchte, dynamische Baupicipien 345.
 Trockne Pericarprien 344.
 Tromsdorfia, Flügelausrüstung 316
 — Verbreitungsmittel 396.
 Tropaeolum, Blattkletterer 138.
 — Sporn 234.
 Tulipa, periodische Bewegungen
 Blütenstiele 197.
 — Windverbreitung 310.
 Tulpenzucht 549.
 Tundren 80.
 Tupeia 20.
 Turneraeeen, Ameisenpflanzen 244
 — Heterodistylie 494.
 Tussilago, Blattfilz 169.
 — Blütenbiologie 491.
 — gamo- und karpotropische Bewegungen 202.
 — periodische Bewegungen d. Blütenstiele 197.
 — Schneckenfrass 242.
 Tydeus, Domatienmilben 275.
 Typha, Blütenbiologie 524.
 — Flugapparat 316.
 — Wahlvermögen 119.
 Typhaceen, Schwertblätter 10.
- U.
- Ueberwinterung der Wasserpflanze
 Uhrfederranker 144.
 Ulex, Bewehrung 216.
 Ulmacee, spreizklimmende 130.
 Ulmaceen, Milbenhäuschen 286.
 Ulmen, Runzelgallen, Beutelgallen
 — Umwallungsgallen 100.
 Ulmus, Blütenbiologie 547.
 — Flügelausrüstung 311.
 — Milbenhäuschen 279. 286.
 Umbelliferen, Alkaloide 221.
 — Blütenbiologie 488.

- Umbelliferen mit Distelblättern 217.
 — Flügelausrüstung 311.
 — gamo- und karpotropische Bewegungen 201.
 — Hygrochasia 297.
 — mit Klettfrüchten 391.
 — Schneckenschutz 240.
 — Verbreitungsmittel 397.
 — (Wasserpflanzen) 10.
 — Windverbreitung 310.
 Umbelliferenblütenstiele, Bewegungen 198.
 Umgestaltung von Ameisendomatien in Milbenhäuschen 274. 276.
 Umprägung von einer Falter- zur Bienenblume 498.
 — von Hummelblumen zu Falterblumen 448. 452.
 — der Arten 555.
 Umwandlung von Ameisennektarien 258.
 Uncaria, Hakenkletterer 144.
 — Milbenhäuschen 284.
 — Schüttelkletten 381.
 Uncinia, Kletten, Verbreitung durch Vögel 381. 386.
 — Klettvorrichtungen 386.
 Unscheinbare süsse Früchte und Fledermäuse 365.
 Uredineen, Keimung 23.
 Urena, Ameisennektarien 247.
 — Ameisenschutz 254.
 — Klettvorrichtungen 392.
 — Verbreitungs-ausrüstungen 398.
 Urostigma und Feigen 114.
 Urtica, Blütenbiologie 525.
 — Contreadaption 239.
 — Umwallungsgallen 100.
 — Windverbreitung 310.
 Urticaceen, Blütenbiologie 524.
 — Borstenhaare, Schneckenschutz 239.
 — Brennhaare 224.
 — durch Vögel verbreitet 368.
 — kletternde 127.
 — Schlafbewegung 193.
 — Träufelspitze 206.
 Urvillea, Flügelausrüstung 311.
 Utricularia, Blattform 6.
 — Blütenbiologie 471.
 — Fehlen der Wurzeln 6.
 — hydrokarpische Bewegungen 203.
 — Landformen, die der Thiernahrung angepasst sind 60.
 — Lock- u. Fangvorrichtungen u. Verdauung der Wasserkrebschen, Fischchen etc. 57.
 — neottioides, ohne Schläuche 60.
 — Wanderknospen 299.
 — Winterknospen 7.
- V.
- Vaccinium, Mykorrhiza 38.
 — und Vögel 371.
 Valeriana, kletternde 127.
 — Mykorrhiza 39.
 — Schneckenschutz 239.
 Valerianaceen, Flugapparat 315.
 — Fruchtkletten 391.
 Valerianella, Antholysen 103.
 — Flugausrüstung 313. 314.
 — Klettfrüchte 391.
 — Schneckenschutz 240.
 Vallisneria, Blattform 6.
 — Blütenbiologie 545. 546.
 — hydrokarpische Bewegungen 203.
 Vanda, Capillitium 308.
 Vandeem, Blütenbiologie 535.
 Vanilla, Kletterer 127.
 Variabilität 1. 550.
 Variation aus inneren Ursachen 554.
 — Entstehung neuer Arten durch 1.
 — Ursachen, Richtung etc. 550 ff.
 Variationsbewegungen, nyctitropische 191.
 Varietäten 548 ff.
 Vasallenpflanzen 209. 219.
 Vaucheria, Anpassungen der Fortpflanzung 291.
 Vauquellinia, Flügelausrüstung 310.
 — Verbreitungs-ausrüstungen 399.
 Vegetationsformationen 80.
 Vegetationsperioden 159. 160.
 Ventilago, Flügelausrüstung 311.
 Venusliegenfalle, Fleischverdauung 43.
 Veränderungen der Lebensbedingungen und Variation 550.
 Verankerung der Sporen 329.
 Veratrum, Alkaloide 221.
 — Flügelausrüstung 310.
 Verbascum, Aktinienhaare, flockige Haare, Strauchhaare junger Blätter 173.
 — Blattfilz 169.
 — Blütenbiologie 492. 515. 517.
 — Blüthenschutz 228.
 — Gallen 103.
 — Klettapparat 387.
 Verbenaceen, Ameisendomatien 264.
 — Ameisennektarien 245.
 — Ameisenschutz 254.
 — Haarschutz 232.
 — Klettapparat 387.
 — Träufelspitze 206.
 Verbesina, Klettvorrichtung 388.
 Verbreitung der Kletten durch Vögel 381.
 — der Samen durch Ameisen 376.
 — der Samen durch Hygrochasia 298.

