

Hans Molisch

Pflanzenphysiologie

als Theorie der Gärtnerei

Fünfte Auflage



Jena, Gustav Fischer

The H. H. Hill Library



North Carolina State College

QK711

M724

N. C. STATE UNIVERSITY, H. H. HILL LIBRARY



S00379082 T

Pflanzenphysiologie

als

Theorie der Gärtnerei

von

Dr. Hans Molisch

o. ö. Professor und Direktor des pflanzenphysiologischen Instituts
an der Universität in Wien

Für Botaniker, Gärtner, Landwirte,
Forstleute und Pflanzenfreunde

Fünfte, neubearbeitete Auflage

Mit 151 Abbildungen im Text



Jena
Verlag von Gustav Fischer
1922

ALLE RECHTE VORBEHALTEN
COPYRIGHT 1916
BY GUSTAV FISCHER PUBLISHER, JENA

Motto: In den gärtnerischen Erfahrungen stecken physiologische Probleme. Daher soll der Physiologe in die Schule des Gärtners und der Gärtner in die des Physiologen gehen. Beide können viel von einander lernen. —

Vorwort zur ersten Auflage.

Jede Wissenschaft beginnt mit Erfahrung. Erst wenn diese sich bis zu einem gewissen Grade angehäuft hat, greift auch die Theorie ein und sucht die praktischen Erfahrungen zu verarbeiten, zu beleuchten, zu erklären und die Grundlage für neue Kenntnisse zu schaffen. So war es auch in der Pflanzenphysiologie. Mit dem Zeitpunkte, da der Mensch den Boden zu bebauen begann, setzten schon Erfahrungen über das Pflanzenleben ein und alles, was der Mensch über die in Kultur genommenen Getreide-, Obst-, Gemüse- und Gartenpflanzen beobachtete, waren wichtige Grundsteine, auf denen dann die Wissenschaft weiter bauen konnte.

Anfangs gingen Wissenschaft und Praxis ziemlich getrennt nebeneinander her. Der Gärtner, Landwirt, Förster, mit einem Worte, der Praktiker kümmerte sich nicht viel um Physiologie und auch der Theoretiker bekundete keinen besonderen Drang, sich die Erfahrungen des Gärtners zunutze zu machen.

Im vorigen Jahrhundert wurde es allmählich anders: Praxis und Theorie begannen sich gegenseitig zu durchdringen und zu fördern und darin liegt zweifellos ein großer Fortschritt unserer Wissenschaft. Man denke nur an die Stickstoffassimilation in ihrer Beziehung zu den Knöllchenbakterien der Leguminosen, an die moderne Treiberei und die damit verknüpfte Aufhebung der Ruheperiode, an die wissenschaftliche Begründung der Ernährungslehre durch v. LIEBIG, an die Aufdeckung der Wurzelsymbiose bei Orchideen, an die Bastardierung in Rücksicht auf die von MENDEL aufgefundenen Regeln, an die moderne Pflanzenzüchtung, die Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten, an die Chimären und vieles andere.

Den bisherigen Lehr- und Handbüchern über Pflanzenphysiologie — und wir haben einige ganz ausgezeichnete: JOST, PEIRCE, PEEFFER, v. SACHS, VINES, v. WIESNER u. a. — lag es ferne, Theorie und Praxis in ihrem Zusammenhange zu schildern, ja man kann heute noch beobachten, daß gerade das spezifisch gärtnerische in den meisten nur ganz flüchtig berührt und so stiefmütterlich behandelt wird, als gehöre es gar nicht hierher. Ist es z. B. nicht auffallend, daß in den sonst so ausgezeichneten „Vorlesungen über Pflanzenphysiologie“ von J. SACHS

so auffällige Erscheinungen wie Veredlung, Laubfall, Erfrieren der Pflanzen nicht behandelt oder kaum berührt werden? —

Mit Rücksicht auf diese Sachlage schien mir die Zeit dafür gekommen, eine Pflanzenphysiologie zu schreiben, in der die gegenseitigen Beziehungen zwischen Theorie und Praxis in den Vordergrund gestellt und alle jene Erscheinungen besonders berücksichtigt werden sollen, wo Theorie und Praxis gewissermaßen sich die Hände reichen und gegenseitig stützen.

Eine solche Pflanzenphysiologie zu schreiben wäre ein Forscher berufen, der gärtnerische und physiologische Kenntnisse glücklich vereinigt und beherrscht, denn nur ein solcher wird imstande sein, den Stoff so darzustellen, daß das Buch sowohl der Physiologie als auch der Gärtnerei zugute kommen wird. Schon LINDLEY¹⁾ hat den Versuch gemacht, eine Theorie der Gärtnerei zu schreiben, allein dieses seinerzeit sehr nützliche Buch, das nicht ohne Wirkung blieb und auch ins Deutsche übertragen wurde, ist nunmehr naturgemäß in den meisten Punkten ganz veraltet und eigentlich jetzt nur von historischem Interesse.

SORAUERS²⁾ populäre Pflanzenphysiologie für Gärtner hält sich in sehr engen Grenzen und ist nur für den Schüler an Gärtnerlehranstalten berechnet.

Wenn ich es wage, mit einer Pflanzenphysiologie als theoretischer Grundlage für Gärtnerei hervorzutreten, so bewegen mich dazu — dies möchte ich zu meiner Rechtfertigung sagen — folgende Gründe: Es fehlt gegenwärtig an einem solchen modernen Buche. Ich selbst habe eine Entwicklung durchgemacht, die mir vielleicht ein gewisses Anrecht gibt, mich an ein derartiges Buch zu wagen. In der großen Gärtnerei meines Vaters aufgewachsen, hatte ich von meiner frühesten Kindheit an die Gelegenheit und das Glück, gärtnerische Arbeiten nicht bloß aufmerksam zu verfolgen, sondern jahrelang selbst so intensiv auszuüben, daß mir die Praxis sozusagen in Fleisch und Blut überging. Endlich habe ich selbst unter anderem mehrere wissenschaftliche Untersuchungen ausgeführt, die sowohl die Theorie als auch die Praxis angehen.

Da das vorliegende Buch in gleicher Weise dem Theoretiker wie dem intelligenten Praktiker nützlich sein soll, war ich bestrebt, mich einer allgemein verständlichen Darstellung zu bedienen. Ich gestehe aber, daß es nicht immer eine leichte Aufgabe war, nach beiden Seiten hin gleichzeitig zu befriedigen. Man bedenke nur, daß sich die Pflanzenphysiologie ganz und gar auf den Bau der Pflanze, auf ihre Anatomie stützt und ich beim Gärtner davon so gut wie nichts voraussetzen durfte! Ich habe daher von anatomischen Tatsachen nur gerade soviel eingeflochten, als zum Verständnis unumgänglich notwendig war. Auch habe ich nur jene Kapitel der Physiologie behandelt, die innige Berührungspunkte zu gärtnerischen und landwirtschaftlichen Erfahrungen aufweisen, alles andere wie z. B. das Winden, Variationsbewegungen, Rankenbewegungen usw. wurden entweder gar nicht oder nur im Vorbeigehen berührt. —

¹⁾ LINDLEY, J., *The Theory and Practice of Horticulture*. II. Ed. London 1855. Eine deutsche Übersetzung dieses Werkes ist erschienen unter dem Titel: *Theorie der Gärtnerei oder Versuch die vorzüglichen Verrichtungen in der Gärtnerei nach physiologischen Grundsätzen zu erklären*. Wien 1842.

²⁾ SORAUER, P., *Populäre Pflanzenphysiologie für Gärtner*. Stuttgart 1891.

Dem Ziele dieses Buches entsprechend, habe ich die einschlägige Literatur soweit zitiert, als sie im Zusammenhange mit der Praxis steht. Immer aber wurden die Quellen so angegeben, daß es dem Leser möglich ist, sich über jede Frage genauer zu unterrichten.

Die meisten Zeichnungen und Photographien sind Originalfiguren, einen großen Teil davon hat mein Assistent Herr JOSEF GICKLHORN mit großem Geschick angefertigt, wofür ich ihm meinen besten Dank sage. Zu danken habe ich ferner dem Genannten und meiner Schülerin Fräulein M. ERBAN für die ausdauernde Mithilfe bei der Korrektur und nicht zuletzt meinem bewährten Verleger, der mitten im Weltkriege trotz der vielfachen Hemmungen meinen Wünschen allseits gerecht wurde und für die schöne Ausstattung des Buches vortrefflich sorgte.

Und so übergebe ich denn dieses Werk der Öffentlichkeit in der Hoffnung, das Band zwischen Gärtnerei und Pflanzenphysiologie noch inniger zu knüpfen und eine weitere Förderung von Theorie und Praxis anzubahnen!

Wien, im Dezember 1915.

Hans Molisch.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Als im vorigen Jahre 1916 die 1. Auflage dieses Buches erschien, durfte ich wohl nicht hoffen, daß bei dem ungewohnten Drucke, den der Weltkrieg der Verbreitung der Literatur nicht bloß im feindlichen Auslande, sondern auch in den Ländern der verbundenen Mittelmächte entgegenstemmte, in naher Zeit eine Neuauflage notwendig erscheinen würde. Um so mehr war ich erfreut, als mich der Herr Verleger bereits 1½ Jahre nach dem Erscheinen dieses Buches mit der Mitteilung überraschte, daß die 1. Auflage vergriffen sei, und mich gleichzeitig ersuchte, eine Neuauflage vorzubereiten. Dieser Erfolg scheint mir ein Beweis zu sein, daß mein Buch Interesse erweckt hat und einem Bedürfnisse entgegengekommen ist.

Obwohl nach so kurzer Zeit einschneidende Veränderungen im Inhalte und der Anordnung des Stoffes sich nicht als nötig erwiesen, habe ich doch das ganze Werk einer genaueren Durchsicht unterworfen, manches verbessert, Notwendiges eingefügt und die Zahl der Abbildungen um 10 vermehrt. Die Ergänzungen betreffen namentlich die Kapitel über die Fruchtbarmachung des Bodens durch den Regenwurm, über Reizstoffe, Osmose, Saftsteigen, Reizbegriff, Lichtmengengesetz beim Heliotropismus, Treiberei, Burdonen, Altersschwäche und anderes.

Bei der Korrektur wurde ich von meinen Schülern, dem Fräulein Dr. M. ERBAN und den Herren Dr. K. HÖFLER und Dr. F. PICHLER eifrigst unterstützt. All den Genannten danke ich verbindlichst, desgleichen dem Herrn Verleger, der, alle Hemmnisse des fast schon 3½ Jahre dauernden Weltkrieges überwindend, dem Buche wieder eine prächtige Ausstattung verlieh.

Wien, im Dezember 1917.

Hans Molisch.

Vorwort zur dritten Auflage.

„Habet sua fata libelli“. Auch dieses Buch hatte sein Schicksal, aber, wie die 3. notwendig gewordene Auflage beweist, ein erfreuliches. Mitten im Weltkrieg geboren, hat es sich, dem geflügelten Worte „Inter arma silent musae“ zum Trotz, immer weiter verbreitet und in weiten Kreisen allgemeine Anerkennung gefunden.

Dies hat mich angespornt, das ganze Werk nochmals genau durchzusehen und an einigen Stellen zu ergänzen.

Das Kapitel über fleischfressende Pflanzen wurde neu aufgenommen und die Einschübe über Farbenwandlungen der Blüten, Wachstumsintensität, Treiben der Wurzeln, die Verlängerung der Lebensdauer, Mannbarkeit und Mastjahre der Bäume und einige andere werden hoffentlich nicht unwillkommen sein, desgleichen die Bereicherung des Buches um 8 Figuren.

Bei der Durchsicht der Druckkorrekturen bin ich von meinen Assistenten, den Herren Dr. GUSTAV KLEIN, Dr. ALFRED LIMBERGER und JOSEF KISSER auf das werktätigste unterstützt worden; allen drei Herren sage ich dafür meinen besten Dank.

Wien, im September 1919.

Hans Molisch.

Vorwort zur vierten Auflage.

Kaum ist seit dem Erscheinen der 3. Auflage ein Jahr verflossen, so hat sich schon wieder eine Neuauflage als notwendig erwiesen. Obwohl keine wesentlichen Änderungen durchzuführen waren, habe ich doch das Ganze wieder genauer überprüft und namentlich die wichtigen neueren Versuche über Heliotropismus, über die Bedeutung der lebenden Zelle für die Saftbewegung, das WEBERSCHE Gesetz und über die Veranschaulichung der Zuwächse durch überaus große Vergrößerungen und einiges andere berücksichtigt. Die Zahl der Figuren wurde um 5 erhöht.

Auch diesmal obliegt es mir, meinen Assistenten, den Herren Dr. G. KLEIN, Dr. A. LIMBERGER, J. KISSER und H. BRUNSWIK für ihre gütige Hilfe bei der Druckkorrektur herzlichst zu danken.

Wien, im April 1921.

Hans Molisch.

Vorwort zur fünften Auflage.

Auch diese Auflage wurde genau durchgesehen und an zahlreichen Stellen ergänzt. Tiefer einschneidende Änderungen erschienen unnötig. Die Zahl der Figuren wurde um eine vermehrt.

Ich kann nicht schließen, ohne meinen Assistenten, den Herren Dr. G. KLEIN, A. LIMBERGER, J. KISSER und H. BRUNSWIK für ihre werktätige Mithilfe beim Lesen der Korrekturen den wärmsten Dank zu sagen, desgleichen auch meinem verehrten Herrn Verleger, G. FISCHER, für sein in jeder Beziehung rühmenswertes Entgegenkommen.

Wien, im Juli 1922.

Hans Molisch.

Inhaltsübersicht.

Erster Abschnitt.

	Seite
Ernährung	3
1. Die Wasserkultur	3
2. Die unentbehrlichen Aschenbestandteile	5
Kalk	5
Eisen und Chlorose	8
Schwefel, Phosphor, Kalium und Magnesium	12
3. Die entbehrlichen Aschenbestandteile	12
Silizium	12
Chlor	13
Aluminium	13
Der Einfluß des Bodens auf die Blütenfarbe der Hortensie	13
Mangan, Zink und Kupfer	15
4. Der Stickstoff	15
5. Der Boden	21
Entstehung	21
Bau	23
Eigenschaften	23
Humus	25
6. Die Düngung	29
7. Die Kohlensäureassimilation.	37
Über die Pflanzenkultur im elektrischen Lichte	45
Über Pflanzenkultur im Neonlichte	47
Die Düngung der Luft mit Kohlensäure.	47
8. Das Wasser und seine Bewegung.	51
Stoffaufnahme	51
Wurzeldruck.	53
Guttation	54
Bluten	55
Lokaler Stammdruck	58
Schleimfluß	59
Gewinnung des Palmweines	60
Gewinnung der Pulque	61
Das Holz, die eigentliche Wasserbahn	62
Negativer Druck der Gefäßluft	63
Kapillarität	64
Die Transpiration	66
Spaltöffnungen	68
Infiltrationsmethode	68
Kobaltmethode	69
Menge des transpirierten Wassers	70
Die Transpiration als Saugkraft	70
Die lebende Zelle	71

9. Die Transpiration und der Transpirationsstrom in Beziehung zu gärtnerischen Arbeiten	72
Die Abhärtung	72
Das Begießen	73
Über das Welken abgeschnittener Sprosse	74
10. Die Wanderung der Assimilate	75
Stärke, Zucker, Fett und Eiweiß	75
Der absteigende Assimilationsstrom	76
Künstliche Förderung der Fruchtbarkeit durch Stauung des Assimilatenstroms	78
1. Der Zirkelschnitt oder das Ringeln	78
2. Die Stammschlinge	80
3. Der Fruchtgürtel	80
4. Die Zwergunterlage	81
5. Das Drehen der Zweige	82
6. Das Brechen der Zweige	83
7. Über den Fruchtholzchnitt	83
Über auffallende Steigerung der Anthokyanbildung (Blattrötung)	83
11. Die Ernährung der Pilze	86
Die Champignonzucht	88
12. Ernährungsweisen besonderer Art	90
a) Die Mykorrhiza	90
b) Die Orchideenmykorrhiza und die Anzucht von Orchideen aus Samen	92
c) Verschiedene saprophytisch und parasitisch lebende Blütenpflanzen	97
d) Die insekten- und fleischfressenden Pflanzen	101

Zweiter Abschnitt.

Atmung	109
Die Wärmentswicklung durch Atmung	111
Die Heizung von Warmbeeten durch Pilze	116
Atmung, Drainage und Blumentopf	118

Dritter Abschnitt.

Wachstum	123
1. Allgemeines	123
2. Wachstum und Außenbedingungen	128
a) Temperatur	128
b) Licht	129
3. Wachstumsbewegungen	133
a) Geotropismus	134
Trauerbäume	138
b) Heliotropismus	141
Lichtgenuß	148
Lichtmessung und Pflanzenkultur	151
Das Licht im Gewächshaus	151
c) Hydrotropismus	154
d) Aërotropismus	156
4. Organbildung	156
Polarität	158
Schwerkraft und Licht	160
Das Zweigsystem unter dem Einfluß innerer und äußerer Kräfte	161

Die Bedeutung der Neigung und Krümmung des Zweiges für das Wachstum	163
Das Verhalten aufrechter und geneigter Zweigsysteme	165
Der Baumschnitt	168
1. Herstellung der Form	169
2. Förderung der Blüten- und Fruchtbildung	173
3. Topfkultur	171
4. Verpflanzen	174
5. Verjüngung	175
5. Ruheperiode, Treiberei und Laubfall	176
a) Ruheperiode	176
b) Treiberei	178
Theoretisches	189
c) Laubfall	192
d) Abfall von Blütenknospen, Früchten usw.	201

Vierter Abschnitt.

Vom Erfrieren und Gefrieren der Pflanzen	205
1. Das Erfrieren bei Temperaturen knapp über dem Eispunkt	206
a) Das Verwelken infolge von niedriger Temperatur	206
b) Das Erfrieren bei Temperaturen über dem Eispunkt bei Ausschluß der Transpiration	207
2. Das Erfrieren nach vorherigem Gefrieren	208
Gefrieren lebloser Körper, der Zelle und Gewebe	208
3. Stirbt die gefrorene Pflanze erst beim Auftauen?	210
4. Die Ursachen des Erfrierens	212

Fünfter Abschnitt.

Die Fortpflanzung	219
Die Lebensdauer	219
1. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung	223
Ausläufer, Wurzelstöcke (Rhizome), Knollen, Zwiebeln	223
Ableger und Steckling	226
Bedingung der Stecklingszucht	234
Veredelung oder Transplantation	237
1. Ablaktieren	238
2. Pfropfen	239
3. Kopulieren	240
4. Okulieren	240
Bedingungen eines guten Pfropferfolges	242
a) Innige Berührung gleichnamiger Gewebe	242
b) Natürliche Verwandtschaft	242
c) Normale Lage	245
Beziehungen zwischen Reis und Unterlage	246
a) Verbindung der Geschlechter bei diözischen Pflanzen	246
b) Verbindung verschiedener farbiger Pflanzen	246
c) Verbindung verschieden großer und verschieden geformter Pflanzen	246
d) Verbindung stark wachsender mit schwach wachsenden Pflanzen (Zwergobst)	247
e) Verbindung verschiedener Gattungen	247
f) Die infektiöse Panachure	248

	Seite
g) Chimären	251
h) Burdonen	255
Vorteile, die die Stecklingszucht und Veredelung gewähren	256
Führt die fortgesetzte ungeschlechtliche Vermehrung durch Stecklinge und Pfropfen zur Altersschwäche?	262
II. Die geschlechtliche Fortpflanzung	265
Fortpflanzung eines Farnkrauts	265
Fortpflanzung einer bedecktsamigen Pflanze	267
Parthenogenese	269
Parthenokarpie	269
Über Blüten- und Fruchtbildung in ihrer Abhängigkeit von verschiedenen Ursachen	274
Licht	275
Wärme	277
Feuchtigkeit	278
Nährsalzmangel	278
Theoretisches	279
Gefüllte Blüten	281
Durchwachsung der Blüte	286

Sechster Abschnitt.

Die Keimung der Samen	289
Keimungsbedingungen	289
Wasser	289
Sauerstoff	292
Temperatur	292
Licht und Frost	293
Chemische Reize	295
Entstehungsfolge der Samen	298
Dauer der Keimfähigkeit	299
Scheintod	300

Siebenter Abschnitt.

Variabilität, Vererbung und Pflanzenzüchtung	305
Variabilität	306
Modifikationen	306
Kombinationen	306
Mutationen	307
Populationen	308
Vererbung	310
MENDEL'S Regeln	311
Mirabilis	311
Urtica	313
Erblichkeit und Pflanzenzüchtung	316
Auslese	316
Kreuzung	317
Xenien	319
Sachregister	323

ERSTER ABSCHNITT

Ernährung.

1. Die Wasserkultur.

Wenn man eine Wurzel, einen Stamm, ein Blatt, eine Blüte, kurz irgendeinen Teil der Pflanze verbrennt, so bleibt als Rest Asche zurück. Diese unverbrennbare Substanz ist für die Pflanze von der größten Bedeutung und man hat viel Mühe darauf verwendet, ihre Zusammensetzung¹⁾ festzustellen, weil man hoffte, auf diese Weise jene Nährelemente ausfindig machen zu können, die für die Pflanze unumgänglich notwendig sind. Es sei gleich bemerkt, daß dieser Weg nur zum Teil zum Ziele führt, daß es erst der sog. Wasserkulturmethode vorbehalten blieb, hier vollständige Klarheit zu bringen und daß man mit dieser die für die höhere, grüne Pflanze unbedingt notwendigen Elemente erkannte. Es sind dies folgende: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Kalium, Kalzium, Magnesium, Schwefel, Phosphor und Eisen.

Unter der Wasserkultur versteht man das Verfahren, eine Pflanze anstatt im Boden in einer Nährlösung von bestimmter Zusammensetzung zu ziehen. Um diese Methode hat sich der Agrikulturchemiker Knop große Verdienste erworben. Er hat auch eine Nährlösung angegeben, die heute noch allgemein angewendet wird und die folgende Zusammensetzung hat:

1000 g destilliertes Wasser
1 g salpetersaurer Kalk, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
0,25 g Magnesiumsulfat, MgSO_4
0,25 g saures phosphorsaures Kali, H_2KPO_4
0,12 g Chlorkalium, KCl
Spur Eisen.

Diese Lösung ist vollständig klar und enthält alle für die Pflanze notwendigen Elemente mit Ausnahme des Kohlenstoffes; er ist in der Lösung nicht nötig, da er von der grünen Pflanze aus der atmosphärischen Luft in Form der Kohlensäure aufgenommen wird. Das in der Nährlösung vorhandene Chlorkalium ist nicht unerlässlich, man hat aber die Beobachtung gemacht, daß viele Pflanzen in Gegenwart dieses Salzes besser wachsen und daher fügt man es der Mischung bei. Die Nährlösung muß schwach sauer reagieren; ist dies der Fall, dann färbt sich ein hineingeworfenes blaues Lackmuspapier nach einigen Minuten schwach rot.

Zur Durchführung der Wasserkulturmethode bedient man sich

¹⁾ WOLF, E., Aschenanalyse von landwirtsch. Produkten. Berlin 1871—1880.

verschieden großer Gläser ($\frac{1}{4}$ —4 Liter und darüber) von nebenstehender Form (Fig. 1). füllt sie mit der angegebenen Nährlösung, verschließt mit einem gewöhnlichen, oder besser, mit einem paraffinierten, durchlochten Kork, durch dessen Öffnung die Wurzel des jungen Keimlings, der in der Lösung herangezogen werden soll, eingeführt wird. Der von der Pflanze nicht ausgefüllte Teil der Korköffnung kann durch Watte verstopft



Fig. 1.

Wasserkulturen.

Links: Blechzylinder mit Deckel.

Mitten: *Ginkgo biloba*, 4jähr. Bäumchen.

Rechts: *Echeveria glauca*, mehrjährige Pflanze. 5mal verkl. (Original.)

werden, um dem Keimling einen bessern Halt zu bieten und das Einfallen von Staub in die Lösung zu verhindern. Da unter natürlichen Verhältnissen die Wurzeln dem Lichte im Boden entzogen sind, so empfiehlt es sich, das Kulturgefäß in ein entsprechendes Pappdeckel- oder Blechgefäß mit Deckel (Fig. 1 links) einzustellen oder einfach mit schwarzem Papier zu umhüllen. Wird dies verabsäumt, so bilden sich in der Nährlösung reichlich grüne Algen, die der Kulturpflanze die Nährstoffe zum Teil wegnehmen und die Lösung ganz verschmutzen. Bei Abhaltung des Lichtes bleibt die Flüssigkeit klar und rein. Um die für derartige Kulturen entsprechenden Keimlinge zu gewinnen, läßt man die Samen (Bohne, Mais, Hafer, Roßkastanie usw.) erst 12—24 Stunden in gewöhnlichem Wasser quellen, in einer Keimschale aus glasiertem Ton auf nassem, grauem Löschpapier auskeimen und wartet nun, bis die Würzelchen etwa eine Länge von 3—7 cm erreicht haben. Anstatt der Keimlinge kann man auch mit Vorteil in Wasser bewurzelte Stecklinge verwenden, z. B. solche vom Oleander, der Fuchsie, Pelargonium u. a.—Durch

die oberirdischen Teile gibt die Pflanze Wasser in Form von Dampf ab, sie transpiriert. Von den Wurzeln wird Wasser aufgenommen, nach oben geleitet und auf diese Weise das durch Transpiration abgegebene Wasser wieder aus der Lösung ersetzt. Die Folge davon ist, daß die Nährlösung abnimmt. Sie muß daher von Zeit zu Zeit durch neue Nährlösung ergänzt und nach 2—3maliger Ergänzung schließlich ganz erneuert werden. Während der Vegetationsruhe kann man die Nährlösung durch gewöhnliches Brunnenwasser ersetzen, da zu dieser Zeit der Stoffwechsel ein sehr träger ist und die in gewöhnlichem Wasser vorkommenden Nährsalze im Winter vollständig genügen.

Mit Hilfe der Wasserkultur, von der in pflanzenphysiologischen und landwirtschaftlichen Instituten ausgiebiger Gebrauch gemacht wird, ist es gelungen, viele Landpflanzen vom Keimling bis zur Frucht zu kultivieren, ja Holzgewächse durch viele Jahre bis zu ansehnlichen, 2—4 m hohen Bäumchen in voller Üppigkeit heranzuziehen. Im allgemeinen aber bleiben die Wasserkulturen, verglichen mit gleichalterigen, im Boden befindlichen Kontrollpflanzen im Wachstum etwas zurück, weil sie gewöhnlich in zu kleinen Kulturgefäßen stehen und auch sonst ungünstigen Bedingungen (im Winter zu hoher Temperatur, schlechter Luft, ungünstigem Licht usw.) ausgesetzt sind.

Tropische, epiphytisch lebende Orchideen scheinen sich weder in der Knorschen Nährlösung noch in gewöhnlichem Leitungswasser wohl zu fühlen; wenigstens gelang es mir trotz jahrelanger Bemühungen nicht, solche Orchideen mit Erfolg in Wasserkultur zu ziehen. Ob die mangelhafte Durchlüftung der Wurzeln oder das Ausbleiben des Wurzelpilzes (S. 92) schuld daran war, wäre zu untersuchen.

Mit dieser Wasserkulturmethode läßt sich zeigen, daß die vorhin genannten Elemente für die Entwicklung der Pflanzen unbedingt notwendig sind. Wird nur ein einziger dieser Stoffe aus der Lösung fortgelassen, dann wird die weitere Entwicklung gestört, die Pflanze wird krank und geht schließlich zugrunde, wie im folgenden gezeigt werden soll. Ja, auch wenn nur ein einziger Nährstoff in zu geringer Menge vorhanden ist, stockt die Entwicklung alsbald, selbst wenn alle andern in reichlicher Menge zu Gebote stehen, eine Erscheinung, die man als „Gesetz des Minimums“ bezeichnet.

Welcher Stoff in einem Acker im Minimum vorhanden ist, läßt sich leicht durch den Düngungsversuch feststellen. Abgesehen von Kalk, dessen Abwesenheit leicht durch das Ausbleiben des Aufbrausens nach Behandlung des Bodens mit Salzsäure nachgewiesen werden kann, handelt es sich hierbei im wesentlichen nur um die 3 Nährstoffe: Stickstoff, Phosphorsäure und Kali. Werden also 4 gleichgroße Parzellen eines Grundstückes gleich vorbereitet und dann die 1. mit Stickstoff (Salpeter oder Ammoniak), die 2. mit Phosphorsäure, die 3. mit Kali gedüngt und die 4. als Kontrollfläche ungedüngt belassen, so wird, falls z. B. Stickstoff im Minimum vorhanden gewesen wäre, ein Plus der Ernte in der 1. Parzelle dieses Minimum anzeigen.

Das Gesetz des Minimums betrifft aber nicht bloß die Nährstoffe, sondern alle Wachstumsfaktoren, also auch Wärme, Licht u. a.

2. Die unentbehrlichen Aschenbestandteile.

Kalk.

Keimlinge können zwar bis zu einer geringen Größe auch in destilliertem Wasser heranwachsen, weil in den Samen eine gewisse Menge von mineralischen Reservestoffen enthalten ist, aber oft fehlt es auch hier schon an der nötigen Menge von Kalk, wovon man sich leicht durch folgenden Versuch überzeugen kann. Man füllt zwei Glasgefäße, das eine mit einer vollständigen Knorschen Nährstofflösung, das andere gleichfalls mit einer solchen, aber ohne Kalksalz, und bepflanzt beide Gefäße mit jungen Bohnenkeimlingen, deren Samen vorher in destil-

liertem Wasser der Quellung ausgesetzt und auf mit destilliertem Wasser getränktem Filtrierpapier zur Keimung gebracht worden waren, um eine Aufnahme von Kalk zunächst zu verhindern. Schon nach wenigen Tagen zeigt sich bei den Bohnen — man nimmt die Kultur zweckmäßig im Finstern unter einem Glassturz vor — ein bedeutender Unterschied. Die in der kalkfreien Lösung stehenden Pflanzen bleiben im Wachstum der Stengel und Wurzeln auffallend zurück (Fig. 2), zeigen unter der Knospenspitze in der wachsenden Region eine Bräunung und sterben

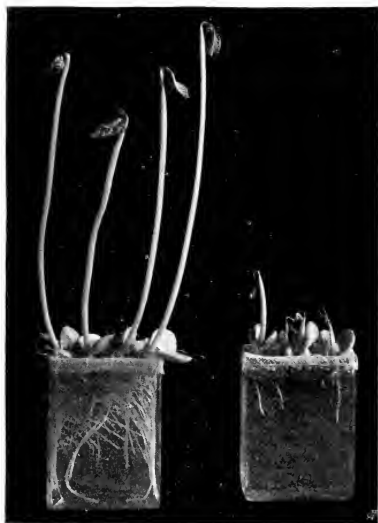


Fig. 2.

Versuch, um die Notwendigkeit des Kalkes bei Keimlingen der Bohne (*Phaseolus multiflorus*) zu zeigen. Links: Keimlinge in kompletter Nährlösung, rechts Keimlinge in derselben Lösung, aber ohne Kalk. Hier stellen sie ihr Wachstum ein und sterben ab. 4mal verkl. (Original.)

in dieser Zone ab. Fügt man rechtzeitig in die Nährlösung etwas Kalk in Form von Kreide oder Gips hinzu, so treiben die Achselknospen der Keimblätter aus, worauf sich die Pflanzen rasch erholen.

Abgesehen von vielen niederen Algen und Pilzen benötigen alle Pflanzen Kalk, aber sie verhalten sich verschieden großen Kalkmengen des Bodens gegenüber nicht in gleicher Weise. Jeder, der die Pflanzenwelt in der freien Natur beobachtet, weiß, daß im Kalkgebirge bestimmte Pflanzen auftreten, die im Urgebirge mit seinen kalkarmen aber kieselreichen Gesteinen (Granit, Sandstein, Schiefer usw.) fehlen und umgekehrt. So finden sich in Deutschland auf kalkreichem Boden: *Aster Amellus*, *Epipactis rubiginosa*, *Globularia vulgaris*, *Hippocrepis comosa*, *Prunus mahaleb*, *Teucrium montanum*, *T. botrys*. Hingegen treten fast ausschließlich auf kieselreichem, also kalkarmem Boden auf: *Calluna vulgaris*, *Digitalis purpurea*, *Rumex acetosella*, *Sarothamnus scoparius*, *Scleranthus perennis*, *Sphagnum*-Arten, *Vaccinium myrtillus* u. a. —

Man war vielfach der Meinung, daß die chemische Zusammensetzung des Bodens, das Vorherrschen des Kalkes einerseits und das der Kieselsäure andererseits von maßgebender Bedeutung für das Auftreten der genannten Pflanzen ist. Dieser Theorie gegenüber machte sich eine andere Ansicht geltend, die physikalische Theorie, derzufolge nicht die chemischen, sondern die physikalischen Eigenschaften der betreffenden Böden die Verteilung der Gewächse bedingen, und dieser Streit hat bis auf

den heutigen Tag nicht aufgehört. Denn, um nur von zwei bedeutenden Forschern zu sprechen: SCHIMPER¹⁾ verteidigt die chemische und KRAUS²⁾ die physikalische Theorie. Auf diese in pflanzengeographischer und physiologischer Hinsicht sehr wichtige Frage kann hier nicht eingegangen werden, da sie dem Ziele dieses Werkes fern liegt. Es muß aber hervorgehoben werden, daß in manchen Fällen die chemische Zusammensetzung des Bodens sicher mit dem Auftauchen gewisser Pflanzen zusammenhängt; so treten die Salpeterpflanzen immer auf salpeter- oder ammoniakreichem Boden auf, das Kochsalz ist bestimmend für die salzliebende Strandflora und der Kalkgehalt eines Bodens entscheidet oft über Sein oder Nichtsein einer Pflanze, weil ein bestimmtes Maß gewisser Kalkverbindungen schon giftig oder schädlich wirkt. Sphagnum-Arten werden schon durch verdünnte Lösungen von kohlensaurem Kalk (0,03–0,008 %) geschädigt, während Gips selbst in gesättigter Lösung den Sphagnaecen unschädlich ist³⁾. Es ist mir daher auf Grund meiner und anderer Erfahrungen wahrscheinlich, daß nicht so sehr der Kalk an und für sich, sondern die alkalische Reaktion bestimmter Kalksalze schädlich wirkt. Diese Auffassung wurde jüngst auch durch Versuche mit *Pinus pinaster* und *Sarothamnus scoparius* erhärtet⁴⁾.

Drosera-Arten kommen bei Kultur mit kalkreichem Wasser nicht auf und die Reizbarkeit ihrer Blätter wird durch Kalksalze von gewisser Konzentration, ähnlich wie durch Äther, aufgehoben⁵⁾.

Von großer Bedeutung ist der Kalkgehalt des Begießungswassers für die Kultur der Erica- und Azalea-Arten. Diese erfordern ein weiches, kalkarmes Wasser; steht in einer Gärtnerei solches nicht zur Verfügung, so beginnen sie alsbald zu kränkeln, die Laubfarbe wird bräunlich, sie bleiben im Wachstum zurück, während sie, mit weichem, kalkarmem Wasser oder mit Regenwasser begossen, unter sonst gleichen Umständen sehr gut gedeihen⁶⁾.

Auch bei der Kultur der Alpenpflanzen wird man bei der Herrichtung der Felssteinpartien auf die zu verwendenden Steine und Geröllmassen achten müssen. Für Pflanzen des Kalkgebirges wird man, wenn möglich, Kalksteine, für die des Urgebirges, Schiefer, Granit, Gneis oder ähnliche Kieselschiefe, aber kalkarme Gesteine heranziehen, worüber man in KERNERS Büchlein über die Kultur der Alpenpflanzen nähere Angaben vorfindet⁷⁾. —

1) SCHIMPER, A. F. W., Pflanzengeographie. Jena 1898. p. 111.

2) KRAUS, G., Boden und Klima auf kleinstem Raum usw. Jena 1911.

3) PAUL, H., Zur Kalkfeindlichkeitsfrage der Torfmoose. Ber. der Deutsch. Bot. Ges. 1906, p. 148.

4) MEVIUS, W., Beitr. z. Physiologie „kalkfeindlicher“ Gewächse. Jahrb. l. wis. Bot. Bd. 60, 1921, p. 147.

5) CORRENS, C., Zur Physiologie von *Drosera rotundifolia*. Bot. Ztg. 1. Abt. 1896, p. 25.

6) In der Gärtnerei meines Vaters in Brünn wurde dieser Umstand auf das sorgfältigste beachtet. Da die Brunnen der Gärtnerei nur kalkreiches Wasser lieferten, mußte für die Ericaceen entweder Regenwasser gesammelt oder weiches Wasser aus dem in der Nähe befindlichen Flusse (Schwarzawa) beschafft werden. Ob Eriken und Azaleen gegen gewisse Konzentrationen von allen Kalkverbindungen empfindlich sind, oder nur von bestimmten, bleibt zu untersuchen. Ich werfe diese Frage hier auf, weil ich die Beobachtung gemacht habe, daß *Azalea indica*, die seit 12 Jahren stets mit dem ziemlich kalkhaltigen Hochquellwasser der Wiener Wasserleitung begossen wurde, nicht schlecht gedeiht. Wahrscheinlich verhalten sich nicht alle Arten gleich. *Erica carnea* gilt ja geradezu als Kalkpflanze.

7) KERNER, A., Die Kultur der Alpenpflanzen. Innsbruck 1864. p. 72.

Vgl. auch KOLB, M., Die europäischen und überseeischen Alpenpflanzen. Stuttgart 1890.

Hat der Pflieger alpiner Pflanzen die Wahl zwischen Brunnen-, Quell-, Bach- oder Flußwasser, so wird es sich im allgemeinen empfehlen, die beiden letzteren zu verwenden, weil diese gewöhnlich nicht allzu kalkreich sind. Vergleiche auch S. 30.

Das Eisen und die Chlorose der Pflanze.

Obwohl das Eisen in der Pflanze nur in geringen Mengen vorzukommen pflegt, ist es doch für die Ernährung sowohl der grünen, als der nichtgrünen unerlässlich¹⁾. Grüne Gewächse, die in eisenfreier Nährlösung gezogen werden, zeigen alsbald eine auffallende Erscheinung: ihre jungen, noch wachsenden Blätter werden, sobald sich der Eisenmangel fühlbar macht, nicht mehr grün, sondern bleich, entweder gelblich, gelblich grün oder weißlich, schließlich schneeweiß. Es wird also kein Chlorophyll mehr gebildet. Diese auf Eisenmangel beruhende Erscheinung wird als Chlorose oder Bleichsucht bezeichnet. Sie kann, wie zuerst E. GRIS²⁾ gezeigt hat, durch Zufuhr von Eisen geheilt werden, denn wenn man der Nährlösung ein paar Tropfen einer verdünnten Eisenlösung in Form von Eisenvitriol oder Eisenchlorid beifügt, so findet bei günstiger Temperatur schon nach ein bis mehreren Tagen ein Ergrünen der jungen, bleichen Blätter statt. Noch anschaulicher läßt sich die Wirkung des Eisens auf die chlorotische Pflanze dartun, wenn man verdünnte Lösungen der eben erwähnten Eisensalze in Form eines Buchstaben oder eines Wortes auf das bleiche Blatt aufpinselt, denn dann ergrünt es nach einiger Zeit in Form der Schrift. An diesen Stellen dringt das Eisen in die Zellen ein und veranlaßt hier die Blattgrünbildung in den Chlorophyllkörnern, die ja den Sitz des Blattgrüns darstellen. Zu diesem Experimente eignen sich besonders leicht benetzbare Blätter, z. B. die von Helianthus. Will man die Chlorose in eisenfreien Nährlösungen hervorrufen, so muß die Nährlösung, da schon sehr geringe Mengen von Eisen für das Ergrünen genügen, mit besonders großer Sorgfalt hergestellt werden. Es müssen alle Spuren von Eisen ferngehalten und die Nährsalze und das destillierte Wasser in reinster Form verwendet werden, weil sonst leicht Spuren von Eisen durch Verunreinigung in die Nährlösung hineingelangen. —

Keimlinge verschiedener Pflanzen (*Pisum sativum*, *Brassica oleracea*, *Zea Mais*, *Cucurbita pepo*, *Vicia sativa* usw.) bilden, auch wenn sie in eisenfreier Lösung stehen, gewöhnlich die ersten Blätter grün aus und zwar mit Hilfe des Eisens, das als Reserveeisen im Samen steckt. Erst wenn dieses aufgebraucht ist, werden die nun folgenden Blätter chlorotisch. Chlorophyll, das für die Ernährung von so großer Wichtigkeit ist, wird dann nicht mehr gebildet und die Pflanze geht nach und nach zugrunde. Durch Hinzufügen von 1—5 Tropfen einer verdünnten Eisenlösung zu $\frac{1}{2}$ Liter Nährlösung wird die Chlorose zum Verschwinden gebracht. An warmen Sommertagen zeigt sich der Effekt oft schon nach 24 Stunden und nach 3—4 Tagen ist von der Chlorose der jüngeren Blätter dann nichts mehr zu sehen. Das Ergrünen beginnt gewöhnlich von den Blatttrippen aus und stellt sich zuerst in jüngeren, noch wachsenden Blättern ein, hingegen entwickeln alte chlorotische Blätter nur wenig oder gar kein Chlorophyll mehr, weil sie die Fähigkeit hierzu eingebüßt haben. —

¹⁾ MOLISCH, H., Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena 1892.

²⁾ GRIS, E., Comptes rend. 1844—1847.

Die Chlorose tritt aber nicht bloß im Experimente, sondern auch in der freien Natur auf. Wenn man in einer Allee von Roßkastanien (*Aesculus Hippocastanum*) die einzelnen Bäume genauer betrachtet, am besten so, daß man knapp am Stamme stehend längs dieses in die Baumkrone hineinblickt, so wird man nicht selten unter den vielen belaubten grünen Ästen hie und da auch einen bemerken, der weißliche oder reinweiße Blätter besitzt. Das ist bei alten Roßkastanien eine nicht gerade seltene Erscheinung. Eine der beliebtesten Gartenpflanzen, die *Hydrangea hortensis* (Hortensie), zeigt in der Kultur sehr häufig zum Verdrusse des Gärtners die Bleichsucht und die auf Äckern so häufige Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*) ist gleichfalls nicht selten von dieser Krankheit befallen.

SACHS¹⁾ hat eine ganze Liste von Pflanzen namhaft gemacht, die in unseren Gärten an Chlorose öfters leiden: *Quercus*-Arten, *Spiraea*-Arten, *Castanea vesca*, *Magnolia tripetala*, *Robinia pseudacacia*, *Abies*-Arten, *Boeonia cordata*, *Wistaria sinensis*, *Akebia quinata*, *Aristolochia tomentosa* und auch verschiedene Topf- und Kübelpflanzen. Auf den ersten Blick muß es sehr überraschen, daß bei im Boden stehenden Pflanzen Chlorose überhaupt auftreten kann, da ja für die Chlorophyllbildung schon Spuren von Eisenverbindungen ausreichen und Eisen, man kann wohl sagen, in jedem Boden mehr als genug vorhanden ist. Wenn sich trotzdem Chlorose zeigt, so kann dies in verschiedenen Ursachen begründet sein.

1. Das Eisen ist zwar im Boden vorhanden, aber in einer ungelösten Form, kann also nicht in genügender Menge aufgenommen werden. Enthält ein Boden zu viel Kalk, so kann er dadurch unter gewissen Verhältnissen stärker alkalisch werden und das Eisen bleibt infolgedessen ungelöst. An Hausmauern beobachtete ich oft bei Spalierbäumen der Birne und des Pfirsichs Chlorose. Hier dürfte der Mörtel der im Boden befindlichen Mauer, an welcher die Wurzeln des Baumes vorbeistreichen, den Boden alkalisch machen.

2. Die Pflanze oder bestimmte Teile derselben befinden sich in einem krankhaften Zustand, der die Aufnahme des Eisens oder seine Assimilation verhindert. Die Störung kann in den Wurzeln, in den saftleitenden Teilen des Stammes oder einzelnen Zweigen liegen. In gewissen Gegenden ist der Weinstock der Chlorose stark unterworfen und nach MOLZ²⁾ ist die übergroße Feuchtigkeit im Kalkboden die Hauptursache. Sie erzeugt in der Umgebung der Wurzeln Sauerstoffmangel und Wurzelfäule. Durch Drainage, Bodenlockerung, flaches Roden und Verwendung kurzer Setzlinge kann die Chlorose in diesem Falle bekämpft werden.

3. Endlich kann nach SACHS an gesunden Holzgewächsen Chlorose auftreten, wenn sie allzu rasch wachsen und ihre Sprosse sich so rasch verlängern und so rasch Blätter hintereinander bilden, daß das zugeleitete Eisen dem augenblicklichen, relativ großen Bedürfnis nicht genügt. SACHS konnte die Erscheinung besonders an solchen Gehölzen beobachten, deren Kronen während der Winterruhe gelichtet wurden und im Frühjahr mit großer Energie austrieben. So bei *Robinia pseudacacia*, *Spiraea opulifolia*, *Castanea vesca*, *Quercus*-Arten u. a. Dasselbe habe ich an jungen, außerordentlich rasch wachsenden Sprossen geköpfter Roß-

¹⁾ SACHS, J., Erfahrungen über die Behandlung chlorotischer Gartenpflanzen. Arbeiten a. d. bot. Institut i. Würzburg. Bd. II. 1888.

²⁾ MOLZ, E., Untersuchungen über die Chlorose der Reben. Jena 1907.

kastanienbäume und an beschnittenen Hecken von *Carpinus betulus* bemerkt. Aus dem Gesagten wird der Praktiker schon entnehmen können, wie er der Chlorose in manchen Fällen wird vorbeugen können. Es wird ihn aber auch interessieren, wie man die schon eingetretene Chlorose heilen kann. Mit diesem Gegenstand hat sich SACHS¹⁾ beschäftigt und er hat dabei folgende Erfahrungen gesammelt.

Von vornherein dürfte man der Ansicht zuneigen, daß chlorotische, in freiem Boden eingewurzelte Pflanzen durch Begießen mit verdünnten Eisenlösungen (1 : 100) geheilt werden könnten. Dies ist aber nicht der Fall, weil das Eisen von den oberen Schichten des Bodens festgehalten wird und in die tieferen gar nicht eindringt. Gewisse mineralische Nährstoffe, wie Phosphorsäure, Kali, Eisen und andere werden namentlich von den feineren Bodenteilchen adsorbiert und in eine Form gebracht, die man als den adsorbierten Zustand bezeichnet. In diesem Zustande werden die genannten Stoffe nur sehr schwer durch das Wasser gelöst. SACHS empfiehlt daher zur Heilung der Chlorose das Eisensalz in fester Form und zwar teils in größeren, teils in feineren Körnern in die Erde der näheren Umgebung der Wurzeln einzuführen.

Er läßt „bei Sträuchern und Bäumen im freien Land je nach dem Alter derselben in 50—100 cm Entfernung (Radius) vom Stammgrund einen kreisrunden Graben von 20—30 cm Breite und Tiefe aufwerfen oder aber den Boden zwischen den dickeren Wurzeln, zentrifugal vom Stamm ausstrahlend, mit der Hacke tief aufreißen, zum Teil auswerfen und, wenn das Erdreich zu trocken ist, so viel Wasser nachgießen, daß die entblößten und tiefer liegenden Bodenschichten und Wurzeln gut durchtränkt werden. — Alsdann wird der käufliche Eisenvitriol, so wie er eben ist, oder nachdem die größten Stücke zerschlagen worden sind, eingestreut; je nach der Größe des Baumes, also auch des gemachten Kreisgrabens oder der aufgehackten radiären Bodenlockerungen zwischen den ausstrahlenden Wurzeln verwende ich nun nach Gutdünken 2—3, auch wohl 6—8 kg Eisenvitriol auf einen Baum oder Strauch. Das Eisensalz besteht nur zum Teil aus feinem Pulver, zum größeren Teil aus etwa erbsengroßen Körnern und endlich aus Stücken von Haselnuß- bis Walnußgröße. Die eingestreute Salzmasse wird mittels der Hacke mit der unterliegenden Erdschicht gemischt, dann nach und nach die ausgeworfene Erde hereingezogen und wieder mit dem Salz gemischt und so fort, bis die ausgeworfene Erde wieder eingefüllt, soviel als möglich mit dem Eisen gleichmäßig gemischt und eingeebnet ist. Schließlich wird nun reichlich bewässert, entweder 6—10 große Gießkannen (100—150 Liter Wasser) aufgegossen, wenn man es haben kann, der Schlauch der Wasserleitung auf einige Minuten angelegt. So löst sich nun das feinere Pulver des Eisenvitriols sofort auf und wird die Lösung von dem rasch nachströmenden Wasser in die tieferen Erdschichten geführt, bevor das Eisen in den oberen ganz adsorbiert wird. Die größeren Körner lösen sich erst in den späteren Tagen, wenn es regnet oder gegossen wird, langsam auf, so daß die ihnen benachbarten Erdteile sich adsorptiv mit Eisen sättigen. Die größten Eisenvitriolstücke endlich findet man im Herbst oder im nächsten Jahre noch an Ort und Stelle, wo sie eben hingefallen waren, aber in eine rostbraune, weiche, teigige Masse, in Ocker verwandelt²⁾.

Bei diesem Verfahren handelt es sich darum, das Eisen nach und nach in Lösung zu führen, an den Bodenteilchen niederzuschlagen und den in das adsorbierte Eisen wachsenden Wurzelhaaren Gelegenheit zu geben, es mit ihrer sauren Oberfläche zu lösen und aufzunehmen. — Die Chlorose wird am wirksamsten geheilt, wenn man die

¹⁾ SACHS, J., l. c.

²⁾ SACHS, J., l. c., p. 445.

Eisendüngung, wenn möglich, gleich nach dem Eintritt der Krankheit anwendet. Die Heilung tritt dann oft schon nach 14 Tagen ein (Robinia). Häufig macht sich die Eisendüngung erst im nächsten Jahre geltend und die Bleichsucht erscheint dann spurlos verschwunden.

Das geschilderte Verfahren läßt sich nach SACS auch bei Pflanzen in großen Töpfen und Kübeln anwenden. Man hat nur nötig, die obere Erdschicht in dem Gefäß zu lockern, abzutragen, das grobkörnige Eisenvitriol, etwa eine Handvoll auf einen Topf von 2–3 Liter, aufzustreuen, dann mit Erde zu bedecken und täglich nach Bedarf zu begießen. Bei dieser Behandlung im Mai oder Juni ergrünen die chlorotischen Blätter großer Topfpflanzen bereits nach 5–10 Tagen, wenn sie nicht zu alt sind und überhaupt noch die Fähigkeit besitzen, zu ergrünen.

Bei chlorotischen Pflanzen in kleinen Töpfen darf nach meinen Erfahrungen nicht mit festem Eisenvitriol gearbeitet werden, weil dann die Eisenverbindung den Wurzeln in zu konzentrierter Form geboten würde und sie hierdurch vergiftet würden. Auch bei großen Topf- und Kübelpflanzen möchte ich Vorsicht empfehlen, man mache den Versuch immer erst mit einem Exemplar, um die Wirkung zu erproben und sich eventuell vor größerem Schaden zu bewahren.

Die Chlorose der Obstbäume kann auch durch Bespritzen des Laubes mit sehr verdünnter Eisenvitriollösung (auf 1 Liter Wasser 1 g Eisenvitriol) beseitigt werden. Dieses Salz heilt nicht bloß die Chlorose, sondern übt auch auf das Gedeihen der Obstbäume und die Ausbildung der Früchte einen sehr günstigen Einfluß aus. Das Bespritzen soll vor Sonnenuntergang ausgeführt werden, damit die Flüssigkeitstropfen nicht verdampfen, sondern aufgesaugt werden können¹⁾.

Aus der Notwendigkeit des Eisens für die Chlorophyllbildung hat man früher den voreiligen Schluß gezogen, daß der Blattgrünfarbstoff selbst Eisen enthält. Dies ist jedoch sicher nicht der Fall, wohl ist aber das Eisen für die Chlorophyllentstehung notwendig. Da das Eisen sich aber auch für nichtgrüne Pflanzen, z. B. für Pilze, als notwendig erwiesen hat, so gelangen wir zu der Annahme, daß mit dem Mangel an Eisen in der Pflanze, gleichgültig ob grün oder nichtgrün, Störungen eintreten, die eine normale Leistung der lebenden Substanz (Protoplasma) überhaupt nicht zulassen. Die Chlorose erscheint dann nicht als eine direkte Folge des Eisenmangels, sondern erst als eine Folge dieser Störungen und mithin bloß als ein Symptom eines krankhaften Zustandes des Protoplasmas²⁾. —

Neben der Chlorose gibt es im Pflanzenreiche einige Erscheinungen, die mit der Chlorose eine gewisse Ähnlichkeit haben, damit aber nicht verwechselt werden dürfen: das Etiollement und die Panachierung. Kartoffelknollen, die im Finstern austreiben, bilden überverlängerte, elfenbeinweiße Stengel und gelbe Blätter. Die meisten höheren Pflanzen zeigen bei Abschluß vom Licht dieses abnorme Aussehen. Solche Gewächse nennt man etioliert und die Erscheinung selbst Etiollement oder Vergeilung. Die Ursache ist also Lichtmangel. Die panachierten Pflanzen³⁾ sind durch ihre gescheckten Blätter ausgezeichnet. Sie sind nicht rein grün, sondern teilweise grün, teilweise gelblich (Aucuba, Abutilon) oder weiß und grün gefleckt (Acer, Evonymus) oder weiß umrändert (Pelargonium

¹⁾ Vgl. auch HOLLRUNG, M., Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. Berlin 1914. 2. Aufl., p. 105.

²⁾ MOLISCH, H., l. c., p. 95.

³⁾ KÜSTER, E., Pathologische Pflanzenanatomie. II. Aufl. Jena 1916. p. 9–26.

zonale). Solche Pflanzen können beleuchtet und mit Eisen überflutet werden und doch bleiben sie panachiert. Also: die Chlorose beruht auf Eisenmangel, das Etiollement auf Lichtmangel und die Panachierung auf inneren, uns derzeit unbekanntem Ursachen. —

Wenn zeitig im Frühjahr die Freiland-Hyazinthen, Tulpen und Narzissen bei relativ niedriger Temperatur aus dem Boden hervorkommen, so erscheinen die Blätter, auch nachdem sie schon längere Zeit dem Lichte ausgesetzt waren, gelblich oder gelblichgrün, da sie infolge der niedrigeren Temperatur ihr Blattgrün nicht auszubilden vermögen. Dies hat natürlich mit Chlorose auch nichts zu tun, denn sobald die Temperatur steigt, tritt das Ergrünen alsbald ein. —

Es sei ferner darauf aufmerksam gemacht, daß, abgesehen von Eisen, auch bei Stickstoff- oder Phosphormangel ein schwächeres Ergrünen eintreten kann, so daß die Blätter einen gelblichen Stich erhalten; doch entstehen niemals unter solchen Umständen die für die Chlorose bezeichnenden weißen Blätter. Es scheint mir daher nicht passend, Pflanzen, die infolge von Stickstoff- oder Phosphormangel ein bleichgrünes Aussehen zeigen, wie dies häufig geschieht, auch chlorotisch zu nennen, etwa von Stickstoff- oder Phosphorchlorose zu sprechen, sondern es empfiehlt sich, um Verwirrung zu vermeiden, den Ausdruck Chlorose nur für die durch Eisenmangel hervorgerufene geringe oder vollständig unterbleibende Ausbildung des Chlorophylls zu gebrauchen.

Schwefel, Phosphor, Kalium und Magnesium.

Die eben genannten Stoffe finden sich gleichfalls in der Asche vor.

Der Schwefel wird gewöhnlich in Form von Sulfaten mit dem Bodenwasser aufgenommen und dient hauptsächlich zum Aufbau des Eiweißes.

Der Phosphor, im Boden stets in kleiner Menge vorhanden, tritt als Phosphorsalz in die Pflanze ein und nimmt unter anderem an der Bildung der für den Zellkern charakteristischen Nukleinverbindungen Anteil.

Vom Kalium weiß man zwar, daß es für die Pflanze unentbehrlich ist, seine Leistung ist aber vorläufig unbekannt.

Magnesium. Auch von der Rolle, die das Magnesium in der Pflanze spielt, ist bisher mit Sicherheit noch recht wenig bekannt. Da es sich einerseits an dem Aufbau des Chlorophyllfarbstoffes beteiligt, andererseits aber auch für nichtgrüne Pflanzen, für Pilze, notwendig ist, so geht daraus hervor, daß dem Magnesium in der Pflanze zum mindesten zwei verschiedene Leistungen zufallen müssen.

3. Die entbehrlichen Aschenbestandteile.

Die Pflanze nimmt aber nicht bloß die für sie unentbehrlichen Stoffe auf, sondern auch zahlreiche entbehrliche. So findet man in den meisten Pflanzenaschen beträchtliche Mengen von Natrium, Chlor, Silizium, Aluminium, Mangan, Spuren von Kupfer, Bor und andere Elemente, in den Meeresalgen auch Jod und Brom¹⁾.

Silizium ist allgemein verbreitet. Besonders die Kieselalgen, Schachtelhalme und Gräser lagern in ihrer Zellhaut so viel Kieselsäure ein, daß nach der Veraschung die betreffenden Zellwände als sogenannte

¹⁾ MOLISCH, H., Mikrochemie der Pflanzen. 2. Aufl. Jena 1921. p. 44—48.

Kieselskelette zurückbleiben. Von RICHTER¹⁾ wurde der Nachweis geliefert, daß für die untersuchten Kieselalgen die Kieselsäure und ebenso auch das Natrium unentbehrlich ist; ob dies auch für Equiseten und Gramineen zutrifft, sollte von neuem untersucht werden. Die Kieselsäure bedingt eine gewisse Starrheit der Membran und macht die Organe der Pflanze gegen das Eindringen von Pilzen und Angriffe der Tiere widerstandsfähiger. Die Meinung aber, daß die Kieselsäure die Festigkeit der Pflanze überhaupt bedinge und daß das Lagern des Getreides auf Kieselsäuremangel beruhe, ist als unrichtig erwiesen. Wir wissen vielmehr, daß die Festigkeit der Pflanze durch bestimmte Zellen (Bast-, Holz- und andere Zellen) gewährleistet und daß das Lagern des Getreides durch Lichtmangel infolge zu dichter Saat hervorgerufen wird.

Chlor findet sich wohl in jeder Pflanze vor, doch ist der Chlorgehalt bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden. Während für manche Gewächse Chlor schon in sehr geringen Mengen giftig wirkt, lieben und vertragen die Pflanzen des Meeresstrandes und des Meeres selbst sehr viel davon. Es wurde schon früher darauf hingewiesen, daß sich ein Zusatz von Chlorkalium zur Knopschen Nährlösung empfiehlt, da viele Pflanzen mit Chloriden besser gedeihen; auch hat man mit Kochsalzdüngung in manchen Böden bei gewissen Pflanzen gute Erfahrungen gemacht²⁾.

Aluminium ist im Pflanzenreiche weit verbreiteter als man früher angenommen hat, ja nach KRATZMANN³⁾ scheint es nahezu allgemein vorzukommen⁴⁾. Gewisse Pflanzen speichern große, mitunter auffallend große Mengen davon auf: Lycopodien, einige Baumfarne, *Symplocos* und *Orites excelsa*. Was aber für den Gärtner von ganz besonderem Interesse erscheint, ist die Tatsache, daß gewisse Aluminiumverbindungen einen auffallenden Einfluß auf die Blütenfarbe der Hortensien ausüben.

Der Einfluß des Bodens auf die Blütenfarbe der Hortensie.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen blüht die bekannte Gartenpflanze *Hydrangea hortensis*, auch Hortensie genannt, rosarot. Allein es ist schon lange bekannt, daß manche Erdarten, gewisse Moorerden und Heideerden aus bestimmten Gegenden die Fähigkeit haben, eine Bläug der Blüten hervorzurufen, wenn die Hortensien längere Zeit darin kultiviert werden. Abgesehen von solchen Böden haben aber nach den Untersuchungen von MOLISCH⁵⁾ auch gewisse chemische Verbindungen diese Fähigkeit, so der gewöhnliche Alaun ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 + 24\text{H}_2\text{O}$), Aluminiumsulfat und Eisensulfat. Der genannte Autor hat eine lange Reihe von verschiedenen Stoffen bezüglich ihrer Einwirkung auf die Blütenfarbe

¹⁾ RICHTER, O., Die Ernährung der Algen. In „Monographien u. Abhandlungen der Hydrobiologie usw.“ Bd. 2. Leipzig 1911. p. 65 u. 12.

²⁾ Es wäre eine dankbare Aufgabe, namentlich gewisse Kulturpflanzen, die einen großen Chlorgehalt aufweisen, wie die Zuckerrübe und der Kohl, oder solche Pflanzen, die wie *Cocos nucifera*, *Cycas circinalis*, *Casuarina equisetifolia*, *Erythrina indica* u. a. unter natürlichen Bedingungen nur auf dem Salzboden des Meeresstrandes wachsen, auf ihr Verhalten zur Kochsalzdüngung zu prüfen.

³⁾ KRATZMANN, E., Der mikrochemische Nachweis und die Verbreitung des Aluminiums im Pflanzenreich. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. 1913, Abt. I. 122. Bd. p. 311.

⁴⁾ Vgl. auch STOKLASA J., Über die Verbreitung des Aluminiums i. d. Natur etc. Jena 1922.

⁵⁾ MOLISCH, H., Der Einfluß des Bodens auf die Blütenfarbe der Hortensien. Bot. Ztg. 1897, p. 49.

der Hortensien geprüft: Moorerde, Heideerde, Torf, Lehm, pulverisierten Dachschiefer, gewöhnlichen Alaun, schwefelsaure Tonerde, reine amorphe Tonerde (Al_2O_3), Eisen in verschiedenen Formen wie Eisenvitriol, Eisenchlorid, Hammerschlag, Eisenfeilpulver, Eisenfeilspäne, Eisennägel, Eisenocker und noch andere Substanzen. Eine verlässliche, gute Wirkung war aber nur bei den drei vorher genannten Verbindungen zu verzeichnen. Von der Verwendung des Eisenvitriols ist abzuraten, da dieses Salz, wenn es wirksam sein soll, in beträchtlicher Menge zugeführt werden muß und dann im Blumentopf leicht giftig wirkt. Dasselbe gilt auch von der schwefelsauren Tonerde. Hingegen kann der gewöhnliche Alaun wärmstens empfohlen werden. Soll durch dieses Salz eine Bläuung der Blüten hervorgerufen werden, so verfähre man nach MOLISCH in folgender Weise.

Stecklinge, die im Monat Februar gemacht wurden und in Blumentöpfen zu ziemlich großen Pflanzen herangewachsen sind, werden im Monat August in größere Töpfe (15—20 cm breit) verpflanzt und bei dieser Gelegenheit mit Alaun versehen. Auf das Abzugsloch des Topfes wird ein Scherben, darauf etwas Erde, dann ein mittelgroßer Löffel voll Alaun in erbsen- bis haselnußgroßen Stücken gebreitet. Nun wird der Wurzelballen darauf gestellt und endlich der Zwischenraum zwischen Topf und Ballen mit Erde und Alaunkörnern (pro Topf $\frac{1}{10}$ Liter Körner) vollgefüllt. Unmittelbar nach Einleitung des Versuches und auch späterhin dürfen die Pflanzen nicht unbedeckt stehen bleiben, sondern müssen in einem passenden Gewächshause oder noch besser in einem Mistbeete unter Glasfenstern gezogen werden, weil sonst ein länger andauernder Regen den Alaun zu rasch lösen und die Wurzeln hierdurch schädigen könnte. Unter den Fenstern halten sich die Alaunkörner auffallend lange, bei den meisten Pflanzen findet man noch im Winter Körner in den Töpfen. Der Alaun löst sich nur allmählich, die Pflanze nimmt während einer langen Zeit immer nur wenig auf und das ist für den Erfolg sehr bedeutungsvoll. Hortensien, die einer solchen Behandlung unterworfen werden, blühen, auch wenn sie in einer Erde stehen, die an und für sich rotblühende Hortensien hervorbringen würde, im Frühjahr blau oder blauviolett. Sehr gute Dienste leistet auch Ammoniakalaun. Man setzt zweckmäßig im Herbst auf je 1 Liter Erde je 15—20 g gepulverten Ammoniakalaun¹⁾ zu.

Noch empfehlenswerter als die Verwendung des Alauns ist die Benutzung solcher Erden, denen die Fähigkeit, Blüten der Hortensie zu bläuen, schon an und für sich zukommt. Wo aber solche Erden nicht zur Verfügung stehen, bietet Alaun einen ausgezeichneten Ersatz.

Wie ist die Bläuung zu erklären? Der in der Blüte befindliche Farbstoff ist das Anthokyan. Bereitet man aus den rosaroten Blüten eine wäßrige Lösung, so schlägt die rosarote Farbe derselben, sofern man eine Spur Alaun, Aluminiumsulfat oder Eisenvitriol hinzufügt, in Blau um. Dasselbe geschieht nun auch in der Blüte selbst, wenn die genannten Salze in die farbstoffführenden Zellen eintreten, und so erklärt sich die Bläuung der Blüte.

Auffallend ist, daß die meisten anderen Pflanzen mit roten Blüten bei ähnlichem Kulturverfahren mit Alaun keine Farbenwandlung in Blau erfahren. Versuche mit rotblühender *Primula sinensis*, rotem *Cyclamen persicum* und der Rose gaben negative Resultate. Das gleiche fand VOUK²⁾ für *Phlox decussata*. Dies scheint dafür zu sprechen, daß es sich bei der Hortensie um ein spezifisches Anthokyan handelt.

¹⁾ Flora, Kgl. Sächs. Ges. f. Bot. u. Gartenb. z. Dresden. Jg. 12—13 (1907—1909), p. 129.

²⁾ VOUK, V., Österr. bot. Ztschr. 1908, No. 6.

Doch soll nach MIYOSHI¹⁾ mit Alaun eine ähnliche Farbenänderung wie bei der Hortensie bei *Callistephus chinensis*, *Campanula alliariifolia* (in blau) und *Lycoris radiata* (in lila) eintreten. Aus der kurzen Mitteilung ist aber nicht zu ersehen, ob der Alaun normal durch die Wurzeln oder durch die Schnittfläche von Zweigen aufgenommen wurde.

Mangan, Zink und Kupfer sind für den Praktiker nur insofern von Bedeutung, als sie als Reizmittel dienen können, doch davon soll später die Rede sein.

Mangan ist im Pflanzenreiche sehr verbreitet. Einige Wasserpflanzen haben bei Kultur in Mangansalzlösungen das auffallende Vermögen, die nach außen gelegene Wand der Oberhaut der Blattoberseite durch Einlagerung von Manganoxyd braun zu färben, so daß die ganze Pflanze ein fremdartiges Aussehen erhält. Dies geschieht nur im Lichte. Sehr schön läßt sich dies nachweisen, wenn man *Elodea canadensis* in 0,1proz. Manganchloridlösung in direktem Sonnenlichte zieht²⁾.

4. Stickstoff.

Die atmosphärische Luft ist ein mechanisches Gemenge und besteht im wesentlichen aus den beiden Elementen Stickstoff und Sauerstoff. Stickstoff macht (einschließlich 1% Argon) 79,2 Vol.-Proz. und Sauerstoff 20,8 Vol.-Proz. aus. Dazu kommen noch 0,03 Vol.-Proz. Kohlensäure, etwa 0,003% freier Wasserstoff, wechselnde Quantitäten von Wasserdampf, Spuren von Ammoniak, salpetriger und Salpetersäure, Ozon, Wasserstoffsperoxyd und Staub.

Obwohl der Stickstoff den überwiegenden Teil der atmosphärischen Luft ausmacht, vermögen doch die meisten Pflanzen mit Ausnahme der Leguminosen und einiger anderer den freien Stickstoff nicht zu assimilieren, sondern sie entnehmen den für den Zellaufbau nötigen Stickstoff aus den anorganischen Stickstoffsalzen des Bodens und des Wassers, aus den Nitraten und Ammoniumsalsen. Das Ammoniak entsteht in der atmosphärischen Luft gelegentlich elektrischer Entladungen, namentlich durch den Blitz bei Gewittern, es kann dann zu salpetriger und Salpetersäure oxydiert werden und gelangt schließlich mit den Niederschlagswässern in den Boden. — Hier erleiden diese anorganischen Stickstoffverbindungen häufig Wandlungen, indem Ammoniak bis zu Salpetersäure oxydiert und gelegentlich wieder zu Ammoniak reduziert werden kann. Dies ist nicht, wie man früher meinte, ein rein chemischer Prozeß, sondern ein biologischer. Er wird durch Bakterien besorgt. Jene Bakterien, die die Oxydation des Ammoniaks zu salpetriger- und zu Salpetersäure bewirken, heißen nitrifizierende und der Vorgang selbst wird als Nitrifikation bezeichnet.

Eine zweite Quelle von anorganischen Stickstoffverbindungen fließt dem Boden durch die Zersetzung der Pflanzen- und Tierleichen zu. Die organischen Stickstoffverbindungen dieser werden durch die im Boden befindlichen Bakterien, Schimmelpilze und höheren Pilze zersetzt und

¹⁾ MIYOSHI, M., Über die künstliche Änderung der Blütenfarben. Bot. Zbl. 83. Bd. 1900, p. 345.

²⁾ MOLISCH, H., Über lokale Membranfärbung durch Manganverbindungen bei einigen Wasserpflanzen. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. Bd. CXVIII. Abt. I. 1909.

schließlich in anorganische Stickstoffsalze übergeführt: in Ammoniak, Nitrite und Nitrate. —

In den Nährstofflösungen bietet man den Stickstoff in Form von Nitraten oder Ammoniumsalsen und die grünen Pflanzen gedeihen damit sehr gut. In der stickstofffreien Lösung vollenden die Pflanzen ihre Entwicklung nicht, ein Beweis, daß sie den atmosphärischen Stickstoff nicht verwerten können.

Die auf natürlichem (unkultiviertem) Boden vorkommenden Gewächse gedeihen jahrein, jahraus auf demselben Boden, sie finden alle genügend Stickstoff in gebundener Form vor. Aber auch unter den „wildem“ Pflanzen



Fig. 3.
Wurzelknöllchen *w* von *Robinia pseudacacia*. Natürl. Größe.
(Original.)

gibt es solche, die ebenso wie viele Kulturpflanzen nur gedeihen, wenn größere Mengen von Stickstoff im Boden vorhanden sind, ja manche davon haben eine solche Vorliebe für Salpeter und Ammoniak, daß sie geradezu als Anzeichen großen Stickstoffgehaltes im Boden angesehen werden können. Es sind die sogenannten Nitrat- oder Salpeterpflanzen¹⁾. Die Schutt- oder Ruderalflora besteht vorzugsweise aus solchen Gewächsen: *Amarantus*, *Chenopodium*, *Urtica*, *Mercurialis*, *Solanum*, *Sinapis*, *Helianthus*, *Capsella*, *Lamium*, *Stellaria* und andere. Wirft man das trockene Kraut von *Amarantus*, *Helianthus* oder der Kartoffelpflanze auf glühende Kohlen, so verbrennen sie infolge ihres hohen Salpetergehaltes unter heftigem Verpuffen. Die Salpeterpflanzen folgen dem Menschen. Bei der Wanderung im Gebirge ist man überrascht, in der Nähe menschlicher Ansiedlungen, in der Nähe von Hütten oder Ställen plötzlich der Brennnessel (*Urtica*), dem guten Heinrich (*Chenopodium bonus Henricus*) und anderen Nitratpflanzen zu begegnen, die hier in dem düngerreichen, mit salpetersauren- und Ammoniumsalsen durch-

setzten Boden ausgezeichnete Existenzbedingungen finden. Es ist dies gleichzeitig ein schöner Beweis dafür, daß auch die chemischen Eigenschaften des Bodens für das Auftreten bestimmter Pflanzen von Bedeutung sein können.

Die in den grünen, krautigen Gewächsen vorhandenen Nitraten werden nicht etwa hier gebildet, sondern stammen von außen; enthalten die Gewächse mehr davon als der Boden, in dem sie stehen, so erklärt sich dies durch Speicherung²⁾.

Stickstoffbindende Pflanzen. Wie erwähnt, sind die meisten Pflanzen nicht imstande, sich den freien Stickstoff der Luft zunutze zu machen. Man kennt aber Ausnahmen.

¹⁾ MOLISCH. H., Mikrochemie der Pflanze, 2. Aufl. Jena 1921. p. 88.

²⁾ MOLISCH. H., Über einige Beziehungen zwischen anorganischen Stickstoffsalsen u. d. Pflanze. Sitzber. v. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. I. Abt., Bd. XIV, 1887, p. 242.

1. Gibt es einige Bodenbakterien, die zwar auch die Fähigkeit haben, gebundenen Stickstoff organischer und anorganischer Verbindungen zu assimilieren, die aber auch den freien Stickstoff binden und verwerten können. Hierher gehören zwei weitverbreitete Bodenbakteriengattungen: *Azotobaeter chroocoeum*, *A. agile* und *Clostridium Pasteurianum*.