- Verbreitung, durch active Bewegung 288.
 — durch den Wind 301 ff.
 — durch Thiere (Auswurf, Excremente) 360.
 — durch wollhaarige Thiere 381.
 Verbreitungsmittel durch Wasser 288.
 Vererbung 554.
 Vergesellschaftung von Individuen verschiedener Verwandtschaft 89.
 Vergrünung 103.
 Verhinderung plötzlicher Verstäubung 303.
 Verkümmern functionsloser Nektarien 258.
 Vermischungstheorie 555.
 Vernonia, Lackirung 174.
 Veronica, Bewegungen der Blüten- und Fruchtsiele 202.
 — Blütenbiologie 516.
 — Concurrenz um den Boden 121.
 — Haarreihen, Trockenlegung des Blattes 207.
 — Haarschutz 232.
 — Klunkergallen 103.
 — periodische Bewegungen d. Blütenstiele 197.
 — Schneckenschutz 239.
 — secundäre Hygrochastie 298.
 — Verbreitung durch Wasservögel etc. 378.
 — Wasserpflanzen 10.
 — Windverbreitung 310.
 Veronicatypus, gamo- und karpotropische Bewegungen 201.
 Verschiebung der Flussläufe 11.
 — der Wohnbezirke 555.
 Verschiedenheit der Verbreitungs- aus- rüstungen innerhalb derselben Familie oder Gattung 393.
 Verschleimung der Samen 298.
 Verticordia, Flugapparat 315.
 Vervollkommnungstheorie 554.
 Verzweigte flockige Haare 173.
 Viburnum, Ameisenschutz 252.
 — Blütenbiologie 487. 488.
 — Milbenhäuschen 276.
 — Saftmal, Ameisennektarien 259.
 — Sternhaarfilz junger Blätter 173.
 — Träufelapparat 207.
 — Verbreitung durch Vögel 368.
 — Vögel 372.
 Vicia, Ameisenschutz 251.
 — Amphikarpie 353.
 — Blütenbiologie 473. 479.
 — Schlafbewegung 192.
 — sepium, Ameisennektarien 244.
 Victoria, hydrokarpische Bewegungen 203.
 — und Cetonien 446.
 Villarezia, Milbenhäuschen 286.
 Villarsia, hydrokarpische Bewegungen 203.
 — Kletten, Verbreitung durch Vögel 381. 388.
 — Verbreitung durch Vögel 295.
 Viminaria, Ruthengewächse 180.
 Vinca, Blütenbiologie 504.
 — Verbreitung durch Ameisen 377.
 Vincetoxicum, Blütenbiologie 498.
 Viola, Amphikarpie 355.
 — Anpassungen an bauchsammelnde und an rückensammelnde Bienen 448. 449.
 — Bärte der Blume 448.
 — Blumenfarbe 513.
 — Blüthendimorphismus 448.
 — cornuta, Anpassungen an Nachtschmetterlinge, Blühen vor der Belaubung 449.
 — Fliegenblumen und Falterblumen 448.
 — Hummel- und Falterblumen 452.
 — legitime Bestäubung 448.
 — odorata, Blüthenschutz durch Wohlgeruch 228.
 — palustris, Mykorrhiza 38.
 — Rassen 548.
 — Schleudervorrichtung 337.
 — Sporn 234.
 — Verbreitung durch Ameisen 377.
 — Zinkpflanze 120.
 Violaceen, Blütenbiologie 447.
 Viscum 21.
 — album 19.
 — starke Transpiration 182.
 — und Vögel 370.
 Vitaceen, Fadenränker 144.
 — Kletterpflanzen 127.
 Vitalität 194 ff.
 Vitis, Filzgalle 98.
 — Verbreitung durch Grünspechte und andere Vögel 374.
 Voandzeia, Geokarpie 355.
 Vochysiaceen, Ameisenpflanzen 245.
 Vögel, die Hauptverbreiter fleischiger Früchte 365 ff.
 Vogelarten, die bei der Verbreitung der Pflanzen in Betracht kommen 366 ff.
 Vogelbeere 373.
 Vogelblüthler 485.
 Volucella 439.
 — und Lythrum 496.
 Vorbereitung des Ausgangs für Gallthiere 101.
 Voysia, Mykorrhiza 38.
 Vriesea, täuschende Aehnlichkeit mit Ortgiesia 215.