2. Die andere wichtige Ausnahme bilden die Hülsenfrüchtler oder Leguminosen, die bekanntlich die Schmetterlingsblütler oder Papilionaceen, die Caesalpineen und Mimosen umfassen. Seit langem ist bekannt, daß diese Pflanzen an ihren Wurzeln eigenartige Knöllchen ausbilden, die von MALPIGHI (1687) zuerst abgebildet und ganz richtig als Gallen gedeutet wurden. Ihre Gestalt erscheint bei verschiedenen Pflanzen verschieden: kugelig, oval, fingerförmig, lappig, korallenartig. Ihre Größe schwankt zwischen Millimeter- bis Haselnußgröße. Über ihr Aussehen bei *Robinia* gibt die nebenstehende Fig. 3 Aufschluß. WORONIN¹⁾ (1866) machte die wichtige Entdeckung, daß die Knöllchen in ihren Zellen von lebenden Bakterien erfüllt sind. Es ist später auch BELJERINCK gelungen, die Knöllchenbakterien außerhalb der Pflanze auf künstlichen Nährböden rein zu züchten und ihre Eigenschaften zu untersuchen, so daß heute kein Zweifel darüber obwalten kann, daß die in den Knöllchenzellen vorhandenen Stäbchen wirklich Bakterien sind. Sie finden sich in den verschiedensten Böden vor, dringen durch die Wurzelhaare in den Wurzelkörper ein, hier die Knöllchenbildung verursachend. —

Ob die in verschiedenen Leguminosenknöllchen eingenisteten Bakterien miteinander identisch sind, ob es sich um Anpassungsformen ein und derselben Art oder um verschiedene Arten handelt, ist vorläufig nicht ganz sichergestellt. Man faßt die verschiedenen Formen gewöhnlich als *Bacterium radicola* zusammen.

Tötet man die in der Erde eines Blumentopfes vorhandenen Bakterien durch Erhitzen, so bilden die darin wachsenden Leguminosen keine Knöllchen aus und bleiben in der Entwicklung zurück. Sowie aber Knöllchenbakterien in die Erde durch Impfung übertragen werden, bilden die Wurzeln Knöllchen aus und die Leguminosen gehen einer üppigen Entwicklung entgegen (Fig. 4). Heute weiß man, daß die Bakterien in den Knöllchen den freien Stickstoff assimilieren, der dann auch den Leguminosen zugute kommt. Wie sich dieser Prozeß abspielt, ist derzeit noch unbekannt. —

Die Praktiker haben schon vor langer Zeit immer und immer wieder betont, daß für Hülsenfrüchtler eine Stickstoffdüngung unnötig sei, und es ist üblich geworden, den Klee, die Lupine, die Serradelle, Esparsette und andere Schmetterlingsblütler als Stickstoffsammler zu bezeichnen. Was der Landwirt geahnt, das hat die Wissenschaft auf Grund sorgfältiger Kulturversuche und chemischer Analysen, die wir hauptsächlich HELLRIEGEL und WILFARTH²⁾ verdanken, fest begründet: die Bindung des freien Stickstoffs durch die in den Wurzeln lebenden Bakterien. Dieser

¹⁾ WORONIN, M., Über die bei der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) und der gewöhnlichen Gartenlupine (*Lupinus mutabilis*) auftretenden Wurzelanschwellungen. Bot. Ztg. 1866, p. 329.

²⁾ Vgl. HILTNER in LAFARS Handbuch der techn. Mykologie, III. Bd. Jena 1904 bis 1906, p. 24.

Vorgang spielt in der Natur eine ungemein wichtige Rolle, nicht bloß für die Ernährung der Leguminosen, sondern indirekt auch für die aller anderen Pflanzen, ja auch für die Tiere und den Menschen. Wenn wir bedenken, daß die Leguminosen etwa 700 Arten umfassen, darunter nicht nur Kräuter und Sträucher, sondern auch zahlreiche mächtige Bäume (Robinia, Mimosa, Acacia usw.), und daß diese in großer Individuenzahl auf unserer Erde verbreiteten Gewächse reichlich Stickstoff binden, so ist ersichtlich, wie sehr die Hülsenfrüchtler zur Verbesserung des Bodens beitragen. Zur näheren Begründung sei folgende von Remy aus dem Jahre 1902 herrührende Berechnung angeführt. In Deutschland werden etwa 5 Mill. Hektar Land mit Leguminosen angebaut. Vorausgesetzt, daß eine mittlere Hülsenfrucht- oder Kleeernte durchschnittlich etwa 100 kg Stickstoff (oder die ca. sechsfache Menge Eiweiß) pro Hektar liefert, und unter der weiteren Annahme, daß nur die Hälfte dieses Stickstoffs durch die Knöllchenbakterien der Luft entnommen wird, so würde sich durch die Leguminosenkultur ein Gewinn von alljährlich etwa 2½ Millionen Doppelzentner Stickstoff (oder ca. 16 Millionen Doppelzentner Eiweiß) aus der Luft ergeben, was einem Werte von etwa 300 Millionen Mark entspricht. Eines der wichtigsten Probleme der Landwirtschaft dreht sich ja um die Frage, wie für die



Fig. 4.

Phaseolus vulgaris. 1. Ungeimpft. 2. Geimpft mit Bakterien aus Knöllchen von *Phaseolus vulgaris*. 3. Geimpft mit Bakterien aus Knöllchen von *Pisum sativum*. 4. Geimpft mit Bakterien aus Knöllchen von *Phaseolus vulgaris*, die durch Impfung mit Erbsenbakterien entstanden waren. (Nach HILTNER.)

Kulturpflanzen die nötige Stickstoffmenge beschafft werden soll, da in den natürlichen Böden an Stickstoff kein Überfluß ist. Es ist von hervorragend wirtschaftlicher Bedeutung, daß die Leguminosen eine wichtige Quelle für gebundenen Stickstoff abgeben, und diese Erkenntnis führte auch dazu, die Stickstoffbindung durch die Hülsenfrüchtler praktisch auszunützen.

Zunächst wird die Gründung mit Leguminosen jetzt weit intensiver betrieben als früher, hauptsächlich auf leichten Böden, dann in Obstgärten und auch im Walde. Schnellwüchsige Leguminosen (Lupine, Serradelle) werden nach der Ernte des Getreides eingesät und dann entweder im Herbst noch grün oder im Frühjahr unterpflügt. Da die Leguminosen sehr stickstoffreich sind, so kommt durch sie eine relativ große

Menge von Stickstoff in den Boden, der ein gutes Gedeihen der Nachfrucht, als welche Rübe oder Kartoffel dienen können, ermöglicht. Dieses Verfahren kann aber nur da verwertet werden, wo im Boden die Knöllchenbakterien vorhanden sind. Fehlen sie, wie z. B. in Mooren, so gedeihen Leguminosen, weil sie hier keine Knöllchen ausbilden, nicht.

Bodenimpfung. Man versuchte daher solche Böden mit Erde, die Knöllchenbakterien reichlich enthielt, zu impfen und hat damit gute Resultate erzielt.

Später hat man die Impfung mit Reinkulturen von Knöllchenbakterien durchgeführt und diese Reinkulturen unter verschiedenen Namen in den Handel gebracht, von denen die Marken „Azotogen“ und „Nitragin“ die bekanntesten sind.

Auf Veranlassung von NOBBE und HILTNER wurden für die landwirtschaftlich wichtigen Hülsenfrüchtler die entsprechenden Knöllchenbakterien in Reinkulturen durch die Höchster Farbwerke hergestellt und an vielen Orten Deutschlands erprobt. Die Urteile lauteten anfangs so widersprechend, daß die Höchster Farbwerke 1900 die Herstellung der Kulturen aufgaben. Die amerikanische Regierung und die von Neuseeland haben gleichfalls die Herstellung von Impfmateriale in die Hand genommen, aber die erzeugten Präparate gaben ebenso wie die in England hergestellten sehr unsichere (oder gar keine Erfolge). Auch an anderen Orten tauchten Impfpräparate unter verschiedenen Namen auf, ohne sich aber auf dem Markte dauernd behaupten zu können. Da aber doch mit Impfungen in einzelnen Gegenden ganz überraschend günstige Resultate erzielt wurden, so suchte HILTNER die Reinkulturen hauptsächlich durch Auswahl der Bakterien, der für sie tauglichen Nährböden, ferner durch Änderung des Impfverfahrens zu verbessern und die dadurch erhaltenen Ergebnisse lauten so günstig, daß die gegen die Impfung erhobenen Einwände allmählich zu verstummen beginnen. Um nur ein Beispiel zu erwähnen: Serradella erreichte auf einem geimpften Granitverwitterungsboden bei Weiden in der Oberpfalz 1½ m Höhe und ergab auf 1 a 400 kg grüne Masse, während der ungeimpfte Boden nur Pflanzen von 40 cm Höhe und nur 5 kg grüne Masse lieferte²⁾.

3. Nichtleguminosen. Die Fähigkeit, an den Wurzeln durch Einwanderung von Pilzen Knöllchen zu bilden, kommt auch außerhalb der Leguminosen vor: bei allen Alnus-Arten und bei den Elaeagnaceen. Die Knöllchen der Erle bilden schließlich verholzende, traubige Zusammenhäufungen bis zu Apfelgröße (Fig. 5). Auch hier handelt es sich um eingewanderte Pilze, über deren systematische Stellung man aber noch nicht völlig im klaren ist. Nach den Untersuchungen von PEKLO³⁾ findet sich bei Alnus und Myrica gale ein den Bakterien nahestehender Pilz, nämlich ein Aktinomyzete. Er bildet Fäden, die in kleine bakterienähnliche Stäbchen oder kurze, runde Zellen oder Zellenketten zerfallen und rundliche Anschwellungen bilden, von denen die Wurzelknollen oft dicht erfüllt sind. Daß auch die Erlen mit Hilfe dieser Wurzelpilze freien Stickstoff binden können, wurde von NOBBE und HILTNER⁴⁾ an der Hand von Kulturversuchen bewiesen.

Bei der in Gewächshäusern ihrer roten Früchte wegen kultivierten

¹⁾ LÖHNIS, F., Handb. d. landw. Bakteriologie. Berlin 1910. p. 789.

²⁾ HILTNER, in LAFARS Handbuch der techn. Mykologie, I. c. p. 57.

³⁾ PEKLO, J., Die pflanzlichen Aktinomykosen. Zbl. f. Bakt. usw. II. Abt. 1910, 27, p. 451—579.

⁴⁾ LAFARS Handbuch, I. c., p. 62.

Myrsinacee *Ardisia crispa* hat MIEHE¹⁾ in den etwas knotig aufgetriebenen Blätzähnen Bakterien entdeckt, die hier regelmäßig auftreten. Die Bakterien werden bereits durch den Samen übertragen und spielen im Leben der *Ardisia* eine hervorragende Rolle, denn wenn man bakterienfreie *Ardisia* kultiviert, treten alsbald Hemmungerscheinungen auf. Das



Fig. 5.

Alnus glutinosa (Erle). Wurzelstück mit walnußgroßen, durch einen Pilz hervorgerufenen Knöllchen (links unten und rechts oben). (Original.)

Streckungswachstum der Achse und die Entwicklung der Blätter kommen zum Stillstand, dafür beginnen die Achselknospen anzuschwellen und zu großen Knollen auszuwachsen. Ob diese merkwürdige Symbiose mit

¹⁾ MIEHE, H. Javanische Studien (V. Die Blattknoten an den Blatträndern der *Ardisia crispa*). Abhandl. der mathem.-physikal. Kl. d. K. sächs. Ges. d. Wissensch. Bd. 32, 1911, p. 399.

Derselbe, Über die Knospensymbiose bei *Ardisia crispa*. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1916, p. 576.

Derselbe, Weitere Untersuchungen über die Bakteriensymbiose bei *Ardisia crispa*. Jahrb. f. wissenschaft. Botanik, 58. Bd., 1917, p. 29.

der Assimilation des freien Stickstoffs etwas zu tun hat, bleibt zu untersuchen. —

Eine interessante Symbiose liegt, wie ZIMMERMANN¹⁾ fand, bei den Rubiaceen Pavetta und Grumilea vor. Pavetta indica läßt an allen ausgewachsenen Blättern $\frac{1}{2}$ mm große Knötchen erkennen, die namentlich aus der Oberseite des Blattes hervorragen und, im durchfallenden Lichte betrachtet, als hellere Pünktchen mit dunklem Hofe erscheinen. Die Räume zwischen den Zellen dieser Knötchen sind mit Bakterien erfüllt. Nach FABER²⁾ binden sie freien Stickstoff und leisten dadurch der Pavetta großen Nutzen.

5. Der Boden³⁾.

Der Boden ist, da die Pflanze darin ihren Halt und einen großen Teil ihrer Nahrung findet, für die Vegetation von der größten Wichtigkeit.

Entstehung. Der Boden entsteht durch die Verwitterung der festen Erdrinde. Die Verwitterung stellt einen sehr verwickelten Prozeß dar und beruht auf physikalischen, chemischen und biologischen Einflüssen.

Unter den physikalischen Einwirkungen spielt die Temperatur eine bedeutsame Rolle. Die die Gesteine zusammensetzenden Minerale dehnen sich bei schwankender Temperatur verschieden aus und erzeugen Spannungen. Das in den kapillaren Räumen. Spalten und Höhlungen befindliche Wasser nimmt beim Gefrieren ein größeres Volumen ein und ruft gleichfalls Spannungen und Druckwirkungen hervor, die bei öfterer Wiederholung schließlich zur Zerbröckelung des Gesteins führen.

Dazu gesellen sich die chemischen Einflüsse der sog. Atmosphärien, des Sauerstoffs, des Wassers und der Kohlensäure. Der Sauerstoff oxydiert die in der Erde vorhandenen Oxydulverbindungen, namentlich die des Eisens und Mangans, das Wasser mit und ohne Kohlensäure löst Kalk, kiesel-saure Salze und andere. Die Wirkung des Wassers auf Mineralien und andere feste Substanzen wird vielfach unterschätzt: sogar Glas wird vom Wasser angegriffen. Pulverisiert man Glas und läßt es mit etwas Wasser stehen, so färbt sich ein hineingeworfenes rotes Lackmuspapier alsbald blau, weil Alkalien aus dem Glas in Lösung gehen. Das sog. Blindwerden der Mistbeefenster beruht gleichfalls auf der Wirkung des Wassers und der Kohlensäure auf das Glas. Die, wenn auch geringe Löslichkeit des Glases im Wasser muß bei feinen Ernährungsversuchen genau beobachtet werden, weil eben verschiedene Stoffe aus dem Glas in die Nährlösung hineingelangen können. Die Kohlensäure löst alle Karbonate, ruft Umsetzungen hervor und wirkt vielfach aufschließend auf den Boden.

An der Verwitterung arbeitet aber auch die lebende Pflanze mit: die im Boden vorhandenen Bakterien, Algen, Fadenpilze und Wurzeln.

¹⁾ ZIMMERMANN, A., Über Bakterienknoten in den Blättern einiger Rubiaceen. PRINGSHEIMS Jahrb. f. w. Bot., 1901, Bd. 37, H. 1.

²⁾ FABER, F. C., Das erbliche Zusammenleben von Bakterien und tropischen Pflanzen. Jahrb. f. wissensch. Bot. 51. Bd., 1912, p. 285.

Derselbe, Die Bakteriensymbiose der Rubiaceen. Ebenda 1914, Bd. 54, p. 243.

³⁾ RAMANN, E., Bodenkunde. Berlin 1911. 3. Aufl. — MAYER, A., Lehrb. d. Agrilkulturchemie usw. 5. Aufl. 1901, II. Bd., 1. Abt. Die Bodenkunde. — RUSSELL, E. J., Boden und Pflanze. Übersetzt von BREHM, H. Dresden u. Leipzig 1914.

Wenn eine Wurzel in eine Felsspalte eindringt, so hört ihr Dickenwachstum im beschränkten Raum nicht auf. Infolgedessen übt sie oft große Druckwirkungen aus, die zur Sprengung des Felsens führen. Überdies scheiden die Wurzelhaare saure Substanzen aus, die die Gesteine anätzen und teilweise lösen. Durch folgenden Versuch kann dies sehr anschaulich bewiesen werden. Auf die Basis eines Blumentopfes wird eine blankpolierte Marmorplatte gelegt. Darüber kommt Erde und in diese sät man Samen von Bohnen oder Mais. Die Samen keimen, senden ihre Wurzeln nach abwärts und, wenn diese schließlich die Marmorplatte erreichen, so schmiegen sie sich ihr mit ihren Wurzelhaaren innig an. Nimmt man nach etwa 4—6 Wochen oder später die Platte aus dem Topfe heraus und spült sie im Wasser ab, so zeigt sich der Verlauf der Wurzel in der Politur der Platte auf das genaueste eingätzt (Fig. 6).

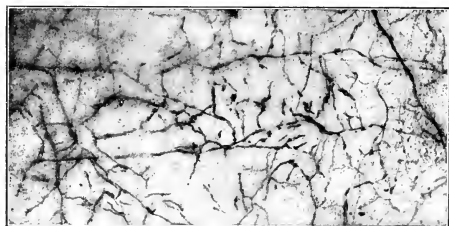


Fig. 6.
Korrosion einer Marmorplatte durch die Wurzeln von *Cineraria rugosa*. Dauer des Versuchs 11 Monate. Natürl. Größe. (Original.)

Die blanke Oberfläche ist unter der Wurzel verschwunden, der Marmor erscheint hier und nur hier wie angefressen, weil die aus der Wurzel austretende Kohlensäure u. andere saure Substanzen hier den kohlensauen Kalk der Platte lösen. Mit der Lupe kann man sogar die Ätzwirkung der einzelnen Wurzelhaare scharf beobachten.

Nicht nur Marmor, sondern auch Dolomit-, Magnesit- und Osteolith-(Apatit-) Platten, ja sogar Elfenbein- und Knochenplatten können auf diese Weise von den Wurzeln korrodiert werden¹⁾.

Die Wurzeln der meisten Pflanzen sind knapp hinter ihrer Spitze mit zahlreichen zarten Haaren, den Wurzelhaaren, bedeckt. Zu Tausenden aus der Oberhaut hervorwachsend und oft einen weißen Pelz um die Oberfläche der Wurzel bildend, sterben sie nach wenigen Wochen ab, um an den fortwachsenden Wurzelenden wieder von neuem zu entstehen. Sie dringen zwischen den kleinen Erdteilchen vor, umspinnen sie und verkleben derart mit kleinen Bodenpartikelchen (Fig. 7), daß man wohl schwer ein Würzelchen aus dem Boden ziehen kann, ohne zahlreiche Haare zu verletzen. Keimlingswurzeln des Kohls oder der Gerste, die in nicht zu feuchter Erde gezogen werden, erscheinen beim vorsichtigen Herausziehen wie von einer aus anhängenden Erdteilchen bestehenden Hose bedeckt (Fig. 8). Daß eine so innige Berührung der Wurzelhaare mit den Bestandteilen des Bodens für die Aufnahme und Aufschließung der Nahrung von großem Nutzen ist, liegt auf der Hand.

¹⁾ MOLISCH, H., Über Wurzelasscheidungen und deren Einwirkung auf organische Substanzen. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. I. Abt., 1887, S. 84. — Bezüglich der Literatur über Wurzelasscheidungen vgl. CZAPEK, F., Biochemie der Pflanzen. II. Anfl., II. Bd., Jena 1920, p. 528—530.

Bau. Um die Güte eines Bodens beurteilen zu können, genügt es nicht, seine chemische Zusammensetzung zu kennen, sondern es ist notwendig, auch seinen Bau, insbesondere den Gehalt an feineren und gröberen Bestandteilen zu untersuchen. Man bezeichnet gewöhnlich die Summe aller jener Teilchen eines Bodens, deren Durchmesser kleiner ist als 0,3 mm, als Feinerde, alles übrige als Skelett. Die mechanische Analyse, die in zweckmäßiger Weise durch Siebe von verschiedener Maschenweite ausgeführt werden kann, ist für die Beurteilung der Bodengüte von großer Wichtigkeit, denn aus dem Gehalte an Feinerde läßt sich auf den Wert des Bodens in vielen Fällen ein Schluß ziehen. Im allgemeinen kann man sagen: je größer der Feinerdegehalt, desto besser der Boden. Die Feinerde ist es ja, die die Nährstoffe aufgeschlossen enthält und die dem Boden viele, für die Pflanze nützliche Eigenschaften verleiht. Damit soll aber keineswegs gesagt sein, daß nicht auch das Skelett für die Pflanzenkultur von Bedeutung sein kann, denn das Skelett trägt namentlich in bündigen Böden sehr zur Lockerung und Durchlüftung bei.



Fig. 7.

Wurzelhaare der Kresse (*Lepidium sativum*), mit Bodenteilchen verklebt. Vergrößert 250. (Original.)

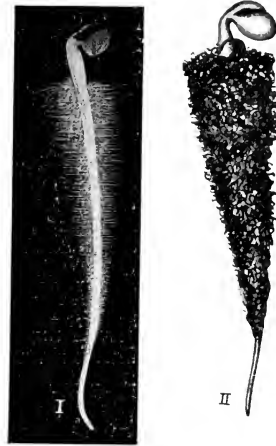


Fig. 8.

Rettichkeimlinge (*Raphanus sativus*).

- I. Auf Filterpapier erwachsen.
 II. In Erde erwachsen. Die Wurzel ist mit einer „Erdhose“ umgeben. (Original.)

Eigenschaften. Jeder Boden hat eine Reihe verschiedener Eigenschaften, von denen hier nur einige der wichtigsten behandelt werden sollen.

Adsorption. Jeder Boden verdichtet, ähnlich wie Holzkohle und andere pulverige Körper, an seiner porösen Oberfläche Gase: Sauerstoff, Wasserdampf, Kohlensäure und Ammoniak. Hierdurch kommen wertvolle Stoffe in den Boden hinein, die, wie der Sauerstoff und die Kohlensäure, die Verwitterung fördern oder, wie die beiden anderen, der Ernährung dienen. Aber nicht nur Gase, auch andere, im Wasser gelöste Stoffe, darunter wertvolle Nährstoffe, werden von der Erde festgehalten (adsorbiert). Im Jahre 1819 zeigte der Italiener GAZZERI, daß übelriechende und gefärbte Jauche, über Ackererde filtriert, ihren unangenehmen Geruch

einbüßt und größtenteils farblos abläuft, weil die Geruchs- und Farbstoffe durch die Erde zurückgehalten werden. Später erkannte man, daß der Boden auch eine starke Adsorptionskraft für Kali, Ammoniak, Kalk, Magnesia, Phosphorsäure, hingegen nicht für Salpetersäure und Natronsalze besitzt. Dabei handelt es sich nicht bloß um physikalische Vorgänge, sondern auch um chemische, denn wenn z. B. ein Kalisalz über Erde filtriert wird, dann tritt das Kali in kieselsaure Verbindungen ein, während andere Basen (Kalk, Natron) aus den Silikaten austreten und sich mit der vorher an das Kali gebundenen Säure verketten.

Die Bodenadsorption leistet der Pflanze große Dienste, weil die durch Verwitterung aufgeschlossenen Nährstoffe, schon von den oberen Schichten größtenteils zurückgehalten, nur wieder allmählich freigegeben werden und so nicht Gefahr laufen, in den Untergrund, wo keine Wurzeln mehr vorhanden sind, geschwemmt zu werden. Wieder sind es die Feinerde und ihre kolloidalen Anteile, denen bei der Adsorption der Hauptanteil zufällt.

Wärme. Die im Boden herrschende Temperatur beeinflusst das Wachstum in hohem Grade. Als Wärmequelle für den Boden kommen in Betracht: die Sonnenwärme, die chemischen, biologischen Vorgänge und die innere Erdwärme. Unter gewöhnlichen Umständen ist die Wärmestrahlung der Sonne das Maßgebende. Je nach dem Wassergehalte, der Struktur, der Korngröße, der Bodenbedeckung und besonders je nach der Farbe wird sich der Boden verschieden stark erwärmen. Ein dunkler oder gar schwarzer Boden wird sich unter sonst gleichen Umständen mehr erwärmen als ein heller Kalkboden; solche Böden verhalten sich also bei der direkten Sonnenbestrahlung bezüglich der Erwärmung wie ein beruhter und unberuhter Thermometer. Von dieser Tatsache wird auch praktischer Gebrauch gemacht. SAUSSURE erwähnt, daß die Bewohner von Chamonix auf ihre mit Schnee bedeckten Felder schwarzen Schieferstaub streuen, um die Schneesmelze in der Sonne zu beschleunigen. Und in manchen Weingeländen werden schwarze Schieferplatten an den Fuß der Weinstöcke gelegt, um die Wärme aufzufangen, zu speichern, die dann durch langsame Ausstrahlung der Pflanze zugute kommt. Es ist ganz erstaunlich, wie bedeutend sich nackte Böden in direktem Sonnenlichte erwärmen können. In unseren Gegenden auf 40—50°, in den Steppen Südrußlands auf 50—60° und in Massaua (Afrika), wie ich mich selbst überzeugte, auf 60—70° C.

Neben der Farbe übt auch das Wasser einen großen Einfluß auf die Erwärmung des Bodens, in dem Sinne, daß wasserreiche Böden bei gleicher Wärmezufuhr sich weniger erwärmen als wasserarme. Schon durch die Wasserverdampfung wird ja dem Boden viel Wärme entzogen. Wenn man die Bodentemperatur einer Topfpflanze mit der der umgebenden Luft vergleicht, so wird sich gewöhnlich im zerstreuten Lichte zeigen, daß die Bodentemperatur eine merklich tiefere ist. Der vom Wasser durchtränkte poröse Blumentopf und die Erde selbst verdampfen Wasser und entziehen dadurch Wärme. Ein mit gut durchfeuchteter Erde gefüllter Blumentopf stand in einem finsternen Thermostaten. Das in die Topferde 3 cm tief reichende Thermometer zeigte:

Zeit	Temperatur der Topferde	Temperatur der umgebenden Luft
13. Februar		
11 h a. m.	26,3	28,3
5 h p. m.	26,7	28,3
7 h. p. m.	26,9	28,5
14. Februar		
10 h a. m.	26,7	28,3
12 h	26,8	28,4
4 h p. m.	26,4	28,5

Es ist also deutlich zu sehen, daß unter den gegebenen Verhältnissen die Topferde merklich weniger (bis über 2°) warm sein kann als die umgebende Luft.

Von der Ausnützung der durch Bakterien und andere Pilze hervorgerufenen Bodenwärme in der Gärtnerei wird später noch die Rede sein.

Humus. Auf dem nackten Felsstein siedeln sich als erste Pioniere Bakterien und Algen an, ihnen folgen Flechten, Moose, Gräser, Saxifragen und andere. Nach einiger Zeit sterben die erwähnten Pflanzen ab und ihre verwesenden Teile kommen als organische Substanz in den Boden und bilden den Humus im weiteren Umfange. Der Humus hat für die grüne Pflanze eine große Bedeutung, jedoch nicht in dem Sinne, wie man dies früher fälschlich annahm, daß die organische Substanz des Humus direkt als Nährmittel von der Pflanze aufgenommen wird, sondern dadurch, daß die organische Masse durch Zersetzung wertvolle anorganische Nährstoffe liefert (Salpetersäure, Ammoniak, Phosphorsäure usw.) und ferner dem Boden verschiedene der Pflanze nützliche Eigenschaften verleiht. Bei der Verwesung werden die organischen Reste immer kohlenstoffreicher, es bildet sich ein schwarzbraunes oder schwarzes Pulver, der Humus im engeren Sinne. Bei Verrottung dieses Humus unter reichlichem Luftzutritt entsteht eine Masse ohne deutlich sauren Charakter, bei mangelhaftem Luftzutritt, wie in nassen Wiesen, eine von saurer Beschaffenheit. Humusreiche Böden gelten als sehr fruchtbar, der Humus bildet ja auch einen Teil der Feinerde und begünstigt dadurch die Güte des Bodens.

Die Gärtner und Landwirte suchen die Böden durch Düngung mit Pflanzenresten (Stallmist, Kompost usw.) möglichst humusreich zu machen und die Umwandlung von ursprünglichem Boden in Ackerland und von Ackerland in Gartenland beruht zum großen Teil in einer Anreicherung des Bodens mit Humus. Auch die für die Topfkultur notwendigen Erden, die Heide-, Moor-, Mistbeet- und Komposterde enthalten viel Humus. —

Die Kunst der richtigen Pflanzenkultur beruht nicht zu geringem Teile auf der richtigen Wahl der Erde und der Erdmischung. Ein Gärtner könnte seine Unfähigkeit nicht besser beweisen, als wenn er Salat oder Gurken in Heideerde und Azaleen und Eriken in Misterde ziehen würde. Das Resultat wäre kläglich. Bei der Wahl der Erde müssen die natürlichen Bodenverhältnisse, unter denen die Pflanzen wild vorkommen, und auch die sonstigen Ernährungsausprüche stets berücksichtigt werden. Für Eriken und Azaleen, die mit Vorliebe in der Natur auf sandigem Heideboden oder Alpenhumus vegetieren, wird man sandige Heideerde

und Heidemoor wählen, für Moorpflanzen Moorerde, für Pelargonien, Cinerarien, *Viola tricolor*, die Vorliebe für Nitrate haben, wenigstens zum Teil Mysterde, für Orchideen, die sich in der Natur als Epiphyten auf Bäumen ansiedeln, eine aus Laubhumus, Heideerde und Sphagnum bestehende Erde, für keimende Farnsporen Torfziegel usw. Immer muß die Mischung der verschiedenen Erdarten so gewählt werden, daß das Erdgemisch nicht bloß reichlich die nötigen Nährstoffe enthält, sondern auch die für die Pflanze wünschenswerten physikalischen Eigenschaften besitzt.

Mit dem Vorhandensein von organischen Stoffen im Boden ist auch die Möglichkeit des Gedeihens von Kleinlebewesen gegeben. Die Zahl der Bakterien, Schimmelpilze, Algen und Protozoen in verschiedenen Böden ist in der Tat eine ganz erstaunlich große. Um z. B. von der Menge der Bakterien einen Begriff zu geben, sei erwähnt, daß die Zahl der Bakterien in 1 cm³ Erde mehrere bis viele Millionen betragen kann. Als relativ reich an Mikroben gelten Acker- und Gartenböden. Böden mit weniger als 1 Million Bakterien pro 1 cm³ bezeichnet man als arm, mit 2—6 Millionen als mittel und mit über 10 Millionen als sehr reich an Bakterien. In Waldstreu finden sich oft noch größere Mengen. In 1 g Trockensubstanz beobachtete man 1—50 Millionen Bakterien und bis zu 3 ½ Millionen Fadenpilzkeime¹⁾. Speziell auf der Oberfläche von Blumentöpfen hausen Millionen von Algen und Amöben, schleimige Schichten bildend. Der Boden wird sozusagen zu einer lebenden Masse.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß diese Kleinlebewesen auf den Boden einwirken, ihn verändern und dadurch auch die Ernährung der Pflanze beeinflussen. Sie zersetzen den Dünger, den Humus, schließen Nährstoffe auf und ändern den physikalischen Charakter des Bodens. Der mit den Tier- und Pflanzenleichen und organischem Dünger in den Boden gelangende Eiweißstoff wird durch die Kleinwesen wieder abgebaut und schließlich in Ammoniak umgewandelt. Die Salpeterbakterien oxydieren das Ammoniak im Boden zu salpetriger- und Salpetersäure und die sogenannten denitrifizierenden Bakterien können die Salpetersäure unter Freimachung des Stickstoffs wieder zerstören. Daneben finden sich auch solche Bakterien, die freien Stickstoff assimilieren und in gebundene Form überführen, Bakterien, die Zellulose vergären und viele andere.

Man beginnt der Biologie des Bodens immer mehr und mehr Aufmerksamkeit zu schenken, und zwar mit Recht, denn sie ist zweifellos von größter Wichtigkeit. In jedem Boden wird sich nach einiger Zeit zwischen der Unzahl vorhandener Lebewesen ein gewisses Gleichgewicht herstellen; durch gewisse Umstände aber, z. B. durch Düngung, Sterilisierung, durch Einführung von Giften kann das Gleichgewicht gestört werden, gewisse Kleinwesen können die Oberhand gewinnen, andere können in den Hintergrund gedrängt werden und auf diese Weise kann der Boden in einer für die Ernährung günstigen oder ungünstigen Weise beeinflußt werden.

Als man den Boden von Weingärten zum Zwecke der Reblausbekämpfung mit Schwefelkohlenstoff behandelte, stellte sich einige Zeit nachher ein auffallend üppiger Pflanzenwuchs ein, wahrscheinlich deshalb, weil der giftige Schwefelkohlenstoff im Boden zahlreiche Kleinwesen

¹⁾ RAMANN, E., Bodenkunde, I. c., p. 439.

abtötet, die dann durch Verwesung wieder gute Nährstoffe für die höhere Pflanze liefern. Ähnliches kann durch die Sterilisation erzielt werden, ferner durch Äther, Chloroform, Benzol, Schwefel und andere Stoffe.

Neben den Bakterien und anderen Kleinwesen kommen aber im Boden auch verschiedenartige größere Tiere wie Maulwürfe, Mäuse,



Fig. 9.

Verbesserung des Bodens durch den Regenwurm. 3 Töpfe mit Sand, am 1. Mai 1916 mit Kohl besät. Topf links ohne Regenwürmer, Topf mitten mit 5 Regenwürmern, Topf rechts mit 10 Regenwürmern. — 25 Tage nachher wurden die Pflanzen photographiert. Man sieht die auffallende Förderung der Entwicklung der Kohlpflänzchen durch die Regenwürmer. Verkleinert. (Original.)



Fig. 10.

Verbesserung des Bodens durch den Regenwurm. 3 Töpfe mit Sand, am 3. Juni 1916 mit *Helianthus annuus* besät. Topf links ohne Regenwürmer, Topf mitten mit 3 Regenwürmern und Topf rechts mit 10 Regenwürmern versehen. 21 Tage nachher wurden die Pflanzen photographiert. Die Regenwurm-Sämlinge sind entsprechend der Regenwurmzahl in ihrer Entwicklung auffallend gefördert. Verkleinert. (Original.)

Skolopender, Käfer, Ameisen und Würmer vor und unter diesen letzten verdient der Regenwurm ein ganz besonderes Interesse. CH. DARWINS¹⁾ Verdienst ist es, auf die ganz hervorragende Rolle hingewiesen zu haben, die der Regenwurm bei der Bildung und Verbesserung der Ackererde spielt. In allen niederschlagsreichen Gegenden, z. B. in England, gibt es Regenwürmer in Menge. Indem sie die auf und in dem Boden vorhandenen

¹⁾ DARWIN, CH., Die Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer. DARWINS Gesammelte Werke, übersetzt von CARUS. 14. Bd. I. Abt. Stuttgart 1882.

organischen Reste (Blatt- und Stengelstücke) mit der Erde verschlucken, geht eine solche Masse von Erde durch ihren Darm hindurch, daß die ganz oberflächliche Schicht vegetabilischer Ackererde schon nach einigen wenigen Jahren in eine äußerst fein verteilte Form, noch dazu mit den Ausscheidungen des Darmes gemischt und gedüngt, gebracht wird. „Es ist wohl wunderbar“ — sagt DARWIN — „wenn wir uns überlegen, daß die ganze Masse des oberflächlichen Humus durch die Körper der Regenwürmer hindurchgegangen ist, und alle paar Jahre wiederum durch sie hindurchgehen wird. Der Pflug ist eine der allerältesten und wertvollsten Erfindungen des Menschen; aber schon lange, ehe er existierte, wurde das Land durch Regenwürmer regelmäßig gepflügt und wird fortdauernd noch immer gepflügt. Man kann wohl bezweifeln, ob es noch viele andere Tiere gibt, welche eine so bedeutungsvolle Rolle in der Geschichte der Erde gespielt haben, wie diese niedrig organisierten Geschöpfe“ (p. 177 bis 178). —

Ein wirklicher experimenteller Beweis, daß die Fruchtbarkeit der Ackererde durch die Regenwürmer vermehrt wird, findet sich in der Schrift DARWIN'S nicht vor, es gelingt jedoch leicht einen solchen zu erbringen. Zu diesem Zwecke genügt es, Pflanzen in Blumentöpfen mit und ohne Regenwürmer zu ziehen und durch Drahtnetze dafür zu sorgen, daß die Würmer nicht entweichen. Aber auch wenn die letztere Vorsicht außer acht gelassen wird und ein oder der andere Regenwurm entschlüpft, gibt der Versuch bei Verwendung magerer Erde ein positives Resultat und dieses besteht in einer in die Augen springenden Förderung der Pflanzenentwicklung. So lehren es Versuche WOLLNYS¹⁾, der sich anfänglich gegen DARWIN ausgesprochen hat, und so veranschaulichen es meine (nicht veröffentlichten) Experimente in den Figuren 9 und 10.

Nach diesen Versuchen kann es gar keinem Zweifel unterliegen, daß der Regenwurm den Boden fruchtbarer macht. Er wird durch den Wurm chemisch und physikalisch in einer für die Ernährung der Pflanze günstigen Weise verändert. Die Blumentöpfe mit Regenwürmern lassen oft schon mikrochemisch einen größeren Ammon- oder Salpetergehalt im Boden erkennen. —

Im auffallenden Gegensatze zu dem Gesagten steht die Abneigung der Gärtner gegen die Regenwürmer im Blumentopf, die meiner Ansicht nach auch berechtigt ist. Man muß eben wohl zwischen der Tätigkeit des Wurmes im freien Lande und im Blumentopfe unterscheiden. Der Gärtner versieht die Topfgewächse gewöhnlich mit einer so ausgezeichneten, fruchtbaren Erdmischung, daß er des Regenwurmes nicht mehr bedarf. Überdies macht der Regenwurm in kurzer Zeit die Erde im Blumentopf so krümelig oder knollig und durchsetzt sie in dem beengten Raume derart mit Rohrkanälen, daß das Begießungswasser zu rasch durchläuft und die Bodenteilchen nicht Gelegenheit haben, das Wasser und die darin gelösten Salze genügend festzuhalten. Diese Nachteile erklären den bösen Ruf, den die Regenwürmer in gärtnerischen Kreisen genießen. Im freien Lande aber fallen alle diese Nachteile weg und hier wird der Regenwurm in mehrfacher Hinsicht zum Verbesserer des Bodens.