W.

- Wachendorfia, Ameisenschutz 250.
 — haarige Verbreitungsausrüstung 314.
 Wachholder s. Juniperus.
 — Verbreitung durch Vögel 368.
 Wachsüberzug 169.
 — als Blüthenschutz 232.
 — als Schutz der Spaltöffnungen 176.
 — gegen Ameisen 261.
 — Schutz gegen Diffusion und Ansiedelung von Parasiten 23.
 Waldmeister s. Asperula.
 Waldsteinia, Bewegungen der Blüten- und Fruchstiele 202.
 — Verbreitungsausrüstungen 399.
 Walzendrehflieger 318 ff.
 Wanderknospen 299.
 Wandertaube 368.
 Wanderung (Migrationstheorie) 554.
 Wärmesummen 156.
 Warnfarben 220 ff. 225.
 Wasseraufnahme 116.
 Wasserhühner und Teichrosen etc. 295.
 Wasserlinsen, Ueberwinterung etc. 7.
 Wassernuss 9.
 Wasserparasiten 19.
 Wasserpflanzen 34.
 — Blüthenschutz 229.
 Wasserveilchen 11.
 Wasserwannefalle 535. 539.
 Webera, Milbenhäuschen 284.
 Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Thieren 558.
 Wege und Ziele der Artenbildung 556.
 Weiden, Gallen 100.
 — Kröpfe 29.
 — Mykorrhizen 35.
 Weidenrosen 103.
 Weidenroste 33.
 Weigelia, Trüffelapparat 207.
 Weinvogelraupen, Contreadaption 236. 241.
 Weismann's Descendenztheorie 554.
 Weisstanne, Hexenbesen 29.
 Wespenblumen 433. 515. 527.
 Wettbewerb um den Boden 119.
 Wetterpflanzen 190.
 Wettkampf zwischen autokarp und xenokarp entstandenen Individuen 553.
 Weymouthkiefer, Hexenbesen 29.
 Wiederthoonmoose, Aussäung 305.
 Wiesen 80.
 Wiesenmoore 83.
 Wigandia, Brennhare 224 ff.