¹⁾ WOLLNY, E., Untersuchungen über die Beeinflussung der Fruchtbarkeit der Ackerkrume durch die Tätigkeit des Regenwurms. Fortschr. auf d. Gebiete der Agriculturnphysik, 13. Bd., 1890, p. 381.

6. Die Düngung.

Die Kulturpflanzen stellen an die Nährstoffe des Bodens hohe, oft viel höhere Ansprüche als die Gewächse der wilden Flora. Dazu kommt, daß mit der Ernte die im Halm, im Samen, in der Frucht oder in der Wurzel (Rübe) aufgespeicherten und dem Boden entnommenen Stoffe dem Acker entzogen werden. Der Boden wird ausgesogen. Will man daher die Kulturflächen stets auf einem hohen Grad der Leistungsfähigkeit erhalten, dann müssen die durch die Ernte weggeführten Nährstoffe im Boden ersetzt werden und das geschieht durch die Düngung. Bei diesem Ersatz handelt es sich in der Regel um drei Nährstoffe, um gebundenen Stickstoff, um Kali und Phosphorsäure. Diese sind in der Erde gewöhnlich nur in geringer Menge vorhanden, während die anderen für die Pflanze notwendigen Stoffe, die Magnesia, die Schwefelsäure, der Kalk und das Eisen selbst nach vielen Ernten meist in genügender Menge zur Verfügung stehen.

Früher, da man künstliche Dünger nicht zur Verfügung hatte, suchte man den Boden durch die sogenannte Brachwirtschaft zu verbessern. Man ließ den Acker 1 Jahr un bebaut, d. h. brach liegen und unterpflügte die sich bildenden Unkräuter am Ende des Jahres. Durch Verwitterung bildeten sich in dem Jahre der Erholung neue Nährstoffe und durch die Verwesung der Unkräuter kam neue Nahrung in brauchbarer Form in den Boden.

Auch durch die Wechselwirtschaft kommt man den Bedürfnissen der Pflanze entgegen. Manche Gewächse erheben große Ansprüche an Kali, andere an Nitrate oder irgendeinen anderen Stoff. Baut man nun auf einem Acker mehrere Jahre hindurch eine Kalipflanze, so wird der Boden schließlich so wenig Kali enthalten, daß die Kalipflanze nicht mehr das Auslangen damit findet, wohl aber kann eine andere Pflanze, die nur geringe Ansprüche an Kali stellt, noch immer auf einem solchen kaliarmen Boden gedeihen. Aus diesem Grunde baut man nicht immer dieselbe Pflanzenart auf demselben Acker, sondern man wechselt mit den Pflanzen, man treibt Wechselwirtschaft.

Die moderne Landwirtschaft und Gärtnerei verfügt heute über eine ganze Reihe ganz ausgezeichnete flüssiger und fester Dünger: Stallmist, Jauche, Torf, Chilisalpeter, Kalkstickstoff, Norgesalpeter, Superphosphat, Thomasschlacke, Knochen-, Blut-, Fleischmehl, Guano und andere. Einer der besten Dünger, dem bis zu einem gewissen Grade eine universelle Bedeutung für die meisten landwirtschaftlichen Gewächse zukommt, ist der Stalldünger. Durch ihn ist es möglich, dem Boden diejenigen Eigenschaften zu geben und zu erhalten, die einen hohen Ertrag bedingen. In richtig zubereitetem Stalldünger sind alle für eine gute Pflanzenentwicklung nötigen Stoffe vorhanden.

Je 100 kg mäßig verrotteter Rindviehmist enthalten durchschnittlich

	0,35 kg	Phosphorsäure
	0,5	„ Kali
	0,5	„ Stickstoff
	0,7	„ Kalk.

Was aber den Stallmist noch besonders wertvoll macht, liegt darin, daß er nicht bloß in hohem Grade ernährend wirkt, sondern daß er den

Boden gewissermaßen physikalisch veredelt. Er erwärmt infolge der Bakterientätigkeit, er fördert die Erwärmungsfähigkeit des Bodens, indem er ihm nach und nach eine dunkle Farbe verleiht, er lockert durch die Humusbildung, liefert Kohlensäure, erhöht die wasserhaltende Kraft, begünstigt die Durchlüftung, die Verwitterung und die Bakterientätigkeit des Bodens.

Sind die Nährstoffansprüche der Kulturen sehr groß, so kann der Stallmist nicht immer genügen und dann muß durch andere Dünger nachgeholfen werden, durch Chilisalpeter, schwefelsaures Ammoniak, Superphosphat, Thomasschlacke und Kalisalze. Wenn Gartenpflanzen sich üppig entwickeln sollen, so haben sie bis zu 400 kg Stickstoff pro Hektar aufzunehmen, ausschließliche Stallmistdüngung bietet soviel Stickstoff nicht; hier müssen konzentrierte Dünger geboten werden: Chilisalpeter, der 15 $\frac{1}{2}$ % und Ammoniumsulfat, das 20% Stickstoff enthält. Begießt man während des Frühlings und Sommers ein Blumen-, Gemüsebeet oder einen kurzgeschnittenen Rasen mit einer Lösung von Chilisalpeter (20 g Salz auf 10 Liter Wasser), so gibt sich die Wirkung schon nach 1—2 Wochen zu erkennen. Die Blätter werden dunkler grün, die Farbe der Blüten ist oft gesättigter, die Entwicklung jeder Pflanze üppiger. Der günstige Erfolg tritt besonders bei Gräsern, Sellerie, Spinat, Kohlarten, Kartoffeln, Rübenarten, weniger bei Bohnen, Linsen, Erbsen und anderen Leguminosen hervor, die, wie wir bereits wissen, sich unter Mithilfe der Bakterien auch den freien Stickstoff zunutze machen können, daher von dem gebundenen Stickstoff des Bodens ziemlich unabhängig sind (p. 17—19).

Um den Mangel an Phosphor im Boden zu ersetzen, verwendet man Thomasschlacke und Superphosphat. Die Thomasschlacke, bei der Entphosphorung des Eisens als Nebenprodukt gewonnen, enthält 16% Phosphorsäure. Das Superphosphat wird gewonnen, indem man gemahlene mineralische Phosphate mit Schwefelsäure behandelt, trocknet und pulvert. Beide Düngungsmittel haben sich ausgezeichnet bewährt. Die damit gedüngten Gewächse entwickeln sich rascher, üppiger, der Blüten- und Fruchtansatz erfolgt früher und die Pflanzen widerstehen besser den Angriffen der Pilze und Insekten. Während der Stickstoff hauptsächlich das Wachstum der Triebe und Blätter fördert, steigert der Phosphor den Blüten- und Fruchtansatz.

Dem Mangel an Kali wird durch die Kalisalze Kainit, Karnallit, Sylvinit usw. der Staßfurter Kaliwerke abgeholfen. WAGNER empfiehlt insbesondere das sogenannte 40proz. Kalisalz. Er stellt ein gemahlenes, in Wasser leicht lösliches Salz dar, das 40% reines Kali, daneben 20% Kochsalz und etwas Magnesia enthält. Das Kalisalz begünstigt hervorragend Kohl-, Rübenarten, Sellerie, Lauch, Tomaten und den Gartenrasen. Bei Verwendung von 4—6 kg auf 100 m² erhält man die besten Erträge, zumal wenn man dafür sorgt, daß der Boden genügend Kalk enthält. —

Kalk. Obwohl der Kalk gewöhnlich in ausreichender Menge für die Ernährung im Boden sein dürfte, so kann es doch in vielen Fällen von Nutzen sein, noch Kalk zuzuführen. So wird in saueren Böden durch Kalk die Umsetzung organischer Stoffe durch die Bindung saurer Produkte beschleunigt und die Versauerung gehemmt. Der Kalk kann dicke Torfschichten binnen kurzer Zeit zum Verschwinden bringen, indem er es erst den Bakterien ermöglicht, den saueren Torf anzugreifen. Selbst

im gewöhnlichen, nicht sehr humusreichen Boden steigt nach Beimengung von geringen Mengen von pulverisiertem Kalk innerhalb weniger Tage die Zahl der Bakterienkeime auf das 50- bis 100fache und dadurch wirkt der Kalk anschließend auf die im Boden nicht direkt verwertbaren Nährstoffe. Dies geschieht oft sehr rasch, so daß zunächst große und dann geringe Fruchtbarkeit eintritt. Schon ein altes Sprichwort sagt: „Der Kalk macht reiche Väter, aber arme Söhne.“ Man wird daher auch bei der Kalkdüngung stets mit Vorsicht verfahren.

Während die rationelle Ernährung der landwirtschaftlichen Gewächse durch Düngung auf eine hohe Stufe gebracht wurde und der Ertrag des Bodens zu einer Höchstleistung gesteigert wurde, läßt sich bei den Gartenpflanzen das gleiche gerade nicht sagen. Die Düngung der Obstbäume wird noch viel zu wenig betrieben und die der Topfpflanzen in den Gärtnereien hat sich vielfach noch nicht eingebürgert, obwohl auch hier glänzende Resultate zu erzielen sind.

WAGNER hat sich mit der Frage der Düngung der Gartenpflanzen eingehend beschäftigt und seine Ergebnisse in einem wertvollen Buche¹⁾ niedergelegt. Er empfiehlt als „Nährsalz“ zur Düngung von Garten-, Topfgewächsen und Treibkulturen ein aus konz. Düngesalzen bestehendes Gemenge. Das Nährsalz²⁾ besteht aus:

15	Teilen	phosphorsaurem Ammoniak
15	„	salpetersaurem Kali
5	„	40proz. Kalisalz
25	„	Chilisalpeter
40	„	schwefelsaurem Ammoniak

Summa . . . 100 Teilen.

100 Teile dieser Mischung enthalten rund 8,5 Teile Kali, 6,5 Teile lösliche Phosphorsäure und 15 Teile Stickstoff. — Dieses Nährsalz hat sich in den Versuchen von WAGNER besonders bewährt bei Fuchsien, Pelargonien, Rosen, Nelken, Myrten, Orangen, Palmen, Oleander, Heliotrop, Kamelien, Coleus, Canna, Clivia, Ricinus, Adiantum, Hydrangea, Calceolaria, Clematis, Tradescantia u. a. — Man verwendet dieses Düngsalz am besten in Form einer Lösung, die bis 10 g Salz in 10 Liter Wasser enthält. Je nach der Größe des Topfes verabreicht man $\frac{1}{8}$ —1 Liter, so daß die Erde von der Lösung vollständig durchtränkt ist.

Die Düngung darf nicht nach einer Schablone durchgeführt werden. Der Gärtner muß auf das Bedürfnis und die Gesundheit der Pflanze Rücksicht nehmen. Eine Topfpflanze darf nur gedüngt werden, wenn sie gut eingewurzelt und im Wachstum begriffen ist. Die Salze würden sonst nicht aufgebraucht werden, in der Erde sich anhäufen und in konzentrierter Form die Pflanze schädigen. Man wird daher ruhende oder kränkelnde Pflanzen nicht düngen. Wachsen die Pflanzen rasch und genießen sie intensives Licht, dann gieße man mit Nährsalz etwa jede Woche einmal, wachsen sie langsam, dann nur alle zwei Wochen. Der verständige Gärtner wird immer von Fall zu Fall vorgehen und die Düngung immer nur nach dem jeweiligen Bedürfnis vornehmen. Welchen Erfolg die Düngung mit Nährsalz, richtig angewendet, aufweist, zeigen in sehr anschaulicher Weise die beiden Figuren 11 und 12.

¹⁾ WAGNER, P., Die Ernährung gärtnerischer Kulturpflanzen. 5. Aufl. Berlin 1908. p. 60.

²⁾ 100 kg dieses Nährsalzes stellten sich vor dem Weltkriege auf etwa 35 Mk.

Verfügt man nicht über Nährsalze, so lassen sich auch mit verdünnter Jauche, mit Hornspänen, Guano oder Blutmehl bei vielen Topfgewächsen ausgezeichnete Resultate erzielen.

Die Jauche stellt man sich zweckmäßig dar, indem man in einem Bottich einige Schaufeln Kuhmist oder andere Tierexkremeute gibt, mit Wasser nachfüllt und

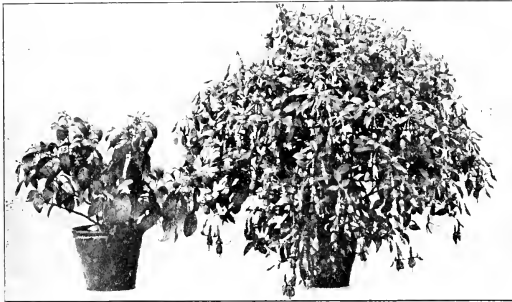


Fig. 11.
Düngungsversuch bei Fuchsien mit Nährsalz.
(Nach WAGNER.)

Düngung: 0

60 g Nährsalz.



Fig. 12.
Düngungsversuch bei Erdbeeren mit Nährsalz.
(Nach WAGNER.)

Düngung:	0 g	5 g	10 g Nährsalz
Ertrag:	86 g	204 g	315 g.

8—14 Tage stehen läßt. Werden Pelargonien, Fuchsien, Cyclamen, Chrysanthemum, Begonien, Gurken, Kürbisse und andere Gartenpflanzen mit der nach Bedarf verdünnten Jauche alle 8—14 Tage begossen, so wachsen sie außerordentlich üppig. Es ist ganz erstaunlich, wie schon eine sehr geringe Mistmenge auf gewisse Pflanzen wirkt. Ich habe mich oft bei *Cineraria cruenta* davon überzeugt. Schmiert man die Innenseite des Blumentopfes mit einer ganz dünnen Lage (1 mm) von Kuhmistbrei aus, füllt mit Erde und pflanzt *Cineraria* hinein, so erhält man glänzende Resultate.

Die Pflanzen, die in solchen ausgeschmierten Töpfen stehen, entwickeln sich viel üppiger, als die in den gewöhnlichen Töpfen.

In neuerer Zeit fängt man auch an, die Obstbäume mit Erfolg zu düngen und hat hierdurch wesentlich bessere Erträge der Masse und der Beschaffenheit der Früchte nach erzielt.

Ausgezeichnete Resultate hat man mit der WAGNERSchen Vorschrift¹⁾ erhalten, die 75 g Chilisalpeter, 100 g Kainit und 100 g Thomasschlacke pro Baum verlangt. Zur Düngung junger Bäume empfiehlt es sich, um jeden Baum zuvor eine Scheibe von 2 m Durchmesser zu lockern, den Dünger darauf auszustreuen, mit Erde zu bedecken und die Scheibe locker und frei von Unkraut zu halten. Alte Bäume kann man mit flüssigem Dünger bis über den Umfang der Kronentraufe stark begießen, weil die Wurzeln über die Traufe hinausreichen. Arbeitet man mit flüssigem Dünger, so düngt man nicht einmal im Jahre, sondern mehrmals; zunächst im Frühjahr, dann Mitte und Ende Sommer.

Eine andere Art der Einbringung des Düngers in den Boden kann auch mit dem GUTERSchen Locheisen²⁾ durchgeführt werden, einer Eisenstange, 1 m lang, unten stark zugespitzt und mit festem Griff versehen. Mit diesem Eisen werden Löcher unter dem Baume in die Erde gemacht und in diese der Dünger, bestehend aus 3 Teilen Superphosphat und 2 Teilen Kalisalzen, eingeführt. Auch Gemische von diesen Salzen mit Chilisalpeter und Jauche werden mit Vorteil verwendet. Man rechnet auf einen

	Superphosphat	schwefelsaures Kali	Chilisalpeter
älteren, großen Hochstamm	1,5—2,5 kg	1,5—2,5 kg	1,0—2,0 kg
jungen Hochstamm oder Zwerg- baum	0,3—0,7 kg	0,3—0,7 kg	0,2—0,4 kg

Reizstoffe. In neuerer Zeit wird von verschiedener Seite auf Grund von Versuchen behauptet, daß durch Beimengung gewisser Stoffe zum Boden ein günstiger Einfluß auf das Gedeihen der Pflanze ausgeübt wird. Es gilt dies insbesondere von Schwefel, Schwefelkohlenstoff, Mangan (O. LOEW, BERTRAND, STOKLASA usw.), Kupferverbindungen, Bleinitrat und radioaktiven Stoffen. Sie sollen eine stimulierende oder, wie man auch zu sagen pflegt, eine „katalytische“ Wirkung ausüben³⁾.

HEINZE³⁾ spricht sich sehr günstig über die Bedeutung der Schwefelblüte für die Steigerung des Bodenertrages aus. Man hat schon vor etwa fünfzig Jahren in Frankreich beobachtet, daß Schwefelungen, wie sie in Weingärten gegen die Oidium-Krankheit (Mehltau) angewendet wurden, eine außerordentlich günstige Einwirkung auf das Wachstum der Stöcke und ihren Ertrag ausübten. Später wurden Düngungsversuche mit pulverisiertem Schwefel, insbesondere von BERNHARD ausgeführt, die zugunsten der Behandlung des Bodens mit Schwefel sprechen. Die ertragsteigernde Wirkung macht sich erst dann bemerkbar, wenn die Schwefelung des Bodens längere Zeit vor der Aussaat erfolgt. — Ob bei dieser Reizwirkung die Veränderung des Schwefels zu Schwefelsäure oder die Aufschließung des Bodens eine Rolle spielt oder ob die Tätigkeit gewisser Bakterien, die für die Ernährung der Pflanze günstig sind, beeinflußt wird, bleibt

¹⁾ OTTO, R., Die Düngung gärtnerischer Kulturen, insbesondere der Obstbäume. Stuttgart 1896. p. 51 u. 54.

²⁾ RUSSEL, E. J., l. c., p. 149.

³⁾ HEINZE, B., Die Steigerung des Bodenertrages durch den Schwefel. Die Naturwissenschaften 1913, Jg. 1, p. 111.

vorläufig fraglich. — Von anderer Seite wird der Reizerfolg des Schwefels überhaupt bezweifelt. Dasselbe gilt auch vom Schwefelkohlenstoff¹⁾.

Ertragsteigernde Wirkungen werden auch dem Mangan zugeschrieben. So erhielt PETIT²⁾ günstige Resultate bei Topfkulturen von *Coleus Verschaffeltii*, wenn pro Topf (von 15 cm Breite) 0,05 bis 0,20 g Mangansulfat gegeben, mit destilliertem Wasser begossen und dafür gesorgt wurde, daß der Einfluß des Sulfates durch Ammonsulfat, welches alle Töpfe erhielten, ausgeglichen wurde.

Auch PFEIFFER und BLANCK³⁾ kamen bei ihren Versuchen gleichfalls zum Schlusse, daß Mangansulfat eine Erhöhung des Ernteertrages zur Folge hat, doch sind sie ihrer Sache nicht ganz sicher, da es sich vielleicht nur um Scheinerfolge handeln könnte. Man sieht, die Sache ist auch für Mangan nicht ganz spruchreif und es bedarf weiterer, exakter Versuche, um die Mangandüngung aufzuklären. Dann erst wird es möglich sein, mit einiger Aussicht auf Erfolg der Frage näher zu treten, wie das Mangan wirkt, ob indirekt durch Veränderung des Bodens oder direkt durch Beeinflussung des Stoffwechsels der Pflanze.

Als unsicher müssen vorläufig auch die erzielten Ergebnisse mit Kupfer-, Bleiverbindungen und radioaktiven Körpern hingestellt werden, da die diesbezüglichen Versuche noch der Exaktheit und kritischen Sichtung entbehren und einander vielfach widersprechen. —

So sehen wir denn, daß das Kapitel Reizstoffe in seiner Beziehung zum Pflanzenbau noch völlig unklar und unausgereift vor uns liegt.

Jedenfalls muß sich der Praktiker stets vor Augen halten, daß es sich beim „katalytischen“ Dünger, wenn er sich in dieser oder jener Form bewähren sollte, nicht etwa um einen Ersatz der eigentlichen Nährstoffe, sondern nur um einen Anreiz handelt.

Zwergwuchs. Sowie Pflanzen durch eine vorzügliche Ernährung zu einer bedeutenden, oft gigantischen Größe, zu sogenannten Mastkulturen herangezogen werden können, so kann durch kärgliche Ernährung⁴⁾, die die Pflanze eben noch am Leben erhält, das Gegenteil erzielt werden, eine Verzweigung. Darunter faßt man gewöhnlich zwei Erscheinungen zusammen, die scharf voneinander zu unterscheiden sind:

1. Rassen von Arten, die sich trotz günstiger Ernährung durch einen auffallend niedrigen Wuchs auszeichnen. Wir kennen von *Ageratum*, *Pelargonium*, *Cineraria*, *Myosotis*, *Zinnia*, *Tagetes* solche „nana“-Formen, die plötzlich aus unbekanntem Ursachen entstehen und ihren niedrigen Wuchs durch Samen vererben.

2. Pflanzen, deren zwerghafte Entwicklung auf eine höchst mangelhafte Ernährung zurückzuführen ist. — An zahlreichen Pflanzen, die zufällig auf trockenem, steinigem Boden wachsen, läßt sich häufig eine höchst kümmerliche Entwicklung beobachten. *Polygonum*, *Capsella*, *Euphrasia* und andere Gewächse gelangen schon nach der Ausbildung von 1—3 winzigen Blättchen zur Blüte und erscheinen dann als wahre

¹⁾ Siehe den kritischen Artikel von P. EHRENBERG, Reizdüngemittel und ihre Bedeutung. „Die Naturwissenschaften“ 1916, p. 345—352.

²⁾ PETIT, A., Notes d'Horticulture expérimentale. Bibliothèque horticole. Paris, p. 193.

³⁾ PFEIFFER, TH. u. BLANCK, E., Beitr. zur Frage über die Wirkung des Mangans auf das Pflanzenwachstum. Landw. Versuchsstationen. 1912, Bd. 77, p. 33.

⁴⁾ KÜSTER, E., Ursachen u. Symptome der Unterernährung bei den Pflanzen. Die Naturwissenschaften, 1917, p. 665.

Zwerg. Auf die Spitze getrieben finden wir die Verzweigung (Nanismus) bei den vielbesprochenen und jetzt in Europa allgemein bekannt gewordenen japanischen Zwergbäumchen¹⁾. Die Japaner verstehen es meisterhaft, Zwergpflanzen zu kultivieren. Sie bringen es zustande, einen Kirsch-, Ahorn- oder Pflaumenbaum durch mehrere Jahrzehnte in einem kleinen Blumentopf zu ziehen. Ich habe in Yokohama ein Kirschbäumchen gesehen, das etwa 1 Meter hoch war, einen ganz hohlen, armdicken Stamm hatte und dessen Zweige reichlich Blüten trugen. Der Baum war, wie man mir versicherte, 150 Jahre alt. Je älter der Zwerg und je kleiner er ist, desto wertvoller erscheint er in den Augen des Japaner. Um derartige Bäumchen heranzuziehen, pflanzt man möglichst kleine Samen in winzige Blumentöpfe, die festgestampfte und nahrungsarme Erde enthalten. Werden solche Pflanzen überdies noch wenig begossen und häufig zurückgeschnitten, so bleiben sie im Wachstum sehr zurück und entwickeln sich, weil sie in einem fortwährenden Hungerzustande erhalten werden, höchst kümmerlich.

Mit Vorliebe gestaltet der japanische Gärtner den Zwerg noch zum Krüppel. Unter Zuhilfenahme von Bleidrähten und Bindfaden werden die jungen, noch schmiegsamen Zweige in der Form einer Zickzack- oder Wellenlinie gebunden oder die Zweige werden, wenn man ein Trauerbäumchen erhalten will, nach abwärts gebogen. Das Gezwungene, Unnatürliche und Gekünstelte erreicht bei der Kultur der Pflanze seinen höchsten Grad, wenn der Japaner, wie dies häufig geschieht, ihr eine bestimmte Form gibt. Ich war nicht wenig verblüfft, als ich in einer japanischen Aktiengärtnerei zu Yokohama zahlreiche Pflanzen sah, die in Form eines Storches, einer Ente, eines Hasen, einer Schildkröte gezogen waren und mein Erstaunen über den eigenartigen Geschmack stieg aufs höchste, als ich im Gewächshause ein kleines Zweirad mit dem Radfahrer am Sitz ganz und gar aus den Zweigen eines Farnkrautes (*Davallia*) gebildet vorfand.

Die Fig. 13 zeigt den Zwergbaum einer Föhrenart, der ein sehr hohes Alter erreicht hat, obwohl er im Blumentopf steht und kaum 1 Meter hoch ist.

Fig. 14 gibt uns ein Beispiel eines zwergigen und mißgestalteten Bäumchens, gleichfalls einer Föhrenart. Es steht auf seinen bogig gekrümmten Wurzeln wie auf Stelzen. Eine monströsere Baumform läßt sich kaum ausdenken.

Wenn wir uns nun fragen, worauf der Zwergwuchs bei den Zwergbäumchen physiologisch zurückzuführen ist, so lautet die Antwort: in erster Linie auf eine höchst mangelhafte Ernährung. Man läßt die Pflanze hungern, indem man sie in einen möglichst kleinen Topf mit magerer, festgestampfter Erde pflanzt und sie so wenig als möglich begießt. Man läßt sie nicht recht leben und nicht sterben, sondern erhält sie in einem ständigen Hungerzustande.

Außerdem bedient man sich noch folgender Kniffe, die alle darauf hinauslaufen, das Wachstum auf ein Mindestmaß herabzudrücken. Man

¹⁾ REIN, J. J., Japan nach Reisen und Studien. Leipzig 1886. Bd. 11, p. 315. Revue Horticole, Paris 1889, 61e année, p. 374 u. 435 und 1878, p. 27.

MAYER, HEINRICH, Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa. Berlin 1906. p. 86.

SORAUER, P., Handbuch d. Pflanzenkrankheiten. I. Bd. bearbeitet von GRAEBNER, P. Berlin 1921. 4. Aufl. p. 241.

wählt die kleinsten Samen für die Kultur aus, entfernt die Hauptwurzel, schneidet die Hauptachse ab und ersetzt sie durch eine Nebenachse, schneidet die Zweige häufig zurück, biegt, dreht, ringelt sie, entblößt die Wurzeln zum Teil von Erde und macht sie gewissermaßen zum Stamm. —

Besonders eignen sich zur Zwergbaumzucht: *Pinus densiflora*, *P. Thunbergii*, *P. massoniana*, *P. parviflora*, *Retinospora obtusa*, *Podocarpus Nageia*, *Sciadopitys verticillata*, *Acer palmatum*, *A. dissectum*, *Rhynchospermum japonicum*, *Prunus Cerasus*, *P. Mume*, *Quercus dentata* und *Diospyros Kaki*.

Bäumchen, die im schmalen Blumentopf durch Gärtnergenerationen bis zu einem Alter von 100 Jahren herangezogen wurden, sind in



Fig. 13.
Sehr altes Zwergbäumchen einer Pinus-Art.
(Original.)

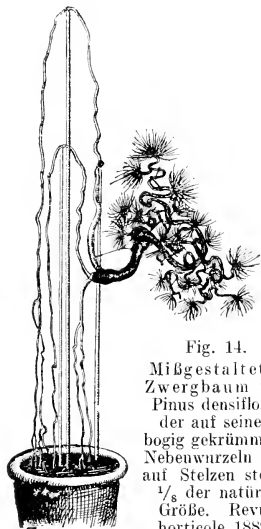


Fig. 14.
Mißgestalteter
Zwergbaum von
Pinus densiflora,
der auf seinen
bogig gekrümmten
Nebenwurzeln wie
auf Stelzen steht,
 $\frac{1}{8}$ der natürl.
Größe. *Revue*
horticole 1889.

Japan keine große Seltenheit. So alte Bäumchen stehen hoch im Preise, werden auch nach Europa gebracht und gerne gekauft. Ihr Alter wird häufig überschätzt.

In der Obstbaumzucht spielt gegenwärtig auch die Zwergobstkultur eine große Rolle. Man erhält niedrige, zwergige Bäumchen, indem man starkwüchsige Bäume auf niedrig bleibende, mit einem schwachen Wurzelsystem versehene Sträucher oder Baumformen veredelt, z. B. die Birne auf die Quitte, den Apfel auf den niedrigen Heckapfel (*Doucain*) oder auf den Paradies- oder Johannisapfel. Das Reis wird dadurch in seiner Entwicklung gebündigt und in seiner Ernährung gehemmt, zumal wenn der Zwergbaum noch in einen Blumentopf eingezwängt wird. Alle diese Umstände tragen zum schwächeren Wachstum und zu erhöhter Fruchtbarkeit bei.

7. Die Kohlensäureassimilation.

Der Anblick eines Stückchens Holzkohle zeigt deutlich, wie gleichmäßig der Kohlenstoff das ganze Holzgewebe durchsetzt und die beim Anzünden eines Strohhalms oder eines trockenen Blattes eintretende Verkohlung lehrt, welch wichtigen Anteil der Kohlenstoff an dem Aufbau der Pflanze hat. Die Trockensubstanz einer Pflanze oder eines Pflanzenteils besteht etwa zur Hälfte aus Kohlenstoff. Woher nimmt die Pflanze den Kohlenstoff? Da, wie durch die Wasserkultur (p. 3) klar bewiesen wird, die grüne Pflanze den Kohlenstoff nicht aus der Nährlösung schöpft, denn in dieser ist ja gar keine kohlenstoffhaltige Verbindung vorhanden, so kann sie sich ihn nur aus der Luft verschaffen, wo er sich in Form von Kohlensäure stets vorfindet. Diese Tatsache ist von grundlegender Bedeutung, und wenn die Wasserkultur nichts anderes gelehrt hätte, als daß die grüne Pflanze sich mit rein mineralischer Substanz ernähren kann und ihren gesamten Kohlenstoff aus der Kohlensäure der Luft entnimmt, so wäre damit der Wert dieser Methode auf das glänzendste erwiesen. —

Die atmosphärische Luft enthält in der Natur von etwa 0,03 bis 0,04 Volumprozent Kohlensäure, und doch wird daraus jahraus jahrein eine ungeheure Menge von Pflanzensubstanz auf unserm Planeten gebildet. Ist dies wirklich möglich und nimmt der Kohlensäuregehalt der Luft nicht fortwährend ab? Die Menge der Kohlensäure in der Luft scheint allerdings auf den ersten Blick klein

zu sein, aber wenn man die riesige Ausdehnung der Atmosphäre in Betracht zieht und die absolute Menge der darin befindlichen Kohlensäure berechnet, so kommt man auf sehr große Werte. Die Kohlensäure der gesamten Atmosphäre beträgt beiläufig 3000 Billionen Kilo, worin 800 Billionen Kilo Kohlenstoff stecken.

Bei der Verwesung der Pflanzen und der Tiere wird der Kohlenstoff der organischen Substanz wieder der Atmosphäre in Form von Kohlensäure zurückgegeben. Auch durch die Atmung der Gewächse und Tiere, durch die Verbrennung des Holzes und der Kohle, durch Ausströmen aus Quellen, Vulkanen und Erdklüften kommt immer wieder Kohlensäure in die Luft zurück und die an verschiedenen Punkten der Erde durchgeführten Analysen haben bisher weder eine Abnahme noch eine Zunahme des Kohlensäuregehalts der Luft ergeben.

Bevor wir weiter auf die Verarbeitung der Kohlensäure durch die Pflanze eingehen, erscheint es notwendig, einiges über den Bau der Pflanze und ihrer kleinsten Teile zu sagen.

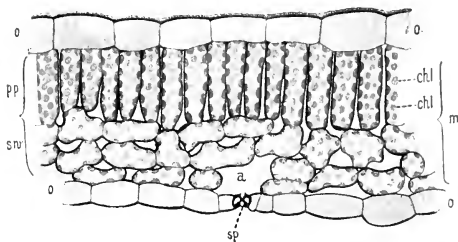


Fig. 15.

Blattquerschnitt von *Tropaeolum majus*. *o* Oberhaut, *sp* Spaltöffnung mit Atemhöhle *a*, Mesophyll *m*, bestehend aus dem Palisadenparenchym *pp* und dem Schwammparenchym *sw*. Die Zellen des Mesophylls enthalten reichlich Chlorophyllkörner *chl*. Vergr. 250. (Original.)

Die ZELLE. Die höheren Pflanzen weisen verschiedene Organe auf, die mannigfaltigen Aufgaben dienen und die als vier Grundorgane unterschieden werden können: die Wurzel, den Stamm, das Blatt und das Haar. Diese Organe erscheinen dem unbewaffneten Auge oft ziemlich gleichmäßig gebildet, allein wenn man sie mit dem Mikroskop untersucht, so bemerkt man, daß sie großenteils aus kleinen Bläschen und Fäserchen bestehen, die man als Zellen bezeichnet. Die Zellen bilden die Bausteine der Pflanze. Die umstehende Fig. 15 stellt einen Teil des Querschnittes eines Blattes dar und zeigt den Aufbau dieses Organs aus Zellen.

Die Pflanzenzelle ist aber selbst schon recht kompliziert gebaut und läßt in der Regel folgende Teile unterscheiden: die Wand, das Protoplasma oder Plasma, den Zellkern und den Zellsaft (Fig. 16).

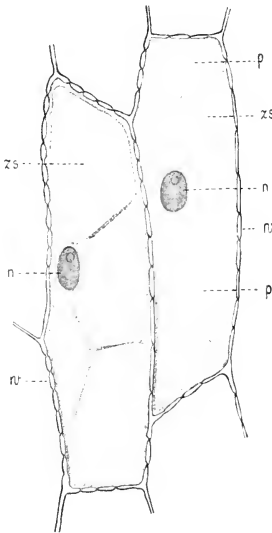


Fig. 16.
Zwei Zellen aus der Oberhaut der Zwiebelschuppe von *Allium Cepa*. *w* Wand, *p* Protoplasma, *n* Zellkern, *zs* Zellsaft. Vergr. 150. (Original.)

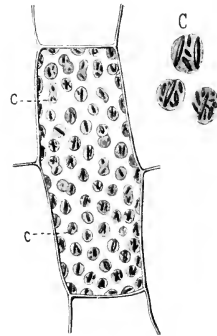


Fig. 17.
Elodea canadensis.
Blattzelle mit Chlorophyllkörnern *c* und darin befindlichen Stärkekörnchen. Vergr. 180. *C* drei Chlorophyllkörner, stärker vergrößert, um die darin eingebetteten Stärkekörnchen zu zeigen. (Original.)

Die Zellwand umhüllt als feste Haut, die gewöhnlich der Hauptmasse nach aus Zellulose besteht und verschiedenartige Verdickungen aufweist, den Zellinhalt. —

Das Protoplasma bildet eine farblose, schleimige Masse. Während der Zelle die Haut, der Zellsaft und manchmal vielleicht auch der Kern fehlen kann, ist Plasma in jeder lebenden Zelle vorhanden. Das Protoplasma ist der eigentliche, lebendige Leib der Zelle.

Der Zellkern liegt als meist kugeliges oder scheibenförmiges Gebilde im Plasma eingebettet.

Der Zellsaft tritt im Plasma junger Zellen zunächst in Form von Saftbläschen oder Vakuolen auf, die sich zu größeren Bläschen vereinigen können und schließlich in ausgewachsenen Zellen häufig einen einzigen großen, von Plasma umhüllten Saft Raum bilden. —

Innerhalb des Plasmas können verschiedene lebende und leblose Einschlüsse auftreten: Farbstoffträger, Stärkekörner, Fetttropfen u. a.

Die Farbstoffträger oder Chromatophoren (Fig. 17) sind lebende Gebilde und bestehen aus einer plasmatischen Grundlage, die mit einem oder mehreren Farbstoffen durchtränkt ist. Besondere Beachtung beanspruchen die grünen Farbstoffträger, auch Chlorophyllkörner genannt. Sie bedingen die grüne Farbe der Laubblätter. Die in den Chlorophyllkörnern enthaltenen Farbstoffe lassen sich leicht darstellen. Man legt eine Handvoll frisches Gras auf $\frac{1}{4}$ Minute in siedendes Wasser, preßt das Wasser ab und legt das Gras in warmen Alkohol. Als bald färbt sich der Alkohol schön smaragdgrün, und wenn man diese Lösung, die Rohchlorophylllösung filtriert, so kann man dann eine interessante Erscheinung beobachten: die Lösung erscheint im durchfallenden Lichte grün und im auffallenden, starken Lichte blutrot. Wir sagen, das Chlorophyll fluoresziert in roter Farbe. —

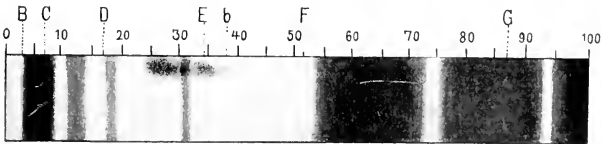


Fig. 18.