- Willensthätigkeiten niederer Organismen 557.
 Windblüthige 429.
 Windende Gewächse 131.
 Windhexen 326.
 Windroller 325.
 Windsäcke 309 ff.
 Winterknospen 7.
 Wistaria, Linkswinder 135.
 — Schlafbewegung 192.
 — Wegschnellen der Samen 339.
 Wittelsbachia, haarige Verbreitungsausrüstung 314.
 Witterungsvermögen der Pflanze 124.
 Wohlgeruch 540. 541.
 — der Blumen 450.
 Wolfia 7.
 Wolffia 7.
 Wollfeld von Prativille 382.
 Wollkletten 381.
 Wollschweber, Anpassungen 433.
 Wollspinne 382.
 Wrightieae, Verbreitungsmittel 396.
 Wulfia, Verbreitungsmittel 396.
 Würmer (Cecidien) 98.
 Wurzelbildung durch Enzym von Hormomyia Poae 105.
 Wurzelkletterer 130 ff.
 Wurzellose Wasserpflanzen 6.
 Wurzelknöllchen 40.
 Wurzeln 4.

X.

- Xanthium, Klettapparat und Verbreitung 389.
 Xanthoxyleen, Ameisenpflanzen 245.
 Xenogamie 423. 426.
 Xenokarpie 423. 426.
 Xeranthemum, Flugausrüstung 313.
 Xerochasia 297.
 Xerophil 122.
 Xerophiler Charakter an feuchten Wohnorten, bei Strandgewächsen, alpinen Gewächsen, Pflanzen der Solfataren 187.
 Xerophyten 170. 208.
 Ximenesia, Heterokarpie 358.
 Xylocopa 482. 484.
 — Einbrecher 262.

Y.

- Yuccaarten, Befruchtung durch Pronuba 110 ff.

Z.

- Zamia, Bewehrung 217.
 Zanonía, Flugapparat 325.
 Zanthoxylon, Stacheln 219.
 Zanthoxylum, Ameisennektarien 247.
 Zapfengallen, Gallen 103.
 Zauschneria, Verbreitungsausrüstungen 399.
 Zeit des Oeffnens der Frucht 308.
 Zibeththiere als Samenverbreiter 366.
 Ziegen auf St. Helena 235.
 — Blüthenschutz gegen 228.
 Ziegenfeige 112. 535.
 Zilla, Verbreitungsausrüstungen 398.
 Zingiberaceen, farbiger Arillus 364.
 Zinkpflanzen 120.
- Zinnia, Flügelausrüstung 311.
 Zirbelnüsse 375.
 Zitterpappel, Ameisenschutz 250.
 Zoidiophilie 428. 429.
 Zoochore Ausrüstungen 360.
 Zoochlorellen 89.
 Zoogame 427.
 Zoosporen 291.
 Zooxanthellen 90.
 Zuchtraesen 548.
 Zuchtwahl 548.
 Zuckerpalme, Brennsaft 225.
 Zweifügler (Cecidien) 98.
 Zweigklimmer 142.
 Zygophylleen, Lackirung 174.
 Zygophyllaceen, Schlafbewegungen 191.
 Zygophyllum, Hygrochasia 297.

Berichtigungen.

- Seite 5 Zeile 30 muss es heißen: Saprolegniaceen.
 31 " 19: einer anderen Protococcacee (für Pleurococcus).
 " 38 Absatz 2 Zeile 4 ist „Edelweiss“ zu streichen.
 " 129 Zeile 31 muss es heißen: pinnatifida.
 " 135: Abrus für Abries.
 " 206 Zeile 2 von unten: Araceen.
 " 214 " 7 " " Tillandsia.
 " 220 " 3 " " Amanita.
 " 224 " 5: Lennis.
 " 230 Absatz 2 Zeile 3: Primula.
 " 232 ff.: Reusen.
 " 239: Gypsophila.
 " 247 Absatz 2 Zeile 13: Citharoxylon.
 " 288 fehlt zu Anfang § 97.
 " 293 Zeile 5 von unten: Hemibasidien.
 " 366 Zeile 13, 14: durch Vögel.
 " 377 Absatz 3 Zeile 8: Phellandrium.
 " 399: Ceratonia.
 " 439 Zeile 5 von unten: Clythra.
 " 451 Absatz 4 Zeile 1: Cerastium.
 " 458 Zeile 9 von unten: cicutarium.
 " 483 Zeile 15: Myriophyllum.