Absorptionsspektrum einer mäßig konzentrierten Rohchlorophylllösung (alkohol. Auszug aus grünen Blättern) mit 7 dunkeln Streifen. Nach G. KRAUS.

In der Rohchlorophylllösung und ebenso in jedem Chlorophyllkorn existiert nicht bloß Chlorophyll, sondern neben diesem finden sich noch zwei gelbe Farbstoffe, das Carotin und das Xanthophyll. Von ihrer Gegenwart kann man sich leicht überzeugen, wenn man die in der geschilderten Weise erhaltene Chlorophylllösung mit etwas Benzin in einem Proberröhrchen kräftig schüttelt und dann ruhig stehen läßt. Das Benzin nimmt das Chlorophyll auf und sammelt sich oben in dunkelgrüner Schicht an; der Alkohol bleibt unten und färbt sich gelb, weil er die beiden gelben Farbstoffe enthält. Auf diese Weise kann man die beiden Pigmente, das grüne und das gelbe, leicht voneinander trennen. Nebenbei sei bemerkt, daß das Chlorophyll selbst kein einheitlicher Körper ist, sondern aus zwei grünen Farbstoffen besteht, Chlorophyll a und Chlorophyll b, doch soll darauf hier nicht näher eingegangen werden.

Das Blattgrün zeigt auch ein charakteristisches Absorptionsspektrum. Leitet man das Sonnenlicht durch eine dickere Schichte einer Rohchlorophylllösung und zerlegt das durch die Lösung hindurchgegangene Licht durch ein Glasprisma, so erhält man ein von sieben schwarzen Bändern durchsetztes Absorptionsspektrum (Fig. 18). Man sieht ein Farbenband,

das Spektrum des Sonnenlichtes, bestehend aus Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett, in dem diejenigen Strahlen (Farben), die durch die Chlorophylllösung verschluckt (absorbiert) worden sind, durch schwarze Streifen ersetzt erscheinen. Die beiden Bestandteile a und b des reinen Chlorophylls zeigen die beiden folgenden Absorptionsspektren (Fig. 19).

Das Chlorophyll enthält kein Eisen, wohl aber Magnesium und hat nach WILLSTÄTTER die Formel $C_{55}H_{72}O_6N_4Mg$.

Das Carotin — es ist das jener Farbstoff, dem auch die gelbe Rübe (Daucus Carota) ihre Farbe verdankt — ist ein Kohlenwasserstoff $C_{40}H_{56}$ und das Xanthophyll ist oxydiertes Carotin von der Formel $C_{40}H_{50}O_2$.

Nach dieser Einschaltung kehren wir wieder zur Kohlensäureassimilation zurück. Der Begriff Assimilation wird bald in weiterem, bald in engerem Sinne genommen. Im weiteren versteht man darunter die Umwandlung der aufgenommenen Nahrung in Leibessubstanz. Manche Botaniker verstehen aber unter Assimilation speziell die Kohlensäureassimilation. Diese ist abhängig von der Gegenwart chloro-

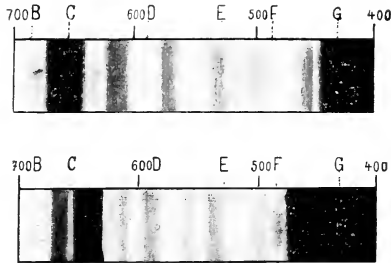


Fig. 19.

Absorptionsspektrum von reinem Chlorophyll a (oben) und Chlorophyll b (unten). Man beachte die starke Absorption im Rot und Violett. Nach WILLSTÄTTER.

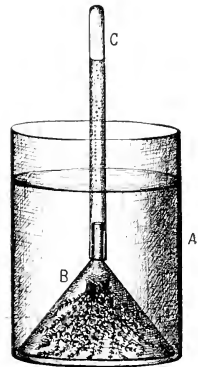


Fig. 20.

Entwicklung von Sauerstoff durch grüne Pflanzen. Apparat $3\frac{1}{2}$ mal verkleinert. Siehe Text. (Original.)

phyllhaltiger Zellen, Licht und Kohlensäure und ist dadurch ausgezeichnet, daß sie mit der Aufnahme von Kohlensäure im Chlorophyllkorn und mit der Ausscheidung von freiem Sauerstoff verbunden ist.

Die Abgabe von Sauerstoff läßt sich leicht durch folgenden Versuch beweisen. Ein zylindrisches Glasgefäß A wird mit gewöhnlichem Wasser gefüllt, in das entweder Kohlensäuregas eingeleitet oder etwas Sodawasser (10 cm^3 Sodawasser auf 1 Liter Wasser) eingespritzt wird. In das kohlensäurehaltige Wasser werden frische Sprosse einer grünen Pflanze, z. B. von der bekannten Aquariumpflanze *Elodea canadensis* gebracht und darüber ein Trichter B gestülpt, über dessen Stiel ein gleichfalls mit Wasser gefülltes Proberöhrchen C aufgesetzt wird. Befindet sich der ganze Apparat (Fig. 20) im Finstern, so ereignet sich nichts Auffallendes, sowie

aber direktes Sonnenlicht darauf fällt, werden von den Pflanzen, besonders an den Bruchstellen, oft in fortlaufendem Strome Gasbläschen abgetrennt, die emporsteigen und sich am oberen Ende des Proberöhrchens C, das Wasser verdrängend, ansammeln. Hat sich die Eprouvette mit Gas gefüllt, hebt man sie, mit dem Daumen unten verschließend, ab und taucht dann einen glimmenden Span in das aufgesammelte Gas ein, so entflammt er sich sofort, weil das Gas aus Sauerstoff besteht.

Auch mit Hilfe der ENGELMANNschen Bakterienmethode läßt sich die Abscheidung von Sauerstoff im Lichte nachweisen. Gewisse Bakterien schwimmen auf sauerstoffreiche Orte zu und wenden sich von sauerstoffarmen ab. Sie sammeln sich daher um eine im Wasser befindliche Luftblase in dichtem Schwarme an. Befindet sich anstatt der Luftblase eine grüne Zelle, z. B. eine Alge im Wasser, so sammeln sich, wie ENGELMANN gezeigt hat, die Bakterien um die Zelle, solange sie beleuchtet ist, wie um eine Luftblase an, im Finstern hört die Ansammlung alsbald auf, um mit der Wiederbeleuchtung sich sofort wieder einzustellen (Fig. 21). Im Lichte scheidet die grüne Zelle Sauerstoff aus und das ist der Grund, warum die Bakterien sich der Zelle nähern und sie umschwärmen.

Die vorher geschilderte Gasblasenentwicklung aus den Sprossen von *Elodea* findet

im Lichte nur statt, wenn das Wasser Kohlensäure enthält; sorgt man dafür, daß jede Spur von Kohlensäure durch Auskochen des Wassers ausgetrieben wird, so gelingt der Versuch nicht, auch wenn sonst alle Bedingungen für die Kohlensäureassimilation erfüllt sind. —

Wir haben also gesehen, daß Licht und Kohlensäure für die Assimilation unerläßlich sind, und der Beweis, daß auch das Chlorophyll eine wesentliche Rolle bei diesem Prozesse spielt, kann gleichfalls leicht erbracht werden. Wenn der vorhin beschriebene Gasblasenversuch anstatt mit einer grünen Pflanze mit einer nichtgrünen gemacht wird, mit einem Champignon, mit einer chlorophyllosen Wurzel, mit einer weißen Lilie oder einer roten Rose, so wird niemals Sauerstoff entbunden werden, weil eben Chlorophyll fehlt. —

Innerhalb der Zelle vollzieht sich der Kohlensäureassimilationsprozeß nur in den Chlorophyllkörnern, das farblose Protoplasma oder der Zellkern haben diese Fähigkeit nicht, wie man mit der Bakterienmethode beweisen kann.

Dem Umstande, daß nur grüne Pflanzenteile Kohlensäure assimilieren, scheint die Tatsache zu widersprechen, daß ja auch rote Blätter, z. B. solche der Rotbuche, *Coleus* oder *Achyranthes*, assimilieren, obwohl sie nicht grün sind; aber bei genauerer Untersuchung stellt sich heraus, daß auch diese Blätter reichlich Chlorophyll enthalten, daß dieser Farb-

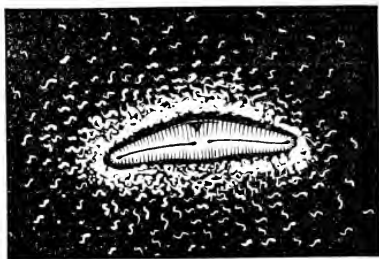


Fig. 21.

Cocconema sp., eine Kieselalge, entwickelt im Lichte Sauerstoff und dieser lockt schwimmende Bakterien (*Spirillum undula*) in großer Menge an. Vergr. 300. (Original.)

stoff jedoch von einem im Zellsaft gelösten, roten Farbstoff, dem Anthokyan, verdeckt ist. —

Über die im Chlorophyllkorn bei der C-Assimilation sich abspielenden Vorgänge sind wir bisher nur sehr mangelhaft unterrichtet. Wir wissen nicht bestimmt, welche Rolle der grüne Farbstoff und die Mineralsalze spielen, wir wissen nur das eine bestimmt, daß bei der C-Assimilation als erstes mikrochemisch nachweisbares Produkt meistens ein Kohlehydrat, die Stärke, auftritt (SACHS). Wenn man ein grünes Blatt in schwarzes Papier einhüllt, so verschwindet die Stärke aus den Chlorophyllkörnern, das Blatt wird entstärkt. Setzt man es darauf wieder dem Lichte aus, so tritt in den Chlorophyllkörnern alsbald die Stärke in Form von Körnchen oder Stäbchen auf; an einem einzigen sonnigen Tag kann so viel Stärke gebildet werden, daß die Chlorophyllkörner prall gefüllt erscheinen (Fig. 17c).



Fig. 22.

Tropaeolum majus-Blatt. Auf das entstärkte Blatt wurde ein mit dem Worte „Hauptfach“ bedrucktes Zeitungspapier gelegt, 10 Stunden direktem Sonnenlicht ausgesetzt und dann der Jodprobe unterworfen. Siehe Text. (Original.)

Blechplatte, in der das Wort „Stärke“ ausgestanzt ist, beläßt alles so in der Sonne, bis sie untergeht, schneidet dann das Blatt ab und unterwirft es schließlich der Jodprobe, so wird in der Jodlösung im Blatte das Wort „Stärke“ auftauchen, weil der Ausschnitt der Buchstaben beleuchtet war, hier Licht eindrang und Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern veranlaßt hat.

Unterwirft man ein panachiertes Blatt, z. B. von *Abutilon Thompsonii*, das längere Zeit belichtet war, der Jodprobe, so läßt sich nur in den grünen Teilen des Blattes Stärke nachweisen, nicht aber in den gelben, also wieder ein Beweis, daß Stärkebildung und Chlorophyll in innigster Beziehung stehen. —

Der unter Benützung der Blechplatte geschilderte Versuch läßt sich noch vereinfachen, indem man anstatt der Blechschablone einfach ein

SACHS' Jodprobe. Ob ein Blatt Stärke enthält oder nicht, läßt sich leicht zeigen, wenn man das zu untersuchende grüne Blatt $\frac{1}{4}$ Minute in kochendes Wasser taucht, in warmen Alkohol wirft, um das Blattgrün auszuziehen, und dann das vom Chlorophyll befreite Blatt in Jodtinktur legt. Da Stärke mit Jodlösung blau wird, färbt sich das Blatt, je nach der Menge der vorhandenen Stärke, pfirsichblüthrot, blau bis schwarzblau, oder wenn Stärke überhaupt fehlt, nur braun. Mit Hilfe dieser nach SACHS¹⁾ benannten Jodprobe läßt sich auch zeigen, daß Stärke im Blatte nur dort entsteht, wo Licht hingelangt. Entstärkt man ein grünes Fliederblatt, solange es noch am Strauche ist, durch Verdunkelung mit schwarzem Papier, was unter günstigen Verhältnissen nach 1—2 Tagen gelingt, bedeckt man an einem sonnigen Tag morgens das Blatt mit einer

¹⁾ SACHS, J. Ein Beitrag zur Kenntnis der Ernährungstätigkeit der Blätter. Arbeiten d. bot. Instit. i. Würzburg. III. Bd., 1888, p. 1.

weißes, schwarzbedrucktes Papier verwendet. Unter den schwarzen Buchstaben entsteht keine Stärke, sie bleiben nach der Jodprobe demgemäß weiß, während die Umgebung blauschwarz wird (Fig. 22).

Als ich die Buchstaben bei diesem Experimente so überaus scharf hervorkommen sah, kam mir der Gedanke, es könnte durch passende Versuchsanstellung vielleicht sogar erreichbar sein, im Laubblatte mit der Stärkereaktion Photographien zu erzeugen¹⁾. Der Versuch gelang. Zu diesem Zwecke legt man auf ein stärkefreies *Tropaeolum*-Blatt ein kontrastreiches Negativ dicht auf, sorgt dafür, daß das Blatt mit dem Negativ nicht verschoben wird und setzt das Ganze bei wolkenlosem Himmel von früh bis abend oder wenigstens mehrere Stunden dem direkten Sonnenlichte aus. Nachher wird das Blatt abgeschnitten und der Jodprobe unterworfen. Schon wenige Minuten nach der Behandlung mit Jod taucht, falls

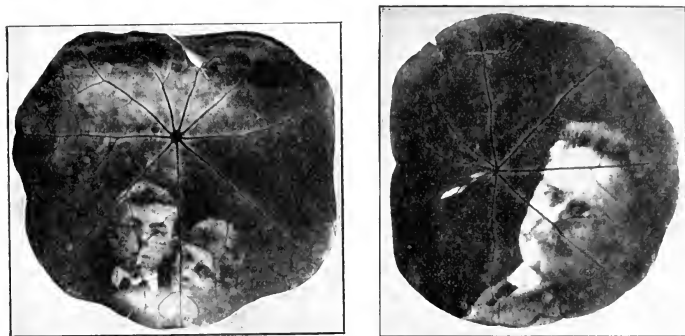


Fig. 23.

Photographien im Blatte von *Tropaeolum majus*. Hervorgerufen durch die Jodstärkereaktion. Siehe Text. Links zwei Knaben, rechts der Verfasser. (Original.)

der Versuch gelungen ist, das Positiv des angewandten Negativs oft mit einer ganz überraschenden Schärfe im Blatte auf, wie aus den Photographien (Fig. 23) zu ersehen ist. Solche Photographien zeigen, mit welcher Genauigkeit der Sonnenstrahl im lebenden Chlorophyllapparat chemisch arbeitet und wie die Stärke entsprechend der Lichtstärke entsteht, so zwar, daß die Schatten und Lichter einer Photographie in ihren plötzlichen und allmählichen Übergängen durch die Farbentöne der Jodstärkereaktion wiedergegeben werden. Das Laubblatt stellt gewissermaßen hier ein Kopierpapier, bzw. eine photographische Platte dar: dem empfindlichen Silbersalz entspricht der sensible Chlorophyllapparat, dem Silberkorn das Stärkekorn und dem Entwickler das Jod. —

Mit Hilfe der geschilderten Jodprobe kann leicht gezeigt werden, daß die Blätter am Abend von Stärke erfüllt, am Morgen aber stärkefrei sind. Während der Nacht wird die Stärke in den Chlorophyllkörnern durch das Ferment Diastase gelöst, in Zucker umgewandelt und nach den

¹⁾ MOLTSCH, H., Über die Herstellung von Photographien in einem Laubblatte. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. 1914. Bd. 123. Abt. I. p. 923.

Orten geschafft, wo neue Organe sich entwickeln oder wo Reservestoffe gespeichert werden, in die Knollen, Zwiebeln, Wurzelstöcke, Samen, Früchte und den Stamm. Die chemische Zusammensetzung des Blattes muß also am Abend sehr verschieden von der am Morgen sein. So stellte SACHS fest, daß in einem bestimmten Versuche 1 m² Blattfläche vom Kürbis, Cucurbita pepo, trocken wog

am Abend	59,92 g
am Morgen	51,22 g
	8,70 g

Somit hat sich während der Nacht die Trockensubstanz durch Auswanderung der Stärke pro m² um 8,70 g vermindert. —

Je vollständiger die assimilierte Stärke aus den Blättern in der Nacht auswandert, desto besser für die Pflanze. Der Zucker und die Stärke gehören zu den wichtigsten Baustoffen. Durch die Auswanderung wird ihre passende Verwendung ermöglicht und das ist der Grund, warum warme Nächte besonders nach heiteren Tagen das Gedeihen der Pflanzen in so hohem Grade fördern.

Das Blatt ist also die Stätte, wo organische Baustoffe gebildet werden, und muß daher als sehr wichtiges Ernährungsorgan bezeichnet werden. Demnach scheint es begreiflich, daß die Pflanze, wofern ihre Blätter durch ungenügende Beleuchtung, durch Ruß, durch Pilze, durch Verletzung infolge von Tierfraß oder Hagel oder sonst durch irgendeine Schädigung an ausgiebiger Assimilation gehindert werden, in mehr oder minder hohem Grade leidet. Oft werden vom Praktiker die grünen Maisstengel samt den Blättern bis zu den jungen Kolben herunter abgeschnitten, desgleichen werden mitunter beim Paradiesapfel die Stengel mit dem Blattwerk bis zu den noch in Entwicklung begriffenen Früchten entfernt. Man tut dies, um das Laub noch anderweitig z. B. beim Mais als Viehfutter zu verwerten. Beim Mais ist dieses Verfahren ganz zu verwerfen, weil man einen großen Teil der Ernährungsorgane, die ja die Stoffe für die Kolben bereiten, entfernt. Dasselbe gilt vom Paradiesapfel, hier darf man sich, wenn die Früchte sich zu entwickeln beginnen, höchstens das Abschneiden der äußersten Sproßspitzen oder der Seitentriebe gestatten, um weiteres überflüssiges Treiben zu hemmen.

In Anbetracht der wechselnden chemischen Zusammensetzung des Blattes während eines (astronomischen) Tages ist es selbstverständlich nicht gleichgültig, wann gewisse landwirtschaftlich wichtige Gewächse geerntet werden. So sagt SACHS¹⁾: „Die Blätter des Weinstocks und der Runkelrübe, in höherem Norden auch die verschiedener Bäume, werden als Futter für Haustiere benutzt; es war aber bisher unbekannt, daß dieses Futter eine ganz wesentlich andere Mischung von Kohlehydrat und Eiweißsubstanz besitzt, je nachdem die Blätter am Morgen oder am Abend, bei kühlem oder heißem Wetter geerntet worden sind. Dasselbe Bedenken würde bei der Zucht der Seidenraupe zu beachten sein, denn die stärkefreien Blätter des Maulbeerbaumes, wenn sie am frühen Morgen geerntet sind, bieten eine Nahrung dar, welche sehr reich an Wasser und Eiweißsubstanzen, am Abend dagegen reich an Stärke ist. Ebenso wird sich der Unterschied in solchen Fällen geltend machen, wo spezifisch eigentümliche Stoffe der Blätter das Ziel der Pflanzenkultur darbieten, so z. B. bei dem Tabak und dem chinesischen Tee. Die dem Raucher und Teetrinker wichtigen Stoffe der Blätter müssen am frühen Morgen, nach einer warmen Nacht, wo keine oder wenig

¹⁾ SACHS, J., l. c., p. 31.

Stärke in den Blättern ist, in relativ viel größerer Menge als am Abend vorhanden sein; Tabakblätter, am Nachmittag geerntet, enthalten ein großes Quantum Stärke, erhöhen das Gewicht der Ware durch einen Stoff, der als ein ganz gleichgültiger Ballast für den Konsumenten gelten muß, das Produkt aber verteuert, und bei dem Tabak sicherlich auch verschlechtert.“

Die Kohlensäureassimilation hängt bezüglich ihrer Intensität wie jeder physiologische Vorgang von äußeren Faktoren ab: von der Temperatur, von der Stärke des Lichtes, von der Lichtfarbe, von der Konzentration der Kohlensäure und anderen.

Die Pflanze vermag nicht bei jeder Temperatur Kohlensäure zu assimilieren. Die Assimilation beginnt bei einer gewissen niederen Temperatur, dem Temperaturminimum, steigt mit zunehmender Temperatur zu einer optimalen Leistung bei einer bestimmten mittleren Temperatur, dem Temperaturoptimum, und sinkt dann mit weiter steigender Temperatur bis zum Temperaturmaximum wieder auf Null.

Ein Gleiches läßt sich von der Lichtintensität sagen. Dieser Faktor spielt bei der Kultur der Pflanzen eine so wichtige Rolle, daß es zweckmäßig sein wird, ihn später in einem besonderen Kapitel zu betrachten.

Lichtfarbe. Obwohl wahrscheinlich alle leuchtenden Strahlen imstande sind, Kohlensäureassimilation hervorzurufen, so kommt diese Fähigkeit doch den verschiedenen Strahlen, die wir als verschiedene Farbe empfinden, in ungleichem Grade zu. Auffallenderweise sind nicht in erster Linie die blauen und violetten Strahlen, die auf die photographische Platte so stark wirken, die assimilatorisch wirksamsten, sondern die der roten Hälfte des Spektrums. Wieder war es die ENGELMANNsche Bakterienmethode, die hier ausgezeichnete Dienste leistete. Wenn man auf einen im Bakterientropfen befindlichen grünen Algenfaden durch eine bestimmte Vorrichtung ein winziges Sonnenspektrum entwirft, so sammeln sich die Bakterien, angelockt durch den bei der Kohlensäureassimilation entbundenen Sauerstoff, am stärksten im Rot, dann im Blau und nur in geringem Grade in den anderen Farbenbezirken des Spektrums an. Mit dieser Methode konnte ENGELMANN zwei Maxima feststellen: eines, das größere, im Rot und ein zweites im Blau, während die grünen Strahlen nur eine schwache Wirkung ausüben¹⁾.

Über die Pflanzenkultur im elektrischen Lichte.

Da in den meisten künstlichen Lichtquellen die Strahlen, aus denen das Sonnenlicht besteht, auch vorhanden sind, nur in verschiedener Menge, so erscheint es begreiflich, daß die Pflanze auch im künstlichen Lichte, z. B. im Kerzen-, Petroleum-, Auer- und elektrischen Licht Kohlensäure assimiliert. Eine ausgiebige Assimilation aber, die eine normale Entwicklung der Sonnenpflanzen ermöglicht, ist nur in einem Licht von starker Intensität möglich und ein solches bieten uns die starken elektrischen Bogenlampen. SIEMENS²⁾ zeigte, daß elektrisches Licht von 1400 Normalkerzenstärke in 2 m Entfernung von wachsenden Pflanzen ungefähr dieselbe Wirkung ausübt wie das Tageslicht. Unter normalen Verhältnissen wirkt auf die Pflanze der Wechsel von Tag und Nacht. Während der

¹⁾ ENGELMANN, T. F. W., Farbe und Assimilation. Bot. Ztg. 1883, p. 11.

²⁾ SIEMENS, C. W., On the influence of electric light upon vegetation and on certain physical principles involved. Vortrag vor der Royal Soc. (London) 1880.

Nacht ist die C-Assimilation unterbrochen; von vornherein war aber nicht zu entscheiden, ob die nächtliche Ruhe für die Pflanze notwendig ist oder nicht. Die Versuche von SIEMENS aber lehrten, daß die Pflanzen, wenn sie dauernd beleuchtet werden, d. h. 12 Stunden während des Tages durch Sonnenlicht und 12 Stunden während der Nacht durch elektrisches Licht, sich rascher und besser entwickelten als solche unter normalen Bedingungen. Erdbeeren reiften von solcher kontinuierlicher Beleuchtung früher als unter gewöhnlichen Verhältnissen.

Umfassende Untersuchungen über die Wirkung des elektrischen Lichtes auf die äußere Form und den inneren Bau zahlreicher Pflanzen verdankt man BONNIER¹⁾. Die Zahl der untersuchten Arten war sehr groß. Es waren holzige und krautige Pflanzen und ihre Kultur im elektrischen Lichte erstreckte sich auf mehrere Monate. Da das elektrische Licht, verglichen mit dem Sonnenlichte, sehr reich an ultravioletten Strahlen ist und diese, zu reichlich geboten, der Pflanze schaden, so wurde das elektrische Licht durch dicke Glasplatten geschwächt. Quantitativ war das auf die Pflanzen wirkende elektrische Licht bedeutend schwächer als das Sonnenlicht. Das Hauptresultat war, daß kontinuierliche, elektrische Beleuchtung eine Überproduktion von Chlorophyll, die zu einer Art von Vergrünung führt, hervorruft. Das Blattgrün wird reicher entwickelt, ist gleichmäßiger verteilt und tritt sogar in Geweben auf, die unter normalen Bedingungen chlorophyllfrei bleiben, wie in der Innenrinde, in den Markstrahlen und im Marke der Holzpflanzen. Die Stengel waren kürzer, die Blätter kleiner und dicker, die Blüten intensiver gefärbt. Bezüglich des anatomischen Baues ähnelten die kontinuierlich beleuchteten Pflanzen etiolierten, was sich namentlich in der Düntheit der Zellwände und in einer geringeren Differenzierung der Gewebe kundgab. Versuche, bei denen die Pflanzen 12 Stunden dunkel gehalten und 12 Stunden elektrisch, also unterbrochen beleuchtet wurden, ergaben in anatomischer Hinsicht ähnliche Resultate; sie glichen jedoch den im Tageslicht ausgesetzten weit mehr als die ständig beleuchteten, ein Beweis, daß die Hauptursache der Abweichungen in der kontinuierlichen Belichtung zu suchen ist. Von Interesse erscheint auch, daß nach BONNIER die Blätter alpiner Pflanzen in andauerndem Lichte fast denselben Bau wie er an den arktischen, der intensiven Polarbeleuchtung ausgesetzten Gewächsen von Spitzbergen und Jan Mayen zu beobachten ist, zeigen. Elektrisches Licht von genügender Stärke wirkt also auf die Pflanze ähnlich wie Sonnenlicht und es ist sehr wahrscheinlich, daß das elektrische Licht bei der Pflanzenkultur eine große Rolle spielen würde, wenn die Elektrotechnik das elektrische Licht billig der Gärtnerei zur Verfügung stellen könnte.

Das ist nun zwar an vielen Orten, besonders in den Großstädten oder in deren Umgebung, gewöhnlich nicht der Fall, allein in Gegenden, wo Wasserkräfte von genügender Stärke sozusagen kostenlos zu haben sind, dürfte die Kultur von Gartenpflanzen im elektrischen Licht eine Zukunft haben. In Mitteleuropa fehlt es während der Herbst- und Wintermonate vor allem an Licht; denn die Blütenbildung erfordert eine gewisse Intensität, die aber die Sonne zu dieser Zeit nicht spendet. Hier könnten elektrische Bogenlampen einen Ersatz bieten und mit ihrer Hilfe dürften

¹⁾ BONNIER, G., Influence de la lumière électrique continue sur la forme et la structure des plantes. *Revue génér. de Bot.* T. VII. Paris 1895. p. 241.

Erfolge auf dem Gebiete der Schnittblumen und der Treiberei zu erzielen sein, die die Gärtnerei neuen Triumphen entgegenführen — alles unter der Voraussetzung, daß der elektrische Strom wenig kostet. Ich glaube daher, daß Gärtnereien, die sich auf künstliche Beleuchtung ihrer Gewächshäuser einrichten, nur dann ertragsfähig sein werden, wenn sie an Orten angelegt werden, wo genügende Wasserkräfte billiges elektrisches Licht liefern¹⁾.

Über Pflanzenkultur im Neonlicht²⁾.

In neuester Zeit³⁾ sind auf Veranlassung der Auergesellschaft in Dahlem bei Berlin auch Versuche mit einer anderen künstlichen Lichtquelle, mit Neonlicht gemacht worden. Es wurden hierzu zwei Gemüsetreibhäuser benutzt, das eine zur Frühlkultur von Gurken, das andere zur Tomatenkultur. Je eine Hälfte des Treibhauses wurde belichtet, die andere blieb, durch einen Vorhang von der ersten abgeschlossen, unbelichtet.

Das Neonlicht, das sich durch seine feuerrote Farbe und seinen Reichtum an roten Strahlen auszeichnet, die vom Chlorophyll reichlich verschluckt werden, wurde immer nur als Zusatzbelichtung an trüben Tagen und während der Nacht angewendet, ohne daß die sonst übliche Belichtung und das Sonnenlicht irgendwie vermindert wurde. Der Erfolg war in die Augen springend. Die Ernte betrug an

	Gewöhnliche Belenchtung	Gewöhnliche Belenchtung und Neonlicht
	Im ersten Versuchsjahr	
	370 Stück	500 Stück
Gurken	186,600 kg	277,530 kg
Tomaten	69,200 kg	95, 94 kg
	Im zweiten Versuchsjahr	
	370 Stück	485 Stück
Gurken	163,400 kg	230,220 kg
Tomaten	70 kg	101 kg

Die Düngung der Luft mit Kohlensäure.

Die Mineralsalze sind nicht immer in jener Menge vorhanden, wie sie eine üppige Pflanzenkultur erfordert, daher sucht man durch besondere Erdmischung oder durch Düngung dem Mangel an Nährstoffen abzu- helfen (p. 28). Man kann daher auch die Frage aufwerfen, ob denn die Kohlensäure, die ja ein so wichtiges Nahrungsmittel der Pflanze darstellt, in der richtigen Menge in der atmosphärischen Luft enthalten ist und ob

¹⁾ Es wäre sehr wünschenswert, wenn der Einfluß dauernder und unterbrochener elektrischer Beleuchtung auf die Pflanze weiter untersucht würde; denn abgesehen von den zitierten Arbeiten, von denen die eine (SIEMENS) noch dazu von einem Nichtbotaniker herrührt, liegen keine Beobachtungen von Bedeutung vor. In den Luxusgärtnereien reicher Mäzene, wo für die Kultur von Pflanzen oft riesige Geldsummen geopfert werden, würde die Anbringung von einigen starken Bogenlampen im Gewächshause das Budget nicht allzusehr belasten und manche für die Theorie und Praxis wichtige Fragen könnten dann eine Lösung finden.

²⁾ Die Neonlampe besteht aus einer mit dem Edelgas Neon gefüllten Glasröhre, durch die ein elektrischer Strom gesandt wird.

³⁾ Gartenflora, Berlin 1919. Jg. 68, p. 151—152.

HÖSTERMANN, G., Kulturversuche mit elektr. Licht. Die Gartenwelt, 1922. Nr. 8, 9, 10.

nicht die Kohlensäureassimilation, wenn die Kohlensäure in größerer Menge in der Luft geboten würde, eine ausgiebigere wäre, wodurch die Entwicklung der Pflanze wesentlich beschleunigt würde. Es ist nun durch Versuche tatsächlich bewiesen worden, daß die Kohlensäure in der Luft durchaus nicht in einer für den Assimilationsvorgang optimalen Menge vorhanden ist und daß mit einer Anreicherung der Kohlensäure bis zu einer gewissen Grenze eine Steigerung der Stärkebildung erzielt werden kann. —

Nach den Untersuchungen von GODLEWSKI¹⁾ begünstigt, gute Beleuchtung und Temperatur vorausgesetzt, die Zunahme des Kohlensäuregehaltes in der Luft bis zu einer gewissen Grenze (Optimum) die Sauerstoffausscheidung, über diese Grenze hinaus wirkt sie mehr oder minder schädlich. Für *Glyceria spectabilis* liegt das Optimum zwischen 8—10%, für *Typha latifolia* zwischen 5—7% und für *Oleander* wahrscheinlich etwas tiefer. Bei einer Steigerung des Kohlensäuregehaltes auf 8% erfolgt die C-Assimilation 4—5 mal schneller und ausgiebiger als in gewöhnlicher Luft. 26—30% hemmen die Stärkebildung fast ganz.

KREUSLER²⁾ kam zu ähnlichen Resultaten. Er arbeitete mit konstantem, elektrischem Lichte und erhielt für die Blätter von *Rubus*, *Carpinus*, *Tropaeolum* u. a. folgende Mittelwerte, wenn die C-Assimilation in gewöhnlicher Luft = 100 gesetzt ist.

Kohlensäuregehalt	Assimilation
0,03%	100
0,06 „	127
0,11 „	185
0,56 „	209
7,26 „	230
14,52 „	266(?)

Mit der Zunahme des Kohlensäuregehaltes bis 10% wird also tatsächlich die Menge der gebildeten Assimilate gesteigert und damit ein besseres Wachstum ermöglicht; eine weitere Steigerung des Kohlensäuregehaltes schädigt, zumal wenn die Lichtintensität nicht genügend groß ist, die Pflanze.

In neuerer Zeit wurden auch Versuche darüber gemacht, ob nicht eine derartige Erhöhung des Kohlensäuregehaltes für die praktische Pflanzenkultur von Bedeutung wäre. Solche Versuche im kleinen zuerst ausgeführt zu haben, ist das Verdienst DEMOUSSYS³⁾ und H. FISCHERS⁴⁾. Dieser kultivierte verschiedene Gartenpflanzen, *Primula*, *Mimulus*, *Fuchsia*, *Pelargonium*, *Coleus*, *Begonia*, *Solanum* und *Nicotiana* in kleinen Glashauschen von 80×60 cm Bodenfläche, in welche täglich 300 cm³ bis 2 Liter Kohlensäure eingeleitet wurden. Die hierzu notwendige Kohlensäure ent-

¹⁾ GODLEWSKI, E., Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung der Blätter von dem Kohlensäuregehalt der Luft. Arbeiten a. d. bot. Institut i. Würzburg. I. Bd., 1873, p. 343.

²⁾ KREUSLER, Landwirtschaftl. Jahrbücher 1885, Bd. 14, p. 951.

³⁾ Referiert in „Le Jardin“ 1904, p. 221.

⁴⁾ FISCHER, HUGO, Pflanzenernährung mittels Kohlensäure. Gartenflora 1912 (61. Jg.), Heft 14 u. 15.

Ebenda, 1913 (62. Jg.), Heft 18.

Derselbe: Die Wirkung gesteigerten Kohlensäuregehaltes der Luft auf grüne Pflanzen. Jahresber. d. Verein. f. angew. Bot. XI. 1913.

wickelte er im Glashäuschen durch Aufgießen einer mit der gleichen Menge Wasser verdünnten Salzsäure auf rohen, ungebrannten Kalkstein oder Marmorabfälle. Eine billigere Art, die Luft mit Kohlensäure anzureichern, bestand darin, gewöhnlichen Brennspiritus eventuell zweimal täglich abzubrennen und zwar auf je 1 m² je 1, 2 oder 3 cm³. Eine Beschädigung der Pflanzen soll weder durch die Salzsäuredämpfe noch durch Abbrennen des Spiritus verursacht werden, immerhin wird man mit Rücksicht auf die große Empfindlichkeit der Pflanze für allerlei Verunreinigungen der Luft (Leuchtgas, Tabakrauch usw.) Vorsicht obwalten lassen müssen und bei exakten Versuchen lieber dem Vorschlag HANSENS¹⁾ folgen, die aus Kalkstein mit Salzsäure entwickelte Kohlensäure eine mit Wasser gefüllte Waschflasche passieren zu lassen.

Unter diesen Kulturbedingungen vermehrte sich in FISCHERS Versuchen das Trockengewicht erheblich, am stärksten bei starkgedüngtem Coleus, bei mittelstarkgedüngten Primeln und bei schwachgedüngten Fuchsien, Pelargonien, Begonien und Solanum robustum. Die Primeln, Fuchsien und Pelargonien zeigten aber neben einer rascheren Entwicklung auch eine auffallende Blühwilligkeit und Gurken überdies eine viel größere Widerstandsfähigkeit gegen allerlei Schädlinge.

Es ist von HANSEN der Vorschlag gemacht worden, die Kohlensäuredüngungsversuche nicht bloß in gedeckten Räumen, in Gewächshäusern und Mistbeeten durchzuführen, sondern auch im Freiland, wenn auch nicht in Getreidefeldern, so doch im Gemüseland. Die Zuleitung der Kohlensäure soll durch Röhren mit Löchern erfolgen, die im Gemüsebeet verlaufen und aus denen man zu gewissen Zeiten das Gas ausströmen läßt. Daß die angeregten Versuche wirklich einen praktischen Wert für die Kultur von Pflanzen im großen haben, geht aus folgendem hervor: WINTER²⁾ berichtet über Versuche, die er in einem Warmhause angestellt hat. Er spricht sich außerordentlich günstig über den Einfluß der Kohlensäuredüngung aus und rühmt namentlich als Folgeerscheinung den Blütenreichtum der Orchideen und das üppige Wachstum zahlreicher Warmhauspflanzen. Leider hat WINTER keine Kontrollversuche angestellt, so daß man sich gewisser Einwände nicht erwehren kann. Diesen Fehler haben KLEIN und REINAU³⁾ vermieden, indem sie ihre Versuche in einem Treibhaus, das durch eine gasdichte Scheidewand in 2 gleich große, gleichen Bedingungen ausgesetzte Hälften gesondert wurde, anstellten. Die eine Hälfte wurde zweimal täglich mit je 150 Liter Kohlensäure (aus Bomben) versehen, so daß der Kohlensäuregehalt im Gewächshause etwa um das Zehnfache vermehrt wurde. Die andere Hälfte diente als Kontrolle. Nach 4—7 Wochen war das Ergebnis höchst auffallend; die Kohlensäurepflanzen zeigten durchweg eine gesteigerte Mehrproduktion, die zwischen 24—152% bei den verschiedenen Arten (Aspidistra, Philodendron, Begonia, Pteris, Nephrolepis) schwankte. Schon der bloße Anblick zeigte den günstigen Erfolg der Kohlensäuredüngung. Auffallend war die frische, grüne Farbe und das lebhaftes Farbenspiel der Begonienblätter.

Wie FISCHER⁴⁾ jüngst berichtete, wurde im Sommer 1917 von der Deutsch-Luxem-

¹⁾ HANSEN, A., Düngung von Kulturpflanzen mit Kohlensäure. Naturw. Rundschau. Braunschweig 1912. p. 547.

²⁾ WINTER, E., Kohlensäure zur Ernährung der Pflanzen. Gartenflora 1913 (62. Jg.), Heft 18.

³⁾ REINAU, R. u. KLEIN, R., Neuere Betrachtungen über den Wert der Kohlensäure in den organischen Düngemitteln. Die Gartenwelt (Berlin) 1914, p. 214.

REINAU, E., Kohlensäure und Pflanzen. Halle a. S. 1920.

⁴⁾ FISCHER, H., Die Kohlenstoffernährung der Kulturpflanzen. Gartenflora 1919, p. 165—168.

burgischen Bergwerks- und Hütten-A.-G. in Horst a. d. Ruhr eine Versuchsanlage mit mehreren großen Gewächshäusern errichtet, die damals mit Tomaten und Gurken bepflanzt wurden. Auch Freilandflächen im Ausmaße von 2 ha wurden zu Versuchszwecken herangezogen. Die Kohlensäure wurde aus den Abgasen eines Hochofens gewonnen und nach entsprechender Reinigung durch einen Ventilator in ein Röhrensystem gedrückt und auf die Häuser und das Freiland verteilt. Die Erfolge waren sowohl in den Häusern als auch im Freien sehr günstig, wie sich aus folgenden Zahlen ergibt:

		unbegast	begast
Im Freien	Kartoffelernte	100	420
	Mangoldernte	100	170
Im Hanse	Tomatenernte	100	275
	Möhrenernte	100	200

In einem schlecht gelüfteten Gewächshause kann während des Tages der Kohlensäuregehalt unter das Normale sinken, da die Kohlensäure in dem geschlossenen Raum nicht rasch genug ersetzt werden kann. In früherer Zeit hat man im Winter warme Gewächshäuser überhaupt nicht und im Sommer nur mäßig gelüftet, während man jetzt in modernen Gewächshäusern sogar im Winter für eine mäßige Lüftung sorgt. Hierdurch wird der Kohlensäuregehalt wieder vermehrt und dem normalen genähert. Allenthalben hat man mit der Lüftung günstige Erfahrungen gemacht und es erscheint nahelegend, die günstige Wirkung auf die Pflanzen unter anderem auf die bei der Lüftung eingeführte Kohlensäure zurückzuführen.

Wenn also in Gewächshäusern bei Tage der Kohlensäuregehalt der Luft unter das Normale sinken kann und eine künstliche Erhöhung über das Normale eine starke Steigerung der Kohlensäureassimilation herbeiführt, so kann schon von vornherein eine Düngung der Glashausluft mit Kohlensäure als vorteilhaft bezeichnet werden.

In Mistbeeten liegen die Verhältnisse schon von Haus aus günstiger, weil durch die überaus rasche Verwesung des Mistes sehr viel Kohlensäure zu den Pflanzen gelangt und es ist nicht unwahrscheinlich, daß das üppige und rasche Wachstum der Pflanzen in den Mistbeeten z. T. darauf zurückzuführen ist. Wahrscheinlich kann es durch künstliche Zufuhr von Kohlensäure noch gesteigert werden. Auch BORNEMANN¹⁾ schreibt der aus dem humosen Boden aufsteigenden Kohlensäure eine große Bedeutung zu und sieht darin den Hauptvorteil der organischen Düngung.

HANSEN nimmt an, daß die chlorophyllhaltigen Organe die Kohlensäure etwa wie Ätzkalistückchen an sich reißen und daß daher ein großer Teil der zugeführten Kohlensäure von den Blättern der Gemüsepflanzen absorbiert und dann verarbeitet würde. Die Annahme HANSENS ist jüngst tatsächlich insofern begründet worden, als WILLSTÄTTER und STOLL²⁾ nachwies, daß der Zutritt der Kohlensäure zu den Chlorophyllkörnern durch eine absorbierende Substanz vermittelt wird, die als Kohlensäurespeicher die Kohlensäure auf größere Konzentration bringt. Hierbei ist besonders bemerkenswert, daß diese Absorption um so größer ist, je niedriger die Kohlensäurekonzentration ist, je mehr sich also der Gehalt dem der Atmosphäre nähert. Unter natürlichen Verhältnissen wird daher verhältnismäßig viel verschluckt werden. Ist die Kohlensäurekonzentration 0,1 Volumprozent, so absorbiert das Blatt 12mal so viel als vom Wasser der Blattsubstanz gelöst wird³⁾.

¹⁾ BORNEMANN, F., Kohlensäure und Pflanzenwachstum. Berlin 1920.

²⁾ WILLSTÄTTER, R. und STOLL, A., Über die chemischen Einrichtungen des Assimilationsapparates. Sitzber. d. K. preuß. Akad. Berlin 1915. p. 322.

³⁾ Dieselben, Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure. Berlin 1918. p. 180.

8. Das Wasser und seine Bewegung.

Eine Pflanze, die nicht begossen wird, beginnt nach einiger Zeit zu welken, stellt nach und nach ihr Wachstum, ihre Assimilation und andere wichtige Lebenserscheinungen ein, vertrocknet, wenn ihr nicht rechtzeitig Wasser geboten wird, und stirbt. Ein lufttrockener Same erscheint wie tot und erst wenn er reichlich Wasser erhält, keimt er und zeigt deutliches Leben. Ohne eine genügende Menge von Wasser gibt es kein aktives Leben.

Wasser ist in mehrfacher Hinsicht wichtig: als Nährstoff, als Lösungsmittel für Nährstoffe und Assimilate und als Transportmittel. Wir wollen nun darlegen, wie die Pflanze das Wasser aufnimmt, wie sie es weiter leitet, welche Kräfte dabei in Betracht kommen, wie die großen Wassermengen, die ein Baum mit seiner Blattkrone während eines heißen Sommertages abgibt, bis zu dem Gipfel emporgehoben werden, mit anderen Worten, wie sich die Bewegung des Wassers vollzieht.

Das in die Wasserbewegung eingreifende Kräftespiel wird natürlich ein anderes sein bei einer im Wasser untergetaucht lebenden Pflanze, z. B. bei einer Hefezelle und anders bei einem Baum. Obwohl gerade die Lehre von der Saftbewegung seit der Begründung der Pflanzenphysiologie durch HALEY¹⁾ stets eifrig gepflegt wurde und obwohl darüber ein äußerst wertvolles Tatsachenmaterial vorliegt, so ist man doch noch nicht zu einer nach jeder Richtung völlig befriedigenden Lösung der Frage gekommen. Sicher ist, daß bei der Saftbewegung eine ganze Reihe von physikalischen Erscheinungen beteiligt ist: Imbibition oder Quellung, Diffusion, Osmose, Wurzeldruck, negativer Druck der Gefäßluft, Kapillarität, Transpiration, Kohäsion der Flüssigkeit und daß sich durch ihr Zusammenwirken die Wasserbewegung vollzieht.

Stoffaufnahme.

Bei den im Boden mit der Wurzel befestigten Pflanzen wird das Wasser samt den darin gelösten Stoffen mit der Oberfläche der jungen Wurzeln, insbesondere mit den Wurzelhaaren, aufgenommen. Diese stellen allseits geschlossene Zellen dar; es ist daher unmöglich, daß durch sie etwa feste Stoffe aufgenommen werden können. Es kann nur Wasser und darin Gelöstes in die Wurzel eintreten. Jede Zellwand, das Protoplasma und viele seiner Einschlüsse haben die Fähigkeit, zwischen ihre kleinsten Teilchen Wasser mit großer Kraft einzulagern, sie dadurch auseinanderzudrängen und dabei aufzuquellen. Diese Erscheinung heißt Imbibition oder Quellung. Haben sich die mit dem Bodenwasser in Berührung befindlichen Zellhäute mit Wasser imbibiert, so kommt dann zunächst die Diffusion und die Osmose bei der Wasseraufnahme in Betracht. Bringt man auf den Boden eines zylindrischen Glasgefäßes eine konzentrierte Lösung von Kupfersulfat und überschichtet man diese blaue Flüssigkeit mit dest. Wasser, so vermischen sich die beiden Flüssigkeiten langsam entgegen ihrer Schwere so lange, bis die ganze Flüssigkeitssäule überall die gleiche Zusammensetzung hat. Man nennt diesen Vorgang Diffusion und eine Diffusion durch eine poröse Haut (Herzbeutel, Schweinsblase usw.) Osmose.

¹⁾ HALEY, ST., Statik der Gewächse oder angestellte Versuche mit dem Saft in Pflanzen usw. Deutsche Übersetzung. Halle 1748.

Füllt man eine Schweinsblase mit konzentrierter Zuckerlösung, bindet die Blase zu und legt sie in reines Wasser, so tritt das Wasser viel rascher in sie hinein als der Zucker heraus. Die Flüssigkeit vermehrt sich in der Blase, es entsteht infolgedessen ein Druck — der osmotische Druck — gegen die Wand; diese bläht sich daher auf, wird gespannt, so daß, wenn die Blase jetzt mit einer Nadel angestochen wird, die Flüssigkeit aus ihr im Strahle herausspritzt. Dauert der Versuch lange Zeit, d. h. bleibt die Schweinsblase lange unter Wasser getaucht, so findet, weil die Blasenwand sowohl für Wasser als Zucker durchlässig ist, ein völliger Ausgleich zwischen der Innen- und Außenflüssigkeit statt, so daß schließlich sich ebensoviel Zucker außen wie innen befindet. Die Schweinsblase läßt Zucker nur

langsamer durchtreten als Wasser, es gibt aber auch Membranen, sog. halbdurchlässige, die für gewisse Stoffe, z. B. für Wasser, leicht, für gewisse Stoffe aber, wie Zucker, Salze und andere fast nicht oder gar nicht durchlässig sind.

Eine halbdurchlässige Membran erhält man, wenn man einen Kupfersulfatkrystall in eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz bringt. Dann umgibt sich der lösende Krystall mit einer geschlossenen Haut von Ferrocyankupfer. Um nun mit dieser zarten halbdurchlässigen Niederschlagshaut experimentieren zu können, gab ihr PFEFFER ein poröses Tongefäß als Widerlager, indem er dieses zuerst in eine Lösung von Kupfersulfat und dann in eine von gelbem Blutlaugensalz tauchte. Es werden dann alle Poren mit einer Haut von Ferrocyankupfer ausgekleidet.

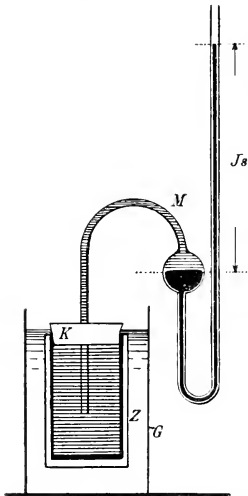


Fig. 24. PFEFFERS osmotische Zelle. (Original.)

Die Fig. 24 stellt eine solche PFEFFERSche Zelle dar. Z ist ein mit Zuckerlösung gefülltes, mit der Ferrocyankupferhaut ausgekleidetes Tongefäß. Oben verschließt ein Kork, dessen Loch ein Manometer M aufnimmt, das Gefäß. Wird die Zelle in ein Gefäß G mit destilliertem Wasser gestellt, so dringt dieses in die Zelle ein und die Flüssigkeit bzw. das Quecksilber steigt bis zu einer gewissen Höhe. Aus

dem Höhenunterschied h der Quecksilbersäulen in dem kürzeren und längeren Schenkel des Manometers ergibt sich die Höhe des osmotischen Druckes.

Jede lebende Pflanzenzelle, auch das Wurzelhaar, stellt einen kleinen osmotischen Apparat dar, aber viel komplizierter gebaut als die erwähnte Schweinsblase. Die Zellwand ist ganz durchlässig, sowohl für Wasser als auch für die darin gelösten Stoffe, die äußere Plasmaschicht aber ist halbdurchlässig. Die Zellhaut ist ganz durchlässig und verhält sich also wie die Haut der Schweinsblase, die äußere Plasmaschicht ist halbdurchlässig, d. h. sie nimmt viel Wasser auf, gibt jedoch nach außen keine oder nur Spuren von Stoffen ab und daher kommt es in der Zelle oft zu hohen Drucken. Drucke von mehreren Atmosphären sind in Zellen sehr häufig.

Steht Wasser in genügender Menge zur Verfügung, so wird in die Zelle viel Wasser eintreten, der osmotische Druck wird die Plasmahaut

gegen die Zellwand pressen und beide dehnen. Dieser Druck des Zellinhaltes auf die Zellwand wird Turgordruck oder auch kurz Turgor genannt und ist für die Pflanze von großer Bedeutung.

Die Zellen und die aus diesen bestehenden Organe werden durch den Turgor prall und steif, sie befinden sich in einem Zustand großer Spannung, die als Turgeszenz bezeichnet wird.

Die Erscheinung des Welkens beruht auf dem Verlust der Turgeszenz. Die dünnwandigen Parenchymzellen der Blätter und Wurzeln verlieren, wenn sie durch Verdampfung zu viel Wasser abgeben, ihren Turgor, werden schlaff und welken, bei neuer Zufuhr von Wasser aber werden sie wieder steif, d. h. turgeszent.

Werden turgeszente Zellen mit Wasser entziehenden Mitteln behandelt, z. B. mit 10proz. Kochsalz- oder Salpeterlösung, so tritt aus der Zelle Wasser aus, während von dem Salz nichts oder nur Spuren eintreten; die früher gedehnte Plasmahaut wird dadurch entspannt und hebt sich von der Zellwand ab (Fig. 25). Dieser Vorgang — Plasmolyse genannt — dauert so lange, bis der Zellsaft mit der Außenflüssigkeit im osmotischen Gleichgewicht steht, d. h. isotonisch ist.

Werden plasmolysierte Zellen in reines Wasser übertragen, so geht die Plasmolyse zurück und die Zellen können nachher wieder turgeszent werden.

Wenn man gleiche Pflanzenzellen in Salpeter- oder Rohrzuckerlösungen verschiedener Konzentration überträgt und nach einiger Zeit unter dem Mikroskop betrachtet, so findet man, daß die Zellen in den stärkeren Lösungen plasmolysiert sind, in den schwächeren aber nicht. Die schwächste Konzentration, die eben noch Plasmolyse bewirkt, heißt nach DE VRIES die plasmolytische Grenzlösung; sie ist mit dem Zellsaft fast isotonisch, d. h. sie zieht ebenso stark osmotisch Wasser an wie der Zellsaft. Die Maßzahl für die Konzentration dieser isotonischen Lösung wird der osmotische Wert der Zelle genannt. Viele Pflanzenzellen sind mit 3—6%, manche mit 10—12%, ja gewisse Wüstenpflanzen mit 30%iger Salpeterlösung isotonisch. Eine solche Lösung kann aber ungeheure osmotische Saugkräfte bis zu über 100 Atmosphären ausüben.

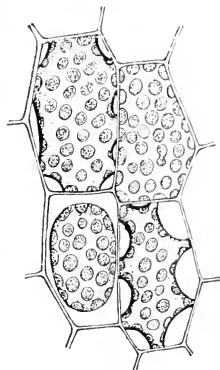


Fig. 25.
Moosblattzellen, die aufeinanderfolgende Stadien der Plasmolyse zeigen. Vergr. 350. (Original.)

Der Wurzeldruck.

Die Wurzelhaare nehmen, nachdem sie ihre Wände mit Wasser imbibiert haben, Wasser osmotisch auf, aus den Wurzelhaaren saugen die benachbarten Rindenzellen das Wasser gleichfalls mit großer Kraft osmotisch auf, so daß im fleischigen Teil der Wurzel ein hohes osmotisches Druckgefälle entsteht, das man seit langem als Wurzeldruck oder als Wurzelkraft bezeichnet. Sowie dieser Druck eine gewisse Größe erreicht, pressen die Rindenzellen Saft in das im Zentrum der Wurzel liegende Stranggewebe, in den Holzteil und die darin vorhandenen Gefäße, die verhältnismäßig weite Röhren darstellen und als die eigentlichen Wasserleitungsorgane bei höheren Pflanzen zu betrachten sind. Hauptsächlich

in den Gefäßen steigt das Wasser empor, tritt in den Stamm, kann, da die Gefäße des Stammes mit denen des Blattgeäders in direkter Verbindung stehen, bei krautigen Pflanzen bis in die Blätter gepreßt werden und hier an der Blattspitze oder am Blattrande in Form von Tropfen aus großen Spaltöffnungen, den Wasserspalten, austreten.

Guttation. Das Austreten von Wassertropfchen aus den Blättern infolge von Wurzeldruck — gewöhnlich als Guttation bezeichnet — kann leicht veranschaulicht werden, indem man in einem Blumentopf befindliche junge Graskeimlinge mit einer Glasglocke oder einem umgekehrten Trinkglas bedeckt. Nach einiger Zeit treten in dem nun feucht gewordenen

Raume an den Blattspitzen, teils aus kleinen Rissen, teils aus Wasserspalten, Wassertropfchen hervor, die sich allmählich vergrößern, bis sie infolge ihres



Fig. 26.

Wassertropfenausscheidung (Guttation) an den Blattspitzen von Haferkeimlingen. Verkl. (Original.)

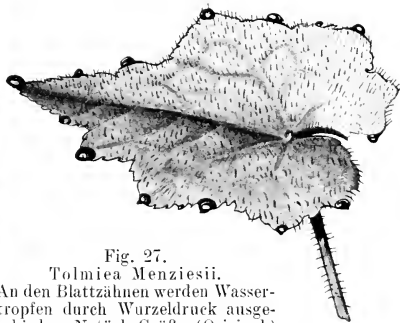


Fig. 27.

Tolmiea Menziesii.

An den Blattzähnen werden Wassertropfen durch Wurzeldruck ausgeschieden. Natürl. Größe. (Original.)

Gewichtes abfallen und durch neue ersetzt werden (Fig. 26). Tropaeolum- oder Tolmieapflanzen, demselben Versuch ausgesetzt, zeigen an den Blattzähnen im feuchten Raume gleichfalls Tropfen, die, mit dem Finger abgewischt, nach einiger Zeit an gleicher Stelle wieder erscheinen (Fig. 27). Was hier im Experimente gesehen wird, kann auch in der freien Natur an zahlreichen krautigen Pflanzen beobachtet werden, am besten zeitlich morgens, wenn die Luft mit Wasserdampf noch ziemlich gesättigt ist. Gräser, Balsaminen, Doldenpflanzen, Compositen, Alchemilla und viele andere zeigen dann die Guttation in schönster Weise. In höchster Vollendung ist diese Wasserauscheidung bei *Colocasia nymphaefolia* und *Colocasia esculenta* ausgebildet, denn hier werden die Tropfen nicht bloß wie bei anderen Pflanzen langsam hervorgepreßt, sondern plötzlich herausgeschleudert. Das Herausschleudern von Wassertropfchen tritt nur an dem jüngsten, sich aus der Knospe hervorschiebenden Blatte auf, wenn es noch eingerollt und mit seiner Spitze mehr oder minder nach aufwärts gerichtet ist. ..Derartige Blätter zeigen namentlich bei günstiger Temperatur des feuchtwarmen Gewächshauses das Hervorspringen der Wassertropfchen in ausgezeichneter Weise. An regnerischen, trüben Tagen, wenn die Atmosphäre mit Wasserdampf gesättigt und die Transpiration auf ein Minimum reduziert ist, kann man das Springen der Tropfen Tag und

Nacht ununterbrochen beobachten, an sonnigen Tagen unterbleibt hingegen die Guttation für gewöhnlich während des Tages, um knapp vor Sonnenuntergang oder nach demselben zu beginnen. Zunächst erscheinen die Tröpfchen in längeren Intervallen, dann immer schneller, schließlich so schnell, daß man kaum imstande ist, die fliegenden Tröpfchen zu zählen. Morgens, wenn die Sonne die Pflanze wieder trifft, verlangsamt sich das Tempo und die Ausscheidung hört schließlich ganz auf.

Steht das Blatt mit seiner Spitze ziemlich vertikal oder schief gegen den Horizont, so fallen die geschleuderten Tröpfchen in parabolischem Bogen zur Erde. Zeigt das Blatt eine nahezu horizontale Lage und bleibt die Ausführungsöffnung der Blattspitze zufällig aufwärts gerichtet, so fliegen die Tröpfchen nahezu 1 cm vertikal in die Höhe und dann zur Erde. Folgen die Tröpfchen rasch aufeinander, so macht das ganze Schauspiel einen höchst überraschenden Eindruck, man glaubt einen Springbrunnen, eine Art lebende Fontäne zu sehen¹⁾. Der Leser wird von dem Schauspiel eine sehr gute Vorstellung gewinnen, wenn er die Fig. 28 betrachtet. Er muß sich nur vor Augen halten, daß die Photographie eine Zeitaufnahme darstellt und daher nicht der einzelne Tropfen, sondern die von ihm zurückgelegte Bahn zu sehen ist.

Die Menge des ausgespritzten Wassers ist oft erstaunlich groß; in einer Nacht kann aus einer einzigen Blattspitze etwa $\frac{1}{10}$ Liter ausgeschleudert werden. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Guttation die Aufgabe hat, während der Nacht, wenn die Verdunstung des Wassers durch die Oberfläche der Pflanze sehr gering oder Null ist und sich das Wachstum sehr rasch vollzieht, die Organe mit Mineralsalzen, die in dem durch die Pflanze hindurchgepreßten Saftstrom gelöst sind, zu versehen. Außerdem kann sich die Pflanze durch die Guttation gewisser überflüssiger, ja sogar schädlicher Stoffe entledigen, denn wenn die Tropfenausscheidung, wie STALE²⁾ gezeigt hat, bei gewissen Pflanzen z. B. bei Impatiens, dem Schachtelhalm und den Erdbeeren durch Kultur in trockener Zimmerluft verhindert wird, so werden diese geschädigt oder sogar getötet³⁾.

Das Blüten. Das Wasser tritt aber nicht nur aus den Wasserspalten, sondern auch aus Wunden hervor. Die Ausscheidung von Wasser



Fig. 28.

Hervorschleudern von Wassertröpfchen aus dem jungen, noch zusammengerollten Blättchen von *Colocasia nymphaeifolia*. In der Photographie sieht man nicht die einzelnen Tröpfchen, sondern nur ihre Bahn. (Original.)

¹⁾ MOLISCH, H., Das Hervorspringen von Wassertropfen aus der Blattspitze von *Colocasia nymphaeifolia*. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. Bd. XXI, 1903, p. 381.

²⁾ STALE, E., Zur Physiologie u. Biologie der Exkrete. Flora Bd. XI, 1919, p. 1.

³⁾ Es ist aber noch zu untersuchen, ob das Absterben seiner Versuchspflanzen tatsächlich durch die verhinderte Ausscheidung schädlicher Stoffe herbeigeführt wurde oder ob nicht die Schädigung durch ungünstige Versuchsbedingungen, z. B. durch die Trockenheit der Zimmerluft, durch allzu starke Transpiration, durch unreine Luft usw. hervorgerufen wurde.

aus Wunden infolge von osmotischem Druck heißt „Bluten“ und läßt sich in verschiedener Weise demonstrieren. Eine der gewöhnlich angewandten Methoden besteht darin, eine mit starkem Wurzeldruck ausgestattete Pflanze, z. B. *Boehmeria utilis*, *Gynura* oder *Sanchezia* 2 bis 3 cm über dem Wurzelhals quer abzuschneiden, die Schnittfläche mit reinem Wasser zu benetzen und luftdicht ein Stückchen Kautschukschlauch aufzusetzen, in dem eine längere Glasröhre von $\frac{1}{2}$ —2 m steckt.

Wenn die Topferde genügend feucht erhalten wird, fließt alsbald aus den angeschnittenen Gefäßen des Stammstumpfes Wasser heraus, steigt empor und kann

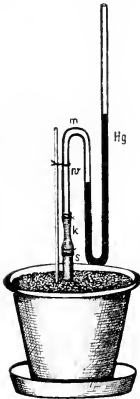


Fig. 29.

Blutungsversuch mit Quecksilbermanometer. Eine *Boehmeria utilis* wurde geköpft und auf den Stammstumpf *s* mit dem Kautschukrohr *k* das Manometer *m* aufgesetzt. Der Wurzeldruck preßt Wasser *w* aus dem Stumpf in die Glasröhre und dadurch Quecksilber *Hg*, das am Beginn des Versuches in beiden Schenkeln gleich hoch stand, empor. Aus der Höhendifferenz der beiden Quecksilbersäulen ergibt sich die Größe des Blutungsdruckes. (Original.)

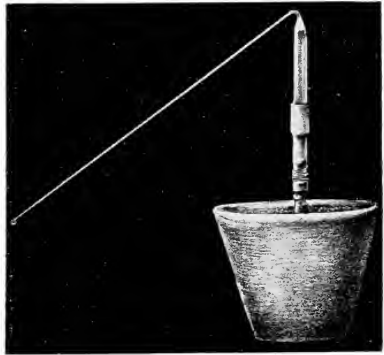


Fig. 30.

Versuch über Wurzeldruck. Auf dem Stammstumpf einer *Boehmeria utilis* wurde mit einem Kautschukschlauch ein knieförmiges, in ein Haarröhrchen auslaufendes Glasrohr aufgesetzt. Das Ausfließen des Wassers gibt sich schön durch das rasche Anwachsen eines Tropfens am Ende des Röhrchens zu erkennen. Der Tropfen vergrößert sich, fällt ab und erscheint bald wieder. (Original.)

schließlich das ganze Glasrohr erfüllen. Aus der Höhe der Wassersäule kann man annähernd den Druck erschließen, mit dem das Wasser ausgeschieden wird. Genauer kann dies geschehen, wenn man anstatt der geraden Glasröhre ein Quecksilbermanometer anwendet (Fig. 29). Noch anschaulicher läßt sich das Bluten demonstrieren, indem man anstatt des relativ weiten Glasrohres eines aufsetzt, das in eine längere, schief nach abwärts gebogene Kapillarröhre ausläuft, wie dies aus Fig. 30 ersichtlich ist. Benutzt man eine kräftige *Boehmeria utilis* oder eine andere Pflanze mit starkem Wurzeldruck, so kann man das Erscheinen und Abtropfen des Wassertropfens am Kapillarmunde bequem beobachten. Preßt man durch einen Fingerdruck auf das Kautschukrohr rasch etwas Wasser aus und

läßt dann los, so bilden sich innerhalb des Haarröhrchens gewöhnlich mehrere Luftbläschen. Nach kurzer Zeit beginnen sich dann die Luftbläschen zu bewegen. Das durch den Wurzelndruck ausgepreßte Wasser drängt die Luftbläschen gegen das Ende der Kapillarröhre, und zwar so rasch, daß man ihre Bewegung und infolgedessen die des Wasserfadens direkt mit freiem Auge verfolgen kann¹⁾.

Ebenso wie unter den krautigen Pflanzen gibt es auch unter den Holzgewächsen solche, die sich durch starkes Bluten in der Zeit vor dem Laubausbruch auszeichnen: der Weinstock, die Birke, der Zuckerahorn und andere Ahorne, die Hainbuche, die Kornelkirsche und einige andere. Der Weinstock zeigt die Erscheinung beim Anbruch des Frühlings kurz nach dem Beschneiden. Mitte und Ende März beginnt das Bluten. Ein ausgezeichneter Bluter ist auch die Birke und der Zuckerahorn. Wird im Vorfrühling vor dem Austreiben der Knospen die Klinge eines Federmessers in den Stamm bis in den Holzkörper eingestoßen, so fließt bei warmem Wetter sogleich ein klarer Safttropfen hervor, perlt nach abwärts und wird immer wieder erneuert. Macht man ein Bohrloch bis in den jungen Holzkörper und setzt luftdicht ein Glasrohr ein, so fließt daraus tropfenweise der Saft hervor, bis der Baum sich zu belüftern beginnt. Ein großer Birkenbaum kann 1—5 Liter pro Tag aus einem Bohrloch liefern. Da der Saft nicht reines Wasser, sondern neben anderen organischen Körpern 1% Zucker enthält, so wird er in manchen Gegenden, z. B. in den russischen Ostseeprovinzen und in Finnland, abgezapft und entweder gleich oder nach durchgemachter Gärung als „Birkenwein“ getrunken²⁾.

Bedeutend mehr Zucker führt der Blutungssaft unserer Ahornbäume: $\frac{1}{2}$ —3%; der amerikanische Zuckerahorn sogar noch mehr³⁾.

In den nördlichen Staaten Nordamerikas benutzten die Indianer seit alten Zeiten den Ahornzucker. Die Gewinnung war eine sehr primitive. Sie schnitten den Baum mit der Axt horizontal an und leiteten den ausfließenden Saft durch ein rinnenartiges Rindenstück in Gefäße, in denen der Zucker durch Konzentration oder durch Ausfrierenlassen gewonnen wurde. Heute arbeitet man, abgesehen von sehr entlegenen Gegenden, viel rationeller; man verwendet nicht mehr die Axt, sondern macht ein $\frac{3}{8}$ Zoll breites Bohrloch und leitet aus diesem mit einem Metallrohr den Saft in den am Stamme aufgehängten Eimer. Ein großer Baum liefert 50—150 Liter Saft, der 12—35 kg Zucker enthalten soll⁴⁾. Die Ahornzuckerindustrie ist in den nördlichen Staaten der Union sehr bedeutend, ja die Produktion scheint immer mehr zu steigen, da der Ahornzucker in Amerika sehr geschätzt wird.

Es ist in historischer Beziehung von Interesse, daß vor etwa 100 Jahren, zur Zeit als Napoleon I. über England die Kontinentalsperre verfügte, Europa vom tropischen Rohrzucker abgeschnitten und die Zuckernot aufs höchste gestiegen war, eine starke Propaganda zur Zuckergewinnung aus dem Blutungssaft der einheimischen Ahornbäume einsetzte. Tatsächlich hat man damals in Böhmen beträchtliche Rohrzuckermengen durch Anzapfen der Ahornbäume gewonnen, ja es wurde sogar der Vorschlag gemacht, sich vom Kolonialzucker ganz unabhängig zu machen und den Bedarf an einheimischem Zucker ganz durch Ahornbäume zu decken⁵⁾.

¹⁾ MOLISCH, H., l. c. r. 389.

²⁾ HARTWICH, C., Die menschlichen Genußmittel. Leipzig 1911. p. 763.

³⁾ Wenn aber für diesen 24—27% angegeben werden, so dürfte es sich wohl um einen Irrtum handeln.

⁴⁾ TSCHIRCH, A., Handbuch der Pharmakognosie. 2. Bd., p. 126—128.

⁵⁾ MOLISCH, H., Über die Gewinnung von Zucker aus Ahornbäumen. Urania (Wien) 1917, p. 275.

Daß wirklich der Wurzeldruck die Ursache der Guttation und des Blutens ist, davon kann man sich leicht überzeugen. Denn wenn man ein guttierendes Blatt oder einen blutenden Weinstockzweig abschneidet, also von der Wurzel trennt und ins Wasser stellt, so hört die Wasser-ausscheidung alsbald auf. Damit soll nicht gesagt sein, daß nicht auch die Stammzellen beim Emporpressen des Saftes mit beteiligt sein können. Wir werden bald Beispiele kennen lernen, wo auch durch Stammzellen aus Wunden Saft unter ansehnlichem Druck ausgepreßt werden kann. Immerhin spielt aber beim gewöhnlichen Bluten die Wurzel die Hauptrolle.

Der Druck, unter dem das Wasser bei blutenden Bäumen ausgeschieden wird, übersteigt gewöhnlich nicht eine Atmosphäre; in seltenen Fällen fand man höhere Drucke bis $1\frac{1}{2}$ und in einem Falle¹⁾ (*Conocephalus azureus*) sogar 2,5 Atmosphären, d. h. dieser maximale Druck würde einer Wassersäule von 25 Metern das Gleichgewicht halten. Zumeist findet man aber einen viel geringeren Blutungsdruck vor, ja bei belaubten Bäumen läßt sich gewöhnlich²⁾ überhaupt kein Wurzeldruck nachweisen, wohl aber in der Regel das Gegenteil, eine Saugung, infolge von negativem Druck. Daraus geht schlagend hervor, daß der Wurzeldruck keineswegs genügt, die Saftbewegung im Baume zu erklären. Man kann sich allerdings vorstellen, daß bei einer niedrigen, krautigen Pflanze in einer sehr feuchten Atmosphäre der Wurzeldruck die Pflanze genügend mit Wasser versorgt, auch muß man zugeben, daß bei blutenden Holzgewächsen vor dem Laubausbruch der Saft recht hoch emporgetrieben wird, aber unter gewöhnlichen Verhältnissen wird bei belaubten Bäumen und Sträuchern der Wurzeldruck zweifellos für die Saftbewegung nur wenig leisten; er ist ja zur Zeit starker Wasserabgabe durch die belaubte Baumkrone, also gerade zur Zeit, wenn die Saftbewegung eine sehr ausgiebige und rasche ist, gar nicht nachweisbar. Dazu kommt, daß die osmotischen Bewegungen außerordentlich langsam sind und bei rascher Saftbewegung kaum in Betracht kommen.

Lokaler Stammdruck.

Nicht alles Wasser, das nach Verwundung aus dem Stamme längere Zeit ausfließt, ist eine Folgeerscheinung des Wurzeldruckes, denn Blutungsdruck kann auch lokal im Stamme entstehen, unabhängig vom Wurzeldruck. Man war früher geneigt, jedes Bluten des Stammes durch Wurzeldruck zu erklären. Es sei hier ein Fall geschildert, der deutlich zeigen wird, daß Bluten auch ohne Wurzeldruck möglich ist. Wenn in einen Stamm von *Aesculus*, *Tilia* oder *Juglans* zur Zeit voller Belaubung ein Loch gebohrt und in dieses luftdicht ein Glasmanometer eingesetzt wird, so zeigt sich, daß zunächst eine Saugung eintritt, die sich bald ausgleicht, und daß nachher unter mäßigem Saftaustritt ein positiver Druck sich einstellt, der gegen den Herbst ein Maximum von erstaunlicher Höhe erreichen kann. So beobachtete BOEHM³⁾ Drucke bei

¹⁾ MOLISCH, H., Über das Bluten tropischer Holzgewächse im Zustande völliger Belaubung. *Annal. du Jardin de Buitenzorg. Supplém. II*, p. 23—32, 1898.

²⁾ Über Ausnahmen siehe FABER, F. C. v., Physiologische Fragmente aus einem tropischen Urwald. *Jahrb. f. w. Bot.* 1915, Bd. 56, p. 219.

³⁾ BOEHM, J., Über einen eigentümlichen Stammdruck. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* 1892, p. 539.

Aesculus Hippocastanum von	8.64 Atm.
Aesculus rubicunda ..	5.14 Atm.
Tilia americana ..	3.09 Atm.
und FIGDOR ¹⁾ bei verschiedenen Pflanzen der Tropen von	4–6 Atm.
Schizolobium excelsum von	8 Atm.

Wie ich mich durch eigene Untersuchungen überzeugen konnte²⁾, sind die oben angeführten Beobachtungen zweifellos richtig, ihre Erklärung aber war verfehlt. Nicht die Zersetzung des Holzes (HARTIG, TH.) und auch nicht seine Verkernung (BOEHM), sondern das infolge der Verwundung und des daraus resultierenden Wundreizes entstehende Überwallungsgewebe ist der Sitz des osmotischen Druckes. Infolge der Verwundung werden die Kambium-, Holz- und Rindenzellen zu erhöhter Tätigkeit veranlaßt, lebhaftere Zellvermehrung und energisches Wachstum steuern darauf los, die Wunde auszuheilen. Diese Veränderung geht Hand in Hand mit einer solchen Steigerung des osmotischen Druckes der Zellen, daß aus ihnen unter einem ganz kolossalen Druck bis etwa 9 Atm. Wasser ausgepreßt wird, aber nicht in großer Menge. Und dieser Überdruck tritt nur in der Umgebung der Wunde auf, denn wenn man an demselben belaubten Baum irgendwo anders rasch ein Bohrloch macht und ein Manometer einpaßt, so wird man keinen Überdruck, sondern eine Saugung, also einen negativen Druck beobachten. Die eben besprochenen Blutungsdrücke in Bohrlöchern sind mithin ganz lokale, durch die lokale Verwundung des Baumes verursachte und daher pathologische.