Verlag von FERDINAND ENKE in Stuttgart.

Kürzlich erschienen:

Lehrbuch
der
Systematischen Botanik
Phytopaläontologie und Phytogeographie.

Von

Prof. Dr. K. Schumann,

Kustos am Königl. Botanischen Museum zu Berlin.

Mit 193 Figuren und einer Karte in Farbendruck. Gr. 8. 1894. geb. M. 16.—

Die „Natur“ nennt das Werk: „Ein ausführliches Lehrbuch der Botanik, wie man sie seit der Scheiden-Darwin'schen Zeit nur noch selten oder höchst unvollständig empfing.“

DEUTSCHE DENDROLOGIE.

Kurze Beschreibung der in Deutschland im Freien anhaltenden

Nadel- und Laubholzgewächse

zur schnellen und sicheren Bestimmung der Gattungen, der Arten
und einiger wichtiger Abarten und Formen.

Von

Prof. Dr. Emil Koehne.

Mit etwa 1000 Einzelfiguren in 100 Abbildungen nach Original-Zeichnungen des Verfassers.

Gr. 8. 1893. geb. M. 14.—

Die Presse äußert sich über dieses Werk folgendermassen:

Naturwiss. Rundschau: Das Werk ist sehr praktisch angelegt. Es bietet mehr als der Titel angeht, es umfasst alle Pflanzen, die bei uns mit überirdischen holzigen Stämmen anhalten, müssen sich also selbst zu Bäumen oder Sträuchern erheben, oder dicht am Boden liegend bleiben.

Frick's Rundschau: Das Werk bietet wie kein anderes die besten und sichersten Unterscheidungsmerkmale der Holzarten in klarer Darstellung.

Zeitschrift für Naturwissenschaften: Das Buch zeichnet sich in erster Linie dadurch aus, dass die Tendenz, möglichst scharfe und sichere Unterscheidungsmerkmale zu liefern, stärker als bei anderen Dendrologien entgegentritt, sodann bietet es zahlreiche gute Blütenanalysen, welche bei anderen Werken ganz fehlen.

Verlag von FERDINAND ENKE in Stuttgart.

Klein 8vo

Anleitung für Pflanzensammler.

Von

Dr. Udo Dammer.

Mit 21 Holzschnitten. 8. 1894. geb. M. 2.—

Dies Werk enthält eine Fülle von Fingerzeigen und Rathschlägen für den Pflanzensammler, die jedem Anfänger sehr willkommen sein und auch dem älteren Sammler Neues bieten wird. Von besonderem Interesse werden die Hinweise auf empfehlenswerthe Bezugsquellen für die nöthigen Utensilien sein, sowie die Anweisung zur Herstellung mancher unentbehrlichen Hilfsmittel, wie Pflanzen-Mappen, Pressen u. s. w. — Die verschiedenen Präpariermethoden, sowie die Einrichtung von Herbarien und Sammlungen sowohl der Phanerogamen als auch der Kryptogamen sind eingehend behandelt.

Handbuch für Pflanzensammler.

Von

Dr. Udo Dammer.

Mit 59 Holzschnitten und 18 Tafeln. gr. 8. 1891. geb. M. 8.—

Allgemeine Morphologie der Pflanzen

mit besonderer Berücksichtigung der Blüthenmorphologie.

Von

Dr. F. Pax.

Mit 126 Holzschnitten. gr. 8. 1890. geb. M. 9.—

Aesthetik der Natur.

Für

Künstler, Naturkundige, Lehrer, Gärtner, Land- und Forstwirthe,
Reisende, Geistliche,

sowie

für Freunde der Natur überhaupt,

ausgearbeitet von

Ernst Hallier.

Mit 109 Holzschnitten und 6 lithographierten Tafeln.

gr. 8. 1890. geb. M. 10.—, eleg. geb. M. 11.—

Verlag der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