Schleimfluß. Aus Sägewunden und Frostspalten verschiedener Bäume sickert bekanntlich während der Vegetationsperiode etwas Saft hervor, in dem sich, weil er nicht reines Wasser, sondern eine gute, an organischen Stoffen reiche Nährlösung darstellt, Bakterien, Hefe und andere Pilze reichlich ansiedeln und hier ausgiebig vermehren. Die Ursache dieses Schleimflusses ist aber nicht, wie man vielfach geglaubt hat, die Pilzflora, sondern, wie auch SORAUER³⁾ richtig annimmt, der lokale, durch die Verwundung hervorgerufene Blutungsdruck, der zur Abscheidung geringer Saftmengen führt. In diesem Saft siedeln sich die genannten mikroskopischen Pilze an. Es ist also die Wunde und das Bluten des Kallus-

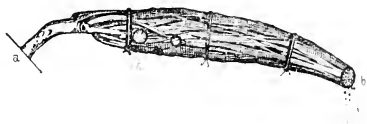


Fig. 31.

Junger, amputierter Blütenkolben von *Cocos nucifera*, von der Scheide befreit, an 3 Stellen zusammengebunden, um das Auseinanderklaffen der Blütenspindeln zu verhüten. *a* Basis des Kolbens, *b* Amputationsstelle. Die durchschnittenen Spindeln lassen Zuckersaft abtropfen. *c* weibliche Blüten, die männlichen Blüten sind fortgelassen. Der Blütenstand 7 mal verkleinert. (Original.)

¹⁾ FIGDOR, W., Untersuchungen über die Erscheinung des Blutungsdruckes i. d. Tropen. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. CVII. Bd., Abt. I. 1898, p. 640.

²⁾ MOLISCH, H., Über lokalen Blutungsdruck und seine Ursachen. Bot. Ztg. 1902, p. 45.

³⁾ SORAUER, P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. 1909, I. Bd., p. 844.

gewebes das Primäre und die Pilzvegetation das Sekundäre, aber nicht umgekehrt, wie man auch heute noch gewöhnlich annimmt.

Palmwein. Seit uralter Zeit verstehen es tropische Völker, aus verschiedenen Palmen zu gewissen Zeiten Zuckersaft (Toddy) in großen Mengen abzuzapfen, der, falls nicht Zucker daraus gewonnen wird, entweder direkt oder nach durchgemachter Gärung als Wein getrunken oder zur Arrakbereitung verwendet wird. Solche Zuckersaft liefernde Palmen sind: *Cocos nucifera*, *Phoenix dactylifera*, *Arenga saccharifera* und andere. Auch hier war man früher irrtümlich der Meinung, daß der nach dem Abschneiden des Blütenstandes aus der Wunde austretende Saft eine Folge des Wurzeldruckes sei. Aber an Ort und Stelle in den Tropen von mir gemachte Beobachtungen lieferten mir den Beweis, daß die Erscheinung nicht auf Wurzeldruck, sondern auf einen lokalen, in der Nähe des Blütenstandes sich geltend machenden Stammdruck zurückzuführen ist. Palmen, die in der Krone eben Zuckersaft reichlich ausschieden, zeigen im basalen Teile des Stammes (Brusthöhe) weder nach Anbringung von Bohrlöchern, noch von Verletzungen anderer Art Bluten. Da über Palmweingewinnung in den Reiseberichten gewöhnlich unrichtige Angaben gemacht werden, so will ich hier meine eigenen Erfahrungen mitteilen¹⁾. Das Verfahren ist nicht bei allen Palmen gleich.

Bei der *Cocos*palme schneidet der Eingeborene, sobald er einen passenden Blütenstand ausgewählt, die Spitze der Scheide ab, führt in dieser von oben bis unten (zur Basis) mit dem Messer einen Längsschnitt und schneidet die Scheide, nachdem er sie aufgeklappt, ab, so daß nun der junge Blütenstand, dessen einzelne Verzweigungen noch der Hauptspindel anliegen, nackt zutage liegt. Nun wird das obere Ende des ganzen Blütenstandes in einer Länge von etwa 6 cm mittels eines Schnittes entfernt, hierauf der zurückbleibende Blütenstand mit *Cocos*blattdedern an drei Stellen zusammengebunden (siehe Fig. 31) und unter dem oberen Ende ein Bambusrohr zum Auffangen des Zuckersaftes befestigt. Jeden folgenden Tag wird dann morgens und abends neuerdings durch einen Schnitt ein etwa $\frac{1}{2}$ cm langes Stückchen von jeder Spindel abgetragen und dies wird durch 4—5 Tage fortgesetzt. Dann erst beginnt der Saft zu fließen; vor dem vierten und fünften Tage bleiben die Schnittflächen der Spindeln entweder trocken oder sie schwitzen nur ein wenig. In einem von mir genau beobachteten Falle wurden innerhalb 14 Tagen von einem *Cocos*blütenstand gegen 8 Liter Zuckersaft geliefert. Auf Grund zahlreicher Versuche gewann ich die Überzeugung, daß es für den Eintritt der Saftsekretion bei der *Cocos*palme notwendig ist, die alten Wundflächen in regelmäßiger Aufeinanderfolge zu erneuern, einerseits um eine Verlegung der Gefäße durch gummiartige Substanzen und Pilze zu verhindern, andererseits um den Wundreiz zu erneuern und auf einer gewissen Intensität zu erhalten. Auf diesen Wundreiz antwortet der Blütenstand mit einem Erguß von Zuckersaft aus den Wunden.

Daß der aus der Palme hervorträufelnde Saft, den ich sowohl bei der *Cocos*- als auch bei der *Arenga*palme so süß gefunden habe wie sehr süßen Traubenmost, so überaus rasch in Gärung übergeht, darf wohl nicht überraschen, wenn man sich die herrschende günstige Temperatur, zumal wenn das Bambusrohr von der Sonne getroffen wird, vor Augen hält. Das Räuchern des Bambusrohres vermag begreiflicherweise die Gärung auch nicht zu hindern und erteilt dem Saft einen Geruch und Geschmack nach Rauch. Der große Zuckergehalt des Saftes lockt zahlreiche Schmetterlinge und Käfer an, die in die Flüssigkeit hineinfallen und hier den Tod finden.

¹⁾ MOLISCH, H., Die Sekretion des Palmweins und ihre Ursachen. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. CVII. Abt. I. 1898, p. 1247.

Die Gomutipalme oder *Arenga* trägt auf einem struppigen Stamme eine aus wenigen, ziemlich aufrechten Fiederblättern bestehende unschöne Krone und bringt etwa nach dem zehnten Jahre männliche und weibliche Blütenstände hervor, die in gewaltig verzweigten Kolben herabhängen. Beide haben ein bedeutendes Gewicht, ein großer Fruchtstand ein so schweres, daß ein starker Mann seine ganze Kraft aufwenden muß, um ihn zu heben. Auch über die übliche Methode zur Saftgewinnung aus der Arengapalme waren unzureichende und unrichtige Angaben vorhanden, namentlich war auf einen wichtigen Umstand nicht Rücksicht genommen worden.

Es ist nach meinen Erfahrungen auf Java üblich, den Kolbenstiel an seiner Basis, da, wo er noch keine Verzweigungen besitzt, vor der Amputation des Blütenstandes zu klopfen. Der Hauptstiel des männlichen Blütenstandes wird, bevor seine Blüten sich öffnen, 4—5 Wochen, und zwar jede Woche einmal mit einem Holzhammer ringsherum mäßig stark geklopft und gleich darauf hin- und hergehoben, gewissermaßen massiert. Infolge des Klopfens erhält der Kolbenstiel braune Wundflächen. Sowie die Blüten aufzubrechen beginnen und der Kolben duftet, wird er etwa 30 cm über seiner Basis abgeschnitten, so daß nunmehr bloß der blütenlose Stummel am Baume verbleibt. Eine von mir gemietete *Arenga* lieferte aus dem Stummel eines männlichen Blütenstandes innerhalb 5 Tagen 18 Liter Zuckersaft. Der Saft kommt bei der hohen Tropentemperatur rasch in Gärung, ist voll von Hefezellen und hat einen äußerst angenehmen und wegen des großen Kohlensäuregehaltes prickelnden Geschmack.

Pulque. In Mexiko wird seit uralten Zeiten aus der *Agave americana* Zuckersaft gewonnen, der das Nationalgetränk der Mexikaner, die Pulque, liefert. In Europa wird die Pflanze häufig die hundertjährige Aloe genannt, weil sie angeblich bei uns nur alle 100 Jahre blühen soll. Dies ist aber nicht wörtlich zu nehmen, denn in unseren Gewächshäusern blüht sie je nach der Kultur schon nach 30—50 Jahren, in ihrer Heimat aber, in Südamerika und Mexiko, auf gutem Boden, gewöhnlich schon nach 6—8 Jahren. Nach dem Verblühen stirbt die Pflanze ab, bildet aber aus dem Wurzelstocke wieder neue Triebe. Die Art und Weise, wie die *Agave* bei der Pulquegewinnung behandelt wird, entnehme ich dem ausgezeichneten Werke HARTWICH'S¹⁾:

„Haben die *Agaven* ein Alter von 6—8 Jahren erreicht, so bilden sie in der Mitte der Blattrosette die dicke Knospe, die bestimmt ist, den bis 8 m hohen Blütenstamm zu treiben, die innersten Blätter, die bis dahin zusammengeneigt einen bis 3 m hoch emporstarrenden Spieß gebildet haben, legen sich auseinander. Diese Blattstellung, die anzeigt, daß die Pflanze zur Pulquegewinnung reif ist, bezeichnet man als „Cava“



Fig. 32.
Gewinnung der Pulque aus der *Agave americana*. Der Arbeiter saugt mit einem als Heber benützten Flaschenkürbis den Zuckersaft empor. (Nach einer käuflichen Photographie.)

¹⁾ HARTWICH, C., Die menschlichen Genußmittel. Leipzig 1911. p. 639.

oder „Gesicht“. Man entfernt alle Blätter, welche der Gewinnung des Saftes hinderlich sein können, indem man sie abschneidet oder herabknickt. Dann schneidet man die Zentralknospe aus und überläßt danach die Pflanze 6—7 Monate (!) sich selbst. Nach dieser Zeit höhlt man mit einer großen spitzen Eisenstange (Quebrador = Zerbrecher) die Mitte der Pflanze aus, wodurch ein Kessel entsteht, der fast $\frac{1}{2}$ m tief und breit ist. — Die innere Wand des Kessels nimmt bald eine tiefschwarze Farbe an. Bereits binnen acht Tagen füllt sich der Kessel mit Flüssigkeit. Die Wand des Kessels muß in der ersten Woche täglich mehrmals mit dem Raspador, einem breiten, flachhacken-förmigen Eiseninstrument ausgeschabt werden. Der Kessel wird mit einem flachen Stein verschlossen gehalten, um ungebetene Gäste (Hunde, Katzen, Insekten) fern zu halten. Die Flüssigkeit, die sich im Kessel sammelt, ist der zuckerhaltige Saft, er heißt Aguamiel = Honigwasser. Das Einsammeln des Saftes besorgt der Tlalchiquero (Tlalchique = Pulque) mittels eines eigentümlichen Stechhebers, des Acocote, der aus einem ausgehöhlten, langen Flaschenkürbis besteht und oben wie unten ein Loch von der Größe eines Markstückes besitzt. Auf dem Rücken trägt der Tlalchiquero einen Sack, der aus einer Schaf-, Ziegen- oder Schweinschaut besteht (Fig. 32). Er steckt den Acocote in die Flüssigkeit, saugt ihn voll, verschließt das untere Ende mit der Hand und läßt die Flüssigkeit dann in den Sack laufen, die Entleerung des Kessels geschieht vor- und nachmittags. Eine mittelkräftige Pflanze gibt täglich 6—8 Liter und das kann bei auf schlechtem Boden gewachsenen Pflanzen 3—4 Monate, bei auf gutem gewachsenen 8 Monate dauern. Die Menge Aguamiel, die man so von einer Pflanze gewinnt, kann 1100 Liter betragen. Die Blätter werden dabei nach und nach schlaff und neigen sich abwärts. Der Gehalt an Zucker beträgt in der Aguamiel 8—10 % (nach anderen Angaben 12—15 %). Wenn wir die Mittelzahl 10 % nehmen und voraussetzen, daß die Zusammensetzung der Aguamiel gleich bleibt, so liefert eine Pflanze in 8 Monaten etwa 110 kg Zucker.“ Den so gewonnenen Zuckersaft der Agave läßt man gären, es entsteht daraus die Pulque, ein ziemlich alkoholreiches Getränk, das in Mexiko in enormen Mengen getrunken wird, und sich in der Konkurrenz gegen Wein und Bier erfolgreich behauptet.

Wie ist nun der massenhafte Austritt des Agavesaftes zu erklären? Auch hier haben die Botaniker bisher angenommen, daß der Wurzeldruck den Saft aus der Wunde hervorprißt, allein nach den Erfahrungen, die jetzt über die Palmweingewinnung vorliegen, muß man sich wohl dieser herrschenden Meinung gegenüber sehr skeptisch verhalten und es erscheint mir nicht unwahrscheinlich, daß es sich bei der Agave ähnlich wie bei den Palmen verhält, daß auch hier der kontinuierliche oder erneute Wundreiz eine wesentliche Rolle spielt, und daß in den oberirdischen Organen die Druckkraft ausgelöst wird und nicht in der Wurzel. Wie in so vielen Fällen muß auch hier das Experiment entscheiden, es wäre daher eine dankbare Aufgabe für einen Physiologen, diese Frage, ob Wurzels- oder Stammedruck, an Ort und Stelle in den Agave-Plantagen zu untersuchen. —

Das Holz, die eigentliche Wasserleitungsbahn.

Die Hauptmasse des von der Wurzel aufgenommenen und im Stamme bis zu den Blättern weitergeleiteten Wassers bewegt sich im Holze, in den darin enthaltenen Holzzellen und Holzgefäßen. Wie die nebenstehende Fig. 33 zeigt, besteht der Stamm eines Baumes, z. B. der eines Buchenstammes, aus 4 Teilen: aus dem Mark, dem Holz, dem Kambium und der Rinde. Das Gewebe, welches innerhalb des Kambiums liegt, ist, abgesehen von dem wenig ausgebildeten, im Zentrum liegenden Mark, das Holz, das

außerhalb des Kambiums befindliche Gewebe ist die Rinde. Das Kambium bildet alljährlich nach innen zu eine Schichte Holz (Jahresring), nach außen einen Teil der Rinde, den Bast. Den größten Teil des Baumstammes nimmt der Holzkörper ein. Auf dem Querschnitt läßt er konzentrische Kreise, die Jahresringe erkennen, von denen jeder dem jährlichen Holzzuwachs entspricht. Daher kann man aus der Zahl der Jahresringe das Alter des Baumes ermitteln.

Das folgende Experiment lehrt auf das deutlichste, daß nur das Holz die Fähigkeit hat, das Wasser genügend rasch zu leiten, nicht aber die Rinde und das Mark. Man schneidet drei frische Zweige vom Flieder (Syringa) ab, stellt den ersten bloß mit dem Marke, den zweiten bloß mit der Rinde und den dritten nur mit dem Holze ins Wasser. Nach einiger Zeit wird man sehen, daß der erste und zweite Zweig welk, der dritte aber ganz frisch ist. Weder das Mark noch die Rinde ist imstande, das Laub mit genügend viel Wasser zu versorgen, dieses Vermögen hat eben nur das Holz. Daß die Rinde für eine genügend rasche Wasserleitung untauglich ist, läßt sich auch in anderer Weise zeigen. An einem Baumstamme oder einem seiner beblätterten Zweige wird ein 1–2 em hoher Rindenring bis auf den Holzkörper abgelöst. Trotzdem die Rinde nun unterbrochen ist, bleiben die über dem Ring befindlichen Zweige oft monatelang, ja bei manchen Bäumen oft länger als 1–2 Jahre frisch.

Bekanntlich ist bei vielen Bäumen die zentrale Partie des Holzkörpers dunkel gefärbt und mit verschiedenen Stoffen: Gummi, Harz, Gerb- und Farbstoffen erfüllt. Dieser zentrale dunkle Holzteil heißt Kernholz oder kurzweg Kern, im Gegensatz zu der äußeren, hellen Zone, die Splint genannt wird. Es sei nun noch hinzugefügt, daß das Kernholz an der Saftleitung so gut wie nicht beteiligt ist, sondern bloß der Splint. Die letzten, d. h. die jüngsten, an das Kambium angrenzenden Jahresringe des Splintes leiten das Wasser besser als die älteren inneren, ja in manchen Fällen, wie z. B. bei der falschen Akazie, leitet überhaupt nur der letzte Jahresring ausgiebig das Wasser. Dies ist auch die Ursache, warum eine Robinia schon nach 1–2 Tagen welk und kurze Zeit darauf vertrocknet, wenn man die Stammrinde in Form eines breiten Ringes entfernt und so den letzten Jahresring bloßlegt. Dieser trocknet rasch ein und da er der einzige ist, der das Wasser leitet, beginnt der Baum alsbald zu welken. —

Die Luft in den Gefäßen ist verdünnt (negativer Druck der Gefäßluft).

Wenn man einen beblätterten Zweig (Weinstock, Eiche usw.) unter Quecksilber abschneidet (siehe Fig. 34), die Schnittfläche einige Minuten

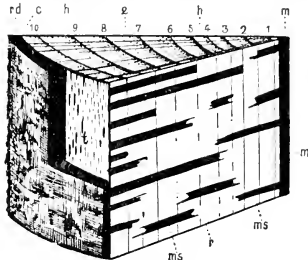


Fig. 33.

11-jähriges Stammstück der Buche (Fagus). *q* Quer-, *r* Radial-, *t* Tangentialschnittansicht, *m* Mark, *rd* Rinde, *n* Holz, *c* Kambium, *ms* Markstrahlen, 1 bis 10 die aufeinanderfolgenden Jahresringe. Etwas schematisiert und vergrößert. (Original.)

unter Quecksilber beläßt und dann nach dem Abschälen der Rinde genauer, am besten mit der Lupe, prüft, so erscheinen die Gefäße als silbergraue Streifen, weil sie jetzt von Quecksilber erfüllt sind. Das Quecksilber steigt in die Gefäße, sobald sie durch das Messer geöffnet werden, weil die Luft, die die Gefäße, soweit sie nicht Wasser führen, erfüllt, sehr verdünnt ist. Der äußere Luftdruck preßt daher das Quecksilber in die Gefäße

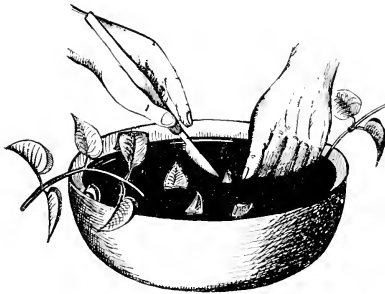


Fig. 34.

Durchschneiden eines belaubten Zweiges unter Quecksilber, um die Luftverdünnung in den Gefäßen des Holzes zu zeigen. Siehe Text. (Original.)

hinein. Als dieser von v. HÖHNEL¹⁾ herrührende Versuch bekannt wurde, dachte man einige Zeit, nun das Rätsel des Saftsteigens gelöst zu haben, vergaß aber, daß durch den Luftdruck das Wasser doch nur auf höchstens 10 m gehoben werden könnte. Gewiß wird die geringe Spannung der Gefäßluft eine Saugung des Wassers veranlassen, aber diese Saugung allein kann nicht zur Erklärung des Aufstieges des Wassers in turmhohen Bäumen herangezogen werden. Die Mammutbäume (Sequoia) in Nordamerika werden ja bis 140 m und die Eucalyptus in Australien sogar bis 150 m hoch.

Kapillarität.

Früher wurde vielfach auch die Meinung vertreten, daß die Holzgefäße und Holzzellen als Haarröhrchen der feinsten Art eine große Rolle spielen, indem sie wasserhebend und wasserhaltend wirken. Wird ein Glashaarröhrchen in Wasser eingestellt, so wird bekanntlich die Flüssigkeit in der Kapillare über den Spiegel der Außenflüssigkeit gehoben. Dasselbe muß sich auch in den Holzgefäßen, die ja als Haarröhrchen sehr feiner Art zu betrachten sind, abspielen. Daß sie auf weite Strecken hin offen und nicht etwa in kurzen Abständen durch Querwände geschlossen sind, kann leicht bewiesen werden. Ein „spanisches Rohr“, bekanntlich der Stamm einer lianenartigen „Palme“ (Calamus), zeigt auf dem Querschnitt große mit freiem Auge sichtbare Löcher, die Querschnitte der Gefäße. Durch ein meterlanges Stammstück läßt sich Luft bequem durchblasen, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man das untere Ende in ein Glas Wasser taucht und in das obere Luft hineinbläst. Auch Tabakrauch läßt sich durch 1—2 m lange Stammstücke hindurchblasen (Fig. 35) und Leuchtgas kann in das eine Ende mit einem Kautschukschlauch eingeleitet und am anderen Ende angezündet werden (Fig. 36). Die Gefäße sind beim spanischen Rohr so breit, daß man durch 3—4 cm lange Stücke, wofern sie gegen die Sonne oder ein Licht gehalten werden, das in die Gefäße ein-

¹⁾ HÖHNEL, FR. V., Über den negativen Luftdruck i. d. Gefäßen der Pflanzen. In F. HABERLANDTS wiss. prakt. Unters. usw. Wien 1877. p. 89.

fallende Licht als helle Punkte sieht. Das Hindurchpressen von Luft, Leuchtgas oder Tabakrauch wäre unmöglich, wenn die Gefäße durch quergestellte Membranen geschlossen wären, denn Druckfiltration ist durch eine geschlossene Pflanzenmembran nicht möglich¹⁾. Das Gelingen derartiger Versuche ist also ein Beweis, daß die Gefäße auf weite Strecken offen sind. Die Gefäße vermögen aber das Wasser nicht bedeutend zu heben, es handelt sich nur um wenige Zentimeter (etwa 4—17 cm). Auch ist die wasserhaltende Kraft nicht bedeutend. Wird ein meterlanges spanisches Rohr mit dem einen Ende ins Wasser gestellt und dann Wasser aufgesaugt, so gelangt es bis in den Mund, d. h. die Gefäße werden mit Wasser gefüllt. Hebt man dann das Rohr aus dem Wasser heraus, so

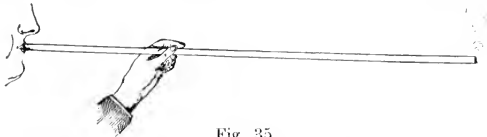


Fig. 35.

Tabakrauch läßt sich durch ein 1—2 m langes spanisches Rohr blasen. (Original.)

fließt, falls man oben die Schnittfläche mit dem Daumen schließt, kein Wasser unten heraus. Dies geschieht aber sofort, sobald man den Daumen vom oberen Ende entfernt. Nur ein kleiner Teil des Wassers bleibt in den Röhren zurück, so daß nur wenig hohe Wassersäulen in den Gefäßen an ihrer Basis zurückbleiben.

Damit hängt eine Erscheinung zusammen, die ich im javanischen Urwald oft zu beobachten Gelegenheit hatte. Wenn man einen nicht allzu dünnen Stamm einer Liane mit einem javanischen Hackmesser, wie es gewöhnlich jeder malayische Gartenarbeiter mit sich führt, rasch durchschneidet, so fließt in der Regel weder aus der unteren noch aus der oberen Schnittfläche Wasser heraus. Sobald man aber in einer beträchtlichen Entfernung, am besten $\frac{1}{2}$ —1 m über dem Schnitt, den Stamm neuerdings durchhackt und dann das abgetrennte Stammstück lotrecht hält, so tropft oder strömt Wasser in mehr oder minder großen

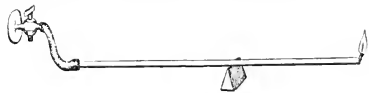


Fig. 36.

Leuchtgas läßt sich durch ein 20 cm langes spanisches Rohr leiten und am Ende des Rohres anzünden. (Original.)

Mengen, nicht selten in überraschend großen Quantitäten ($\frac{1}{2}$ —1 Liter) aus der unteren Schnittfläche hervor (Fig. 37). In der ersten Minute verhältnismäßig viel, dann weniger und nach fünf Minuten zumeist nichts mehr²⁾. Das

¹⁾ WIESNER, J. u. MOLISCH, H., Untersuchungen über die Gasbewegung in der Pflanze. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Bd. XCVIII. Abt. I. 1889, p. 670.

²⁾ MOLISCH, H., Über das Ausfließen des Saftes aus Stammstücken von Lianen. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. CVII. Bd., Abt. I. 1898, p. 977. Nach meinen Erfahrungen kann es keinem Zweife! unterliegen, daß man tatsächlich tropische Lianen dazu benutzen kann, um mit dem daraus sich ergebenden Wasser den Durst zu stillen. Das Wasser ist außerordentlich rein, von Bakterien vollständig frei. Ich habe einige Male solches Wasser getrunken und mich damit gelabt. Es wäre wünschenswert, daß die wasserspendenden Lianen mehr bekannt würden, da keimfreies, reines Wasser, zumal im tropischen Urwald, eine sehr begehrenswerte Sache ist, die vor mancher Krankheit behüten kann.

aus dem Lianenstamm ausfließende Wasser stammt aus den Holzröhren. Da die Kapillarität nur einen kleinen Teil des Wassers zu halten vermag, so fließt es, sobald die Gefäße oben und unten geöffnet werden, heraus und daraus geht hervor, daß die Kapillarität weder als wasserhaltende, noch als wasserhebende Kraft in den Holzgefäßen der Lianen und anderen Pflanzen eine wesentliche Rolle bei der Saftbewegung spielt.

Die Transpiration.

Eine große Bedeutung für das Saftsteigen hat die Transpiration. Man versteht darunter die Abgabe von Wasser in Form von Dampf durch die Oberfläche der Pflanze. Nicht alle Pflanzen transpirieren. Eine im Wasser untergetauchte Wasserpflanze, z. B. eine Elodea oder ein Myriophyllum kann nicht transpirieren, desgleichen auch nicht eine Landpflanze, die sich im dunstgesättigten Raume befindet und keine höhere Temperatur hat als die Umgebung. Abgesehen von diesen Ausnahmen werden wohl die Pflanzen stets in mehr oder minderem Grade transpirieren.

Den Beweis, daß eine Pflanze Wasser durch Transpiration abgibt, kann man leicht durch Wägung erbringen¹⁾. Setzt man eine Pflanze in einen Glasblumentopf ohne Bodenloch, bedeckt die obere Öffnung mit einer gut aufsitzenden Glasscheibe, durch deren



Fig. 37.
Frisch abgeschnittenes Stück *ab* eines Lianenstammes, aus dem klares, trinkbares Wasser reichlich hervorströmt. (Original.)

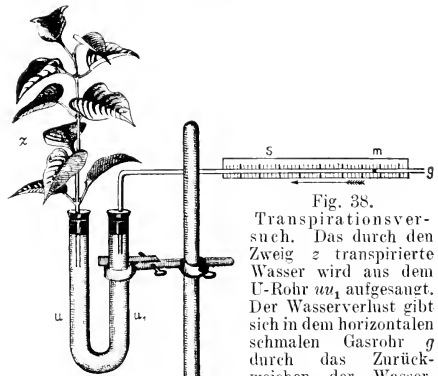


Fig. 38.
Transpirationsversuch. Das durch den Zweig *z* transpirierte Wasser wird aus dem U-Rohr *u₁* aufgesaugt. Der Wasserverlust gibt sich in dem horizontalen schmalen Gasrohr *g* durch das Zurückweichen der Wassersäule von der Marke zu erkennen. Stark verkl. Siehe Text. (Original.)

zentrales Loch der Stengel hervorsieht und verstopft man außerdem das Loch gut mit einem unschädlichen Kitt, so kann die Pflanze nur mit den oberirdischen Teilen Wasser abgeben. Wird dann das Gewicht der so eingetopften Pflanze von Stunde zu Stunde bestimmt, so kann aus der Gewichtsabnahme der in einer gewissen Zeit durch Transpiration erfolgte Wasserverlust festgestellt werden.

¹⁾ BURGERSTEIN, A., Die Transpiration der Pflanzen. Jena 1904, p. 4. Dazu der H. Teil (Ergänzungsband). Jena 1920.

Eine andere Methode, die Transpiration in auffälliger Weise zu veranschaulichen, ist folgende: Ein U-Rohr wird mit Wasser gefüllt. In dem einen Schenkel u wird mittels eines durchlochten Korkes ein beläutertes Zweig z luftdicht eingepaßt. Der andere Schenkel u_1 steht mit einem langen horizontal verlaufenden, engen Glasrohr g in Verbindung, welches gleichfalls mit Wasser, das mit Fuchsin etwas gefärbt sein kann, gefüllt ist. In dem Maße, als der Zweig transpiriert, zieht sich die Wassersäule in dem horizontalen Rohr von der Marke m längs der Skala s zurück und gibt die Menge des von der Pflanze aufgenommenen und durch sie transpirierten Wassers zu erkennen (Fig. 38).

Alle auf die Verdunstung einer freien Wasserfläche einwirkenden Faktoren, wie Wärme, Licht, Luftströmungen, Erschütterungen und andere, wirken in analoger Weise auch auf die Transpiration der Pflanze ein, aber dennoch darf die Transpiration nicht als ein rein physikalischer Prozeß betrachtet werden, da die Pflanze selbst durch ihren Bau und ihre Einrichtungen regulatorisch eingreifen kann. Die Transpiration ist eben ein physikalisch-biologischer Vorgang.

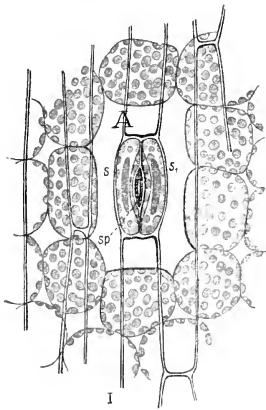
Für die Pflanze ist das Wasser außerordentlich wichtig und da sie nicht immer Gelegenheit hat, es reichlich aufzunehmen, muß sie mit dem aufgenommenen Wasser sparen und es mit einer gewissen Kraft zurückhalten. Daher sehen wir, abgesehen von der Wurzel, die ganze Oberfläche der krautigen Teile der Pflanze von einem dünnen Häutchen, der Kutikula, überzogen, die den Durchtritt des Wassers sehr erschwert. Dasselbe gilt auch vom Kork, der die ausdauernden Stämme und Wurzeln, insbesondere der Holzgewächse, bedeckt, und von den Wachsüberzügen, die als ein weißer oder grauer, abwischbarer „Reif“ viele Stengel, Blätter und Früchte überziehen. Kutikula und Korkhäute sind von fettartigen Substanzen durchtränkt und diese sind es, die die Transpiration hemmen. Sie stellen gewissermaßen einen Fettmantel dar, in dem die Pflanze steckt, und werden so zu einer Schutzeinrichtung gegen allzu starke Transpiration. Nimmt man zwei gleiche Äpfel, schält den einen, den anderen aber nicht und legt beide auf den Tisch, so wird der geschälte nach einigen Tagen den größten Teil seines Wassers abgeben und zu einer trockenen Masse einschrumpfen, während der andere prall und saftig bleiben wird. Zwei gleiche Kartoffelknollen, demselben Versuch unterworfen, zeigen dasselbe. Bei dem Apfel wurde die Oberhaut mit der Kutikula, bei der Kartoffel die braune Korkschaale entfernt und der Ausfall des Versuches zeigt, wie sehr diese beiden Hüllen die Transpiration hemmen. Zu den schon genannten Schutzeinrichtungen können noch andere hinzukommen: Stellung und Einrollen der Blätter, Haarfilze und Verkleinerung der Körperoberfläche hauptsächlich durch Abwerfen oder Nichtausbildung der Blätter. Ausgezeichnet geschützt gegen Wasserabgabe sind die auf heißem und trockenem Boden vorkommenden Gewächse: Crassulaceen, Caeteen und gewisse Euphorbien, die einen dicken, fleischigen Stamm oder entsprechende Sprosse häufig ohne Blätter entwickeln und dann jenen Habitus, den man als den sukkulenten bezeichnet, aufweisen.

Solche Pflanzen halten mit großer Kraft das Wasser zurück und können ohne Wasserzufuhr sich lange am Leben erhalten. Doch auch bezüglich des Transpirationsschutzes gilt das Wort „nicht allzuviel“. Die Transpiration darf nur bis zu einer gewissen Grenze eingeschränkt werden, denn sie ist ja von großer Wichtigkeit für die Pflanze und bewirkt, daß

wieder neues Wasser nachgeschoben und mit diesem die für die Assimilation notwendige Menge von Mineralsalzen in das chlorophyllhaltige Blatt eingeführt wird. Die flächenartige Ausbreitung der Blätter und die an der Blattunterseite in großer Zahl vorhandenen Spaltöffnungen, die dem Gasaustausch zwischen den inneren Gasräumen der Pflanze und der Außenluft und überdies dem Entweichen des Wasserdampfes dienen, stehen ja im Dienste der Transpiration.

Die Spaltöffnungen (Fig. 39) bestehen aus zwei halbmondförmigen Zellen, genannt Schließzellen (ss_1), und einem dazwischen liegenden Spalt (sp), der nach außen mit der Luft, nach innen mit einem luftgefüllten Hohlraum, dem Atemraum (A), und durch diesen mit den anderen Gasräumen des Blattes in Verbindung steht.

Um die Transpiration des Blattes je nach Bedarf zu fördern oder zu hemmen, sind die Spaltöffnungen befähigt, ihre Spalte zu öffnen oder zu schließen.



Infiltrationsmethode¹⁾. Ob die Spalten offen oder geschlossen sind, davon kann man sich leicht durch die Infiltrationsmethode überzeugen. Wird ein Laubblatt von *Syringa* oder *Tropaeolum*, dessen Spaltöffnungen geöffnet sind, mit absolutem

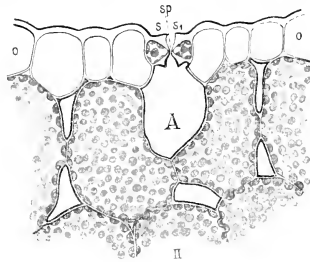


Fig. 39.

Hyacinthus orientalis, Spaltöffnung. I. Stück der unteren Oberhaut mit anhängendem Chlorophyllparenchym in der Flächenansicht. In der Mitte der Spaltöffnungsapparat, bestehend aus den beiden Schließzellen ss_1 und der Spalte sp . II. Querschnitt von I. In der Oberhaut oo die Spaltöffnung mit dem darunterliegenden Atemraum (Luftraum) A ; daran grenzt Chlorophyllparenchym. Vergr. 160. (Original.)

Alkohol oder Benzol an der Unterseite benetzt, so treten diese Flüssigkeiten momentan oder äußerst rasch durch die Spalte der Spaltöffnung in die Atemhöhle und in die damit verbundenen kapillaren Räume ein und lassen das Blatt an der betreffenden Stelle im auffallenden Licht dunkel, im durchfallenden hell und transparent erscheinen. Wie scharf diese Methode arbeitet, gibt sich besonders in folgendem Versuche zu erkennen.

Ein ausgewachsenes Blatt von *Syringa vulgaris* wird am Strauche mittags an einem sonnigen, warmen Sommertag quer über der Mitte, ober-

¹⁾ MOLISCH, H., Das Offen- und Geschlossenein der Spaltöffnungen, veranschaulicht durch eine neue Methode (Infiltrationsmethode). *Ztschr. f. Bot.* 1912, p. 106.

und unterseits mit einem schwarzen Papierstreifen verdunkelt. Das Papier muß dem Blatte knapp anliegen. Man erreicht dies am besten, indem man das Papier mit Stecknadeln auf dem Blatte fixiert. Nach 24 Stunden befreit man das Blatt von der Hülle und benetzt die Unterseite rasch mit absolutem Alkohol. Man bemerkt dann, wie der Alkohol rasch in die dem Licht ausgesetzt gewesenen Blatteile eindringt und sie infiltriert, während die verdunkelt gewesenen Teile unverändert grün erscheinen. Schon jetzt sieht man oft mit großer Schärfe die infiltrierten Partien sich von den nicht infiltrierten, früher vom Papier bedeckten abheben. Der Unterschied wird aber später noch schärfer, weil der Alkohol dort, wo er in das Blattinnere eingedrungen ist, die Zellen abtötet und nach einiger Zeit, wahrscheinlich infolge der Einwirkung von Oxydase, eine Bräunung des Blattgewebes hervorruft. Trocknet und preßt man ein solches Blatt zwischen Filterpapier, so erscheint noch nach Jahren die verdunkelt gewesene Partie genau im Ausmaß der Hülle grün, die übrige Partie braun (Fig. 40).

Mit Leichtigkeit läßt sich, um nur einige Beispiele zu nennen, mit dieser Methode zeigen, daß viele Pflanzen ihre Spaltöffnungen in der Nacht oder bei künstlicher Verdunkelung schließen; daß an einem und demselben Baum oder Strauch die Spaltöffnungen sich je nach dem Grade der Beleuchtung oft sehr verschieden verhalten; daß sich die Spalten im Winde oder beim Welken oft schließen; daß manche Pflanzen ihre Spalten überhaupt nicht schließen oder nicht öffnen; daß bei ein und demselben Blatt die Spaltöffnungen sich im Laufe seiner Entwicklung häufig verschieden verhalten und vieles andere.

Kobaltmethode. Ein anderes, von STAHL¹⁾ herrührendes Verfahren, das sich für Transpirationsversuche gleichfalls gut eignet, ist die Kobaltmethode. Streifen von Filterpapier werden mit einer 5proz. Kobaltochloridlösung getränkt und dann am Ofen oder an der Sonne getrocknet. Trocken erscheint ein solches Papier blau, feucht rötlich. Bedeckt man ein Blatt, das nur auf der Blattunterseite Spaltöffnungen enthält, während diese offen sind, ober- und unterseits mit trockenem, also blauem Papier und legt das Ganze zwischen zwei Glasplatten, so färbt sich das auf der Unterseite des Blattes liegende Papier alsbald rot, während das auf der Oberseite sich gar nicht oder erst viel später rot färbt²⁾.

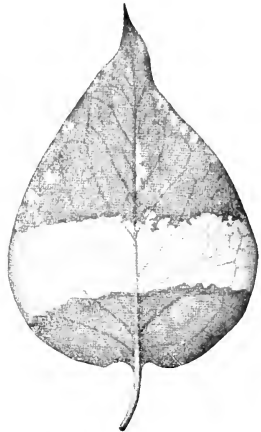


Fig. 40.
Fliederblatt (*Syringa*), der Infiltrationsmethode unterworfen.
 $\frac{2}{3}$ natürl. Größe. Siehe Text.
(Original.)

¹⁾ STAHL, E., Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. Bot. Ztg. 1894, p. 117.

²⁾ Anstatt des Kobaltpapiers verwende ich in meinen Vorlesungen mit Vorteil auch Kobaltgelatine. Diese besteht aus 100 g Wasser, 7 g Gelatine, 2,5 g Kobaltchlorür, 25 Tropfen Glycerin. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur ist diese rote Mischung starr, erwärmt man ein wenig, wird sie flüssig und kann dann leicht auf eine Glasplatte

Die Menge des durch Transpiration abgegebenen Wassers ist gewöhnlich eine sehr bedeutende. Eine Sonnenrose mit ungefähr 9 m² Blattfläche gibt an einem trockenen Tage etwa 1 Liter Wasser durch Transpiration ab. Für eine 115jährige Buche berechnete v. HÖHNEL für die

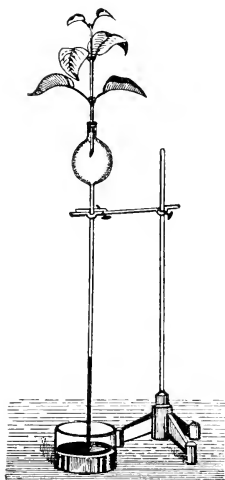


Fig. 41.

Versuch über die Transpiration als Saugkraft. Der beblätterte Sproß ist luftdicht in die oben kugelig erweiterte Glasröhre eingepaßt, die ganz mit luftfreiem Wasser gefüllt ist und mit dem unteren Ende in Quecksilber eintaucht. Sowie der Zweig transpiriert, wird das Quecksilber nachgesaugt und gehoben. (Original.)

leicht über Barometerhöhe steigen; ich sage über, weil es ASKENASY²⁾ gelungen ist, in einem analogen Versuch, in dem der transpirierende

ausgegossen und in beliebiger Schichtdicke eintrocknen gelassen werden. Trocken ist die Gelatine tiefblau. Legt man nun ein Blatt, z. B. von *Anicia zygomeris*, mit der Oberseite und mit der Unterseite auf die trockene Gelatine, so färbt das letztere alsbald die Gelatine rot, während das erstere in derselben Zeit die Gelatine unverändert läßt. Nimmt man die Blätter von der Gelatine weg, so kann man, da die Gelatine durchsichtig ist, die Rotfärbung am Projektionsschirm leicht demonstrieren. Diesen Vorteil hat die Gelatinemethode, ihr Nachteil besteht darin, daß sie weniger empfindlich als die Papiermethode ist.

¹⁾ HÖHNEL, FR. v., Über die Transpirationsgrößen der forstlichen Holzgewächse usw. Mitt. a. d. forstl. Versuchsw. Österreichs. Bd. II, 1. Wien 1879.

²⁾ ASKENASY, Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg (N. F.) 5. 1895 u. 1896.

Zeit vom 1. Juni bis 1. Dezember eine Transpirationsgröße von 8968 kg. Im Mittel transpirierten nach den Versuchen desselben Forschers¹⁾ Birke und Linde am stärksten, nämlich 60 bis 70 Kilo pro 100 g Trockengewicht in der Vegetationsperiode. Eiche aber nur 20 bis 30 kg. Ein mittleres Verhalten zeigten Esche und Weißbuche mit 50 bis 60 kg, Rotbuche mit 45 bis 50 kg, Ahorn mit 40 bis 45 kg. Ein Buchenhochwald im Ausmaße von 1 Hektar verdunstet durchschnittlich 30000 Liter täglich.

Die Transpiration als Saugkraft. Schon aus dem Experimente auf p. 66 ging hervor, daß ein transpirierender Zweig eine kräftige Saugung hervorruft. Eleganter läßt sich diese Saugung mit Hilfe einer oben erweiterten Glasröhre zeigen, die vollständig mit Wasser gefüllt ist und die mit dem unteren Ende in Quecksilber eintaucht. Wenn der Zweig transpiriert, saugt er Wasser auf, das Wasser rückt samt dem Quecksilber nach und die Höhe der Quecksilbersäule gibt den Grad der Saugung an (Fig. 41). Der transpirierende Zweig entnimmt das Wasser größtenteils aus den Holzgefäßen; in diesen entsteht ein luftverdünnter Raum, also negativer Druck, den wir schon früher experimentell bewiesen haben (p. 64), und dieser wirkt saugend auf das Wasser der Glasröhre. Sobald das Quecksilber eine gewisse Höhe erreicht hat, wird etwas Luft aus dem Zweig in die Glasröhre gesaugt und von diesem Moment an steigt das Quecksilber gewöhnlich nicht mehr oder es sinkt. Gelänge es, den Eintritt von Luftbläschen in die Glasröhre zu verhindern, dann würde das Quecksilber viel-

Zweig durch einen mit Wasser durchtränkten Gipsbrei ersetzt war, das Quecksilber über Barometerhöhe (bis 89 cm) steigen zu sehen. Diese überraschende Tatsache hängt mit der Kohäsion der Flüssigkeit zusammen, die es verhindert, daß in dünnen, staub- und luftfreien Röhren die Wasserfäden bei Saugungen abreißen. ASKENASY hat die Kohäsion zur Erklärung des Saftsteigens herangezogen. Er denkt sich auch in den Gefäßen der Pflanzen kontinuierliche Wasserfäden verlaufen, die von den Blättern der Bäume bis zu den Wurzelenden reichen und die infolge der saugenden Wirkung der Transpiration immer als Ganzes nachgezogen werden, ohne abzureißen. Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß die tatsächlichen Grundlagen für diese Theorie, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, noch recht lückenhaft sind, denn in den Gefäßen finden sich keine ununterbrochenen Wasserfäden, sondern in wechselnder Folge Wasserfäden und Luftbläschen, sog. JAMINSCHE Ketten. Will man ASKENASY'S Kohäsionstheorie doch annehmen, so muß man zu neuen Hilfs-hypothesen Zuflucht nehmen. —

Die lebende Zelle.

Wie ersichtlich, steht die Kohäsionstheorie, obwohl der Kohäsion beim Saftsteigen eine gewisse, wenn auch nicht große Rolle zufällt, auf schwachen Füßen. Hingegen lehrten verschiedene Versuche, vor allem die ausgedehnten URSPRUNGS, daß der lebenden Zelle eine große Bedeutung für die Saftbewegung zukommt.

Er zeigte, daß bewurzelte krautige oder holzige Gewächse, bei denen längere Strecken des Stengels z. B. durch Abbrühen abgetötet wurden, bald zu welken anfangen, daß also die lebenden Stengelzellen einen Teil der zur Wasserversorgung nötigen Kraft liefern¹⁾.

Eine andere Stütze erhielt diese Anschauung durch weitere Untersuchungen URSPRUNGS²⁾, in denen es ihm gelang, die Saugkräfte der lebenden Zellen zu messen. Er geht dabei von folgender Überlegung aus: Der Zellsaft ist, wie wir früher (p. 52) gesehen haben, der Sitz starker osmotischer wasseranziehender Kräfte, über deren Größe man durch Aufsuchen des plasmolytischen Grenzwertes (p. 53) ein Urteil gewinnen kann. Die Zelle steht aber auch unter einem gewissen mechanischen Druck, dem Turgordruck, den die elastisch gedehnte Zellwand auf den Zellinhalt ausübt, und dieser Druck sucht Wasser aus der Zelle auszupressen. Die Saugkraft der Zelle stellt nun eine Resultierende aus diesen zwei entgegengesetzt wirkenden Kräften, der osmotischen Kraft des Zellsaftes, die Wasser einzusaugen, und des Turgordruckes, die Wasser auszupressen strebt. Die Saugkraft der Zelle ist der Differenz dieser Größen gleich.

URSPRUNG und BLUM haben beim Efeu und bei der Buche die Saugkräfte der lebenden Zellen gemessen und die Verteilung der Saugkräfte in den verschiedenen Geweben dieser Pflanzen untersucht. Sie fanden, daß die Saugkräfte von der Wurzel nach aufwärts bis zu den transpirierenden Geweben der Laubblätter stetig zunehmen.

Bei einer Efeupflanze betrug z. B. die Saugkraft in der wasseraufnehmenden

¹⁾ URSPRUNG, A., Zur Frage nach der Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen. Beihette z. Bot. Zbl., Bd. 28 (1), 1912, p. 311.

²⁾ URSPRUNG, A. u. BLUM, G., Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1916, p. 88, 105, 123, 525, 539, Jg. 1918, p. 577 u. Jg. 1919, p. 453.

Oberhaut der Wurzel 1 Atm., in den Markstrahlzellen nahe dem Grunde des Stammes 2,1 Atm., in $2\frac{1}{4}$ m Höhe 4,2 Atm. und in den Palisadenzellen des Blattes 12 Atm.

Es besteht mithin ein Saugkraftgefälle der lebenden Zellen genau in der Richtung, in der sich das Wasser bewegt. In den oberirdischen Organen steigt die Saugkraft auch in der Querrichtung von innen nach außen, sie war z. B. in einem Efeustämmchen in $2\frac{1}{4}$ m Höhe in den Markstrahlzellen des Kambiums 4,2 Atm., in der Rinde innen 5,0, außen 7,3 und in der Epidermis 7,4 Atm. Wo das Wasser quer durch ein Gewebe von Zelle zu Zelle wandern muß und dabei größeren Widerstand zu überwinden hat, wie in der aufnehmenden Wurzel oder in den verdunstenden Blättern, da ist das Saugkraftgefälle auf kleine Entfernungen hin groß, wo aber leicht wegsame Holzgefäße zur Leitung vorhanden sind, da ist das Gefälle der an die Leitungsbahnen grenzenden lebenden Zellen verhältnismäßig gering.

Diese Tatsachen sprechen in hohem Grade dafür, daß die Ansicht URSPRUNGS, wonach der lebenden Zelle eine wichtige Rolle bei der Wasserbewegung zukommt, richtig ist.

9. Die Transpiration und der Transpirationsstrom in Beziehung zu gärtnerischen Arbeiten.

Die Abhärtung.

Wird eine Pflanze aus der feuchten Atmosphäre des Warmhauses in die trockene eines Zimmers oder unvermittelt ins Freie gebracht, so tritt oft ein rasches Welken ein, ja wenn das Welken längere Zeit andauert, sogar ein Vertrocknen. Die im Warmhause kultivierte Pflanze ist eben der feuchten Atmosphäre angepaßt, ihre Kutikula ist zart, die Zellwände der Oberhaut und auch der anderen Gewebe sind verhältnismäßig so dünn, daß die Transpiration, sobald die Pflanze aus der feuchten in die trockene Luft gestellt wird, zu intensiv verläuft. Daher das Welken. Der Gärtner muß somit bei seinen Kulturen sorgfältig darauf achten, einen schroffen Übergang zu vermeiden und die Pflanzen erst nach und nach an die trockene Atmosphäre zu gewöhnen. Er darf Pflanzen aus Gewächshäusern nicht plötzlich starkem Wind aussetzen und darf nicht Schattenpflanzen sofort an die Sonne stellen, denn hierdurch würde die Transpiration zum Schaden der Gewächse allzu rasch gesteigert werden.

Stecklinge müssen, da sie anfangs keine Wurzeln haben und in der Wasseraufnahme gehemmt sind, in feuchter Luft gehalten und durch anfangs ganz schwache, später durch ausgiebigere Lüftung an mehr trockene Luft gewöhnt werden. Der Gärtner sagt, sie müssen abgehärtet werden. Während der Abhärtung werden die Kutikula, die Wände der Oberhaut dicker, die neugebildeten Blätter steifer und ihre Transpiration wird dadurch herabgesetzt. Ein allmählich abgehärtetes Gewächs kann dann in einer so trockenen Luft gedeihen, in der es, wenn der Übergang unvermittelt gewesen wäre, durch Welken sicher geschädigt worden wäre. Der Mangel der Abhärtung macht sich für Pflanzenliebhaber höchst fühlbar, wenn der Gärtner die in der feuchten Atmosphäre des Warmhauses gezogenen Gewächse, ohne sie zuerst abzuhärten, seinen Kunden für den Blumentisch des Zimmers übergibt. Viele Pflanzen, wie Selaginella, Farnkräuter, Ficus, Begonia und andere verwelken dann im Zimmer, manche werfen die Blätter ab und gehen schließlich zugrunde.

Auch nach dem Versetzen der Pflanzen, deren Wurzeln dabei vielfach

verletzt werden, muß so lange für eine feuchtere Atmosphäre gesorgt werden, bis neue Wurzeln sich gebildet haben. Die Pflanze ist eben ein sehr plastisches Objekt, ihr Bau wechselt bis zu einem gewissen Grade nach den äußeren Bedingungen, ihre Transpiration muß nach den Bedürfnissen reguliert werden und die Begabung des Gärtners zeigt sich unter anderem darin, diese Bedürfnisse richtig abschätzen zu können. Wenn Sträucher und Bäume im Herbst oder im Frühling vor dem Laubausbruch umgepflanzt werden, so muß, da hierbei zahlreiche Wurzeln abreißen und die Wurzeloberfläche vermindert wird, dementsprechend auch die Krone mäßig beschnitten werden, sonst würde die Transpirationsfläche nach dem Austreiben zu groß werden und das verletzte Wurzelsystem für die Wasserversorgung nicht ausreichen.

Pflanzen, die feuchte Luft lieben, müssen in feuchter, Pflanzen, die trockene Gebiete bewohnen (Wüstenpflanzen, Kakteen) müssen in trockener oder mäßig feuchter Luft gehalten werden. Um die Luft im Gewächshaus feucht zu erhalten, genügt nicht bloßes Begießen der Töpfe, sondern die Pflanzen und der Boden müssen zu gewissen Zeiten bespritzt werden, um eine möglichst große, verdunstende Fläche zu erzeugen. Einzelne Pflanzen wie *Anectochilus*, *Eranthemum*-Arten, *Drosera*, *Dionaea*, *Nepenthes* und andere bedürfen besonders feuchter Luft und werden daher im Gewächshaus, wenn notwendig, in sogenannten Schwitzkästen oder unter Glasglocken gezogen.

Das Begießen.

Die richtige Bewässerung der Kulturpflanzen erfordert Übung und Erfahrung und ein feines Verständnis für die Pflanze. Das Begießen ist eine Kunst, die nicht nach der Schablone oder einer Universalregel durchgeführt werden darf, sondern stets nach der eigenartigen Natur und dem Bedürfnis der Pflanze zu regeln ist. Schon mancher hat seine Pflänzlinge vernichtet, weil er zu viel oder zu wenig oder zur unrichtigen Zeit begossen hat. Eine Pflanze, die ruht, darf nicht oder nur wenig, eine, die energisch wächst, soll reichlich mit Wasser versehen werden. Je trockener die Luft, je höher die Temperatur, je mehr Sonnenschein, je kleiner der Topf und je leichter die Erde, desto reichlicher muß begossen werden. Im allgemeinen kann man auch sagen, je größer die Transpiration, desto mehr Wasser muß geboten werden. — Über dem Blumentopfloch müssen ein oder mehrere Tonscherben liegen, damit das Wasser leicht abläuft, denn sonst kann sich, besonders wenn sich das ablaufende Wasser im Untersatz ansammelt und nicht entfernt wird, leicht stagnierende Bodennässe bilden, die den Eintritt der Luft in den Boden verhindert, die Atmung der Wurzeln einschränkt, den Boden sauer macht und die Wurzeln verdirbt.

Nicht genug kann empfohlen werden, die Pflanzen nicht mit kaltem, sondern mit abgestandenem Wasser, das die Temperatur des Kulturraumes angenommen hat, zu begießen, da das Gedeihen der Gewächse dadurch in hohem Grade gefördert wird. Wie förderlich warmes Begießungswasser ist, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man Warmhauspflanzen mit erwärmtem Wasser (30° C) begießt. Das Aufsaugungsvermögen der Wurzeln für Wasser und die Lösungskraft des Wassers für Mineralsalze werden gesteigert und diese beiden Faktoren begünstigen stark das Wachstum.

Über das Welken abgeschnittener Sprosse.

Wird ein beblätterter Sproß der Rose, der Sonnenrose oder einer anderen Pflanze in Luft abgeschnitten und dann mit seiner Basis in Wasser gestellt, so bleibt er einige Zeit frisch, beginnt aber schließlich zu welken. Schneidet man aber einen solchen Zweig unter Wasser ab, in derselben Weise, wie dies in dem Experiment auf p. 64 beschrieben wurde, und stellt ihn dann sofort ins Wasser, so bleibt er viel länger frisch als der gleichzeitig in der Luft abgeschnittene. Diese interessante Erscheinung erklärt sich nach v. HÖHNEL¹⁾ durch den negativen Druck der Gefäßluft (s. p. 63). In dem Augenblicke, als der Zweig unter Wasser durchgeschnitten wird, wird durch den äußeren Luftdruck Wasser in die Gefäße auf weite Strecken hineingepreßt und die Gefäße werden dann gleichsam mit einem Wasservorrat versehen, aus dem der Zweig seinen Transpirationsverlust längere Zeit decken kann. Wird aber der Sproß in Luft abgeschnitten, so findet sofort durch die in die Gefäße einstürzende Außenluft ein Druckausgleich statt, die Gefäße werden auf weite Strecken mit Luft gefüllt und damit dem aufsteigenden Wasser ein Hindernis in den Weg gestellt. Das ist der Grund, warum unter Wasser abgeschnittene Sprosse und Blüten länger frisch bleiben. Will man daher abgeschnittene Sprosse oder langstielige Schnittblumen länger frisch erhalten, so empfiehlt es sich, sie unter Wasser abzuschneiden. In der Praxis wird man, wenn es sich um Massen von Zweigen oder Blüten handelt, wegen Zeitmangels dieses Verfahren kaum anwenden, wenn es sich aber um wertvolle Sprosse (Orchideen) oder um langstengelige, große Einzelblüten handelt, sollte man dieses Vorgehen berücksichtigen. Es ist weiter von Interesse, daß beblätterte Zweige, gleichgültig ob sie in Luft oder unter Wasser abgeschnitten werden, schließlich doch zu welken anfangen, daß sie sich aber für einige Zeit wieder erholen und frisch werden, wofern die Schnittfläche 1—2 cm über der alten erneuert wird. HÖHNEL²⁾ hat gezeigt, daß die Schnittfläche nach und nach teils durch die aus den aufgeschnittenen Zellen austretenden Schleime, teils durch die sich darauf entwickelnden und durch die Filtration sich anhäufenden, schleimbildenden Bakterien verlegt und verstopft wird. Wird ein Stückchen von der Stammbasis mit einem scharfen Messer entfernt, so kann Wasser wieder leichter eintreten und der Zweig wird wieder frisch. Je häufiger der Schnitt erneuert wird, desto besser. —

Es wird in gärtnerischen Zeitschriften vielfach empfohlen, um abgeschnittene Sprosse länger frisch zu erhalten, sie nicht in gewöhnliches Wasser, sondern in eine mehrprozentige Salpeter- oder Bittersalzlösung zu stellen oder dem Wasser Stücke von Holzkohle beizufügen. Wahrscheinlich wird hierdurch unter anderem die Entwicklung von Bakterien beeinträchtigt und die Verstopfung der Gefäße vermindert. —

Neue Schnittflächen müssen auch gemacht werden, wenn Schnittblumen, Rosen, Nelken, Akazien und andere, die längere Zeit in Luft lagen, etwas abwelkten, wie dies bei den von der Riviera in so großen Mengen eingeführten Schnittblumen der Fall ist. Die Schnittflächen schrumpfen infolge Abgabe von Wasser, die Gefäße verengen sich. Schneidet man bei

¹⁾ HÖHNEL, FR. V., Über das Welken abgeschnittener Sprosse. In FR. HABERLANDTS wiss. prakt. Unters. a. d. Geb. d. Pflanzenbaues. 11. Bd. 1877, p. 120.

²⁾ HÖHNEL, FR. V., Über die Ursache der Verminderung der raschen Filtrationsfähigkeit von Zweigen für Wasser. Bot. Ztg., 37. Jg., 1879, p. 297.

solchen Zweigen ein Stückchen von der Basis ab, so entfernt man damit die verschrunpften und eingetrockneten Gefäßenden und neue offene Enden stehen dann zur besseren Wasseraufnahme bereit. Beim Abschneiden der Zweige bediene man sich nie der Schere, weil die Gefäße dabei zusammengequetscht werden, sondern eines scharfen Messers.

10. Die Wanderung der Assimilate.

Stärke, Zucker, Fett und Eiweiß.

Wir haben bei einer früheren Gelegenheit (p. 42) hervorgehoben, daß wäh end der Tagesbeleuchtung in den Laubblättern gewöhnlich reichlich Stärke bei der Kohlensäureassimilation entsteht und daß Stärke in den Chlorophyllkörnern sich derart anhäuft, daß diese vor Sonnenuntergang damit prall gefüllt erscheinen. Neben der Stärke können im Laubblatte noch andere Kohlehydrate, ferner Eiweiß, Bestandteile des Eiweißes, Fette und verschiedene andere organische Körper gebildet werden, lauter Stoffe, die als Assimilate bezeichnet werden. Was geschieht nun mit diesen Stoffen? Sie wandern, wenn sie nicht im Blatte Verwendung finden oder aufgestapelt werden, aus. Bleiben wir zuerst bei der Stärke. Diese kann, da sie ein fester Körper ist, nicht als solche wandern. Sie muß zuerst in einen löslichen Körper umgewandelt werden und dies geschieht durch ein Ferment, genannt Diastase. Die in den Chlorophyllkörnern befindlichen Stärkekörner werden durch die Diastase in Zucker (Maltose) umgewandelt und dieser wandert von Zelle zu Zelle und kann schon auf diesem Wege wieder in Stärke umgesetzt werden. Wir nennen diese auf der Wanderung befindliche Stärke die wandernde Stärke. Wo ein Blatt, eine Wurzel, eine Knospe sich entwickelt, mit anderen Worten, wo Wachstum stattfindet, da wandert Stärke als Zucker zu, um als Baustoff verwertet zu werden. Sind nun alle Organe vollkommen ausgebildet, ist kein oder nur wenig Baustoff für wachsende Organe notwendig, so stapelt die Pflanze in gewissen Organen Stärke als Reservestoff für künftige Zeiten auf: bei vielen krautigen Pflanzen in den Knollen, Zwiebeln und Wurzelstöcken, bei den Getreidepflanzen in den Früchten und bei den Holzgewächsen in den Samen und besonders im Holze. Daher finden wir in einer erntereifen Kartoffelknolle das Gewebe ganz erfüllt mit Stärke. Darauf beruht ja ihr großer Nährwert. Der Stamm eines Baumes stellt im Herbst ein großes Stärkereservoir dar, ebenso die Getreidefrucht. Wenn im Frühling innerhalb von 2—3 Wochen der Wald wie mit einem Zauberschlag sich belaubt und eine kolossale Menge von Blättern gebildet wird, so darf man nicht glauben, daß diese enorme Menge von Pflanzensubstanz sich in dieser kurzen Zeit etwa durch Kohlensäureassimilation in den jungen Blättchen gebildet hat, sondern diese scheinbare Neubildung beruht eigentlich nur auf einer Umwandlung der in früherer Zeit in den Bäumen angehäuften Reservestoffe. Beim Herannahen des Frühlings werden sie mobilisiert und die Stärke wird in Form von Zucker zu den Knospen, die sich dann rasch zu beblätterten Zweigen entwickeln, geleitet. —

Die wandernde Stärke muß aber nicht immer als Stärke aufgestapelt werden, sondern sie kann in Reservestoffbehältern als Fett einmagaziniert und bei Bedarf wieder in Stärke umgewandelt werden. Dies ist in vielen Samen und auch während des Winters in der Rinde vieler Bäume der Fall.

Indem Zucker oder andere Kohlehydrate mit anorganischen Stickstoffverbindungen (Salpeter, Ammoniak) in Reaktion treten, können organische Stickstoffsubstanzen und schließlich Eiweißkörper entstehen. Wo dies geschieht, wissen wir derzeit nicht, wir wissen nur, daß sowohl grüne als auch nicht-grüne Zellen Eiweiß erzeugen können und daß höchstwahrscheinlich bei den grünen Gewächsen die Hauptmasse des Eiweißes im Laubblatte erzeugt wird. Auch das Eiweiß wandert gewöhnlich nicht als solches, sondern meist in Form von Aminosäuren (Asparagin, Tyrosin usw.), also leicht kristallisierbaren und leicht löslichen Stickstoffverbindungen, die sich unschwer von Zelle zu Zelle durch die Wände bewegen können. Das im Samen eines Wicken- oder Erbsenkeimlings aufgestapelte Eiweiß erscheint in den jungen Organen oft in großer Menge als Asparagin und kann hier leicht zum Auskristallisieren gebracht werden, wenn man Stücke des Stengels in Alkohol einlegt. Bei der Bildung neuer Organe können die Aminosäuren wieder zu Eiweiß umgebildet werden.

Der absteigende Assimilatenstrom.

Die alten Physiologen haben sich die Säftebewegungen in Form eines auf- und absteigenden Stromes gedacht: das von der Wurzel aufgenommene Bodenwasser bewege sich im Holze aufwärts in die Baumkrone, hier werde das Rohmaterial verarbeitet, assimiliert, und die Assimilate wandern dann in der Rinde bis zu den Wurzeln nach abwärts. Diese Auffassung ist im großen und ganzen richtig, nur darf man nicht damit die Vorstellung verknüpfen, daß es nur einen auf- und einen absteigenden Saftstrom gibt. Denn in Wirklichkeit existieren in der höheren Pflanze sehr zahlreiche, nach den verschiedensten Orten gerichtete Ströme. Wo Stoffe gebraucht werden, dorthin werden sie geleitet, zu den wachsenden Blüten, Früchten, Blättern, Sprossen, Wurzeln, Wunden, mit einem Wort überall dahin, wo sich neue Zellen bilden oder vorhandene wachsen. Neben diesen zahlreichen Nebenströmen gibt es aber tatsächlich einen im Holze aufsteigenden Wasserstrom und einen in der Rinde abfließenden Assimilatenstrom.

Daß sich der Aufstieg des Bodenwassers vorzugsweise im Holze und zwar im Splintholze vollzieht, wissen wir bereits (p. 62), und daß der Abstieg der Assimilate, sobald sie die Blätter verlassen haben, der Hauptsache nach in der Rinde des Stammes vor sich geht, kann leicht durch Versuche bewiesen werden.

Wenn man den Stamm eines Laub- oder Nadelholzes ringelt, d. h. die Rinde in Form eines 1—3 cm breiten Ringes (Zirkelschnitt oder Zauber-ring) bis auf den Holzkörper abträgt, was besonders leicht im Frühjahr gelingt, so tritt nach einiger Zeit eine Überernährung des oberen Wundrandes ein. Er verdickt sich nach einigen Wochen oder Monaten und bildet nach und nach einen dicken Wulst (Fig. 42). Auch an dem unteren Wundrande kann eine Ausheilung und damit eine Verdickung eintreten, doch ist diese gewöhnlich viel schwächer als die obere. Bemerkenswert erscheint, daß unterhalb des Ringes nach einiger Zeit häufig auch schlafende Knospen auszutreiben beginnen, z. B. bei *Syringa*, *Ligustrum* u. a. Findet eine Ableitung der Assimilate in der Rinde nach unten statt, dann muß, wenn durch Abtragung des Rindenringes die Straße für die Leitung des plastischen Materials unterbrochen wird, oberhalb der Ringwunde eine Stauung der plastischen Stoffe eintreten und damit ist die Ursache für die

Überernährung gegeben. Bäume, die an schattigen, feuchten Orten stehen, können die Ringelwunde allmählich ganz überwallen und dann ihre Assimilate wieder von neuem ableiten; manche aber vertragen diesen Eingriff nicht lange, ja es gibt sogar Bäume, die, wie z. B. *Robinia pseudacacia* oder *Machera aurantiaca*, weil sich der Aufstieg des Wassers hier nur im letzten Jahresring vollzieht und dieser im Bereiche der Ringelwunde rasch eintrocknet, schon nach wenigen Stunden zu welken und nach mehreren Tagen abzusterben beginnen. —

Wenn schließlich auch die Bäume, die sich der Ringelung gegenüber als sehr widerstandsfähig erweisen, absterben, so hat dies seinen Grund in der unterbrochenen Ernährung der Bodenwurzeln. Diese sind ja bezüglich der Assimilate, da sie kein Chlorophyll enthalten und daher nicht selbständig organisches Material erzeugen können, auf die grünen Blätter in ihrer Ernährung angewiesen. Gelangen also infolge des Ringelns lange Zeit keine plastischen Stoffe in die Wurzeln, so verhungern sie, sobald ihr Reservematerial an Nahrung aufgebraucht ist, und gehen zugrunde. Dabei wird vorausgesetzt, daß unterhalb der Ringelungsstelle keine beblätterten Zweige vorhanden sind; sind solche in beträchtlicher Menge da, so werden von diesen die Wurzeln ernährt und das Absterben des Baumes bleibt aus.

Daß die Blätter nach abwärts fließende plastische Stoffe erzeugen, geht auch daraus schlagend hervor, daß sich, wofern eine Ringelung an einem Zweige ausgeführt wird, der nicht belaubt ist oder dessen Blätter entfernt wurden, an dem oberen Wundrand kein oder kein nennenswerter Wulst bildet. Sobald sich aber an einem derartigen Sproß die Laubblätter entwickelt haben, beginnt der Wulst aufzutreten.

So wie im Holze gewisse Elemente, insbesondere die Holzgefäße, die Leitung des Wassers übernehmen, so leiten auch in der Rinde, in dem sogenannten Bastteil, bestimmte Elemente, die Siebröhren, Kohlehydrate und Eiweiß. Es sind dies ziemlich weite Gefäße, deren Querwände siebartig durchlöchert sind und daher auf weitere Strecken einen rascheren Transport der Assimilate gestatten, als es in den benachbarten viel kürzeren und schmälern Zellen der Rinde der Fall ist. Vor dem Winter werden die Siebplatten oft durch eine eigenartige Verdickungsmasse, Kallus genannt, verschlossen (Fig. 43).

Warum fließt der Saft in der Rinde abwärts? Osmotische Bewegungen spielen hierbei sicherlich eine hervorragende Rolle. Wenn die Konzentration des Saftes, z. B. des Zuckers, unten geringer ist als oben, so muß Zucker sich nach abwärts bewegen, und wenn der Zucker unten in Stärke oder in andere osmotisch nicht wirksame Körper umgewandelt wird, so kommt das osmotische Gleichgewicht nicht zustande und das Abfließen des Zuckers dauert fort. Dabei wirkt meiner Meinung nach die Schwerkraft unterstützend, der konzentrierte Saft muß infolge seines höheren spezifischen Gewichtes nach unten fließen, aber ausschlaggebend ist die Schwerkraft sicherlich hier nicht; denn wenn man einen Zweig mit seiner Spitze

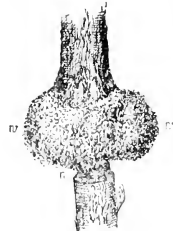


Fig. 42.

Evonymus japonicus.
1jährige Ringelung des
Stammes. Über dem
Ring *n* hat sich am oberen
Rande ein mächtiger Wulst
w mit Wurzelfilz gebildet.
Natürl. Größe. (Original.)

nach abwärts biegt, ihn in dieser Lage erhält und ringelt, so bildet sich doch der Wulst an der Ringelungsstelle, offenbar weil der Assimilatenstrom entgegen der Schwere jetzt nach aufwärts steigt.

Künstliche Förderung der Fruchtbarkeit durch Stauung des Assimilatenstromes.

Es ist eine alte gärtnerische Erfahrung, daß Pflanzen, die im starken, intensiven Lichte kultiviert werden, Neigung zum starken Blühen und Fruchten zeigen. Im intensiven Lichte bilden sie eben viel Assimilate und mit ihrer Anhäufung erwacht die Neigung zum Blühen. Wird durch ein künstliches Mittel die Ableitung der Assimilate aus der Baumkrone oder einem seiner Zweige gehemmt, so stauen sich die Assimilate oberhalb der Hemmungsstelle und die Folge davon ist ein größerer Blüten- und Fruchtsatz. Solche Mittel zur Stauung des Bildungssaftes sind in der Gärtnerei seit langem mehrfach bekannt. Die wichtigsten sind: das Ringeln oder der Zirkelschnitt, die Stammschlinge, der Fruchtgürtel, die Zwergunterlage, das Drehen und Brechen der Zweige und der Fruchtholzschnitt.

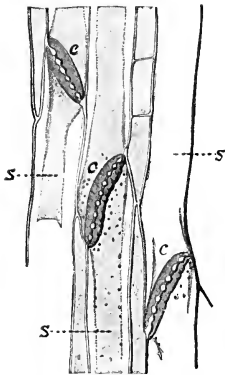


Fig. 43.
Vitis vinifera. Längsschnitt durch den Bast. 3 Siebröhren *s*, in diesen die siebartig durchlöchernten Siebplatten mit dem Kallus *c*. Vergr. 280. (Original.)

dem Zweig zurück; es häuft sich nicht bloß über der Ringelwunde, sondern oben im ganzen Zweige an und dieser Überfluß an Assimilaten führt zu erhöhter Fruchtbarkeit. —

Man hat das Ringeln namentlich in Frankreich zur Hebung der Fruchtbarkeit der Oliven-, Äpfel- und Birnbäume angewendet und auch heute noch wird bei der Obstkultur, insbesondere beim Weinstock, vom „Zauberring“ Gebrauch gemacht.

Durch das Ringeln wird aber nicht bloß die Tendenz zur Fruchtbildung gesteigert, sondern es wird auch die Größe der Früchte gefördert, die Reife beschleunigt und das frühzeitige Abfallen verhindert.

¹⁾ DE CANDOLLE, A. P., Pflanzenphysiologie usw., übersetzt von RÖPER. 1833, I. Bd., p. 121ff.

TREVIRANUS, L. C., Physiologie der Gewächse, I. Bd., p. 328ff.

VÖCHTING, H., Über Organbildung im Pflanzenreich. Bonn 1884. II. T. p. 109.

MÜLLER-THURGAU¹⁾ erwähnt folgende Versuche: Ein Bismarckapfelbaum wuchs stark, blühte aber nicht. Nachdem er in halber Höhe des Stammes geringelt worden war, gab er im nächsten Jahre Blüten, unterhalb der Wunde aber nicht. — An einem frühtragenden Baum wurden einige Äste geringelt. Im Frühling blühten sowohl die geringelten als die nicht geringelten. Aber während die ungeringelten Zweige viel mehr Blüten und nach der Blüte alle Früchte fallen ließen, fiel von den geringelten Ästen keine Frucht ab.

Auch bei der Kultur des Weinstocks wird vom Ringeln Gebrauch gemacht, um früher reife Trauben und zugleich vollkommeneren Beeren zu erhalten²⁾. Das Ringeln wird beim Weinstock nach der Blüte einige Zentimeter unterhalb der untersten Traube einer Fruchtrute vollzogen. Hierbei muß man die Vorsicht gebrauchen, nicht alle Fruchtriebe zu ringeln, weil sonst durch zu starkes Aufhalten des abströmenden Saftes das Wurzelsystem und damit der ganze Stock geschwächt würde. Durch die Ringelung werden die Früchte größer, oft auffallend groß und interessant ist, daß sie auch früher reifen und nicht so leicht abfallen. All dies hängt mit der überaus günstigen Ernährung der Früchte über der Ringelwunde zusammen.

Ringelungsversuche wurden in letzter Zeit von L. DANIEL auch an krautartigen Pflanzen, und zwar an verschiedenen Kohllarten und an Solaneen mit eßbaren Früchten gemacht. *Solanum melongena monstrosa* erzeugte ungeringelte Früchte von etwa 500 g, geringelt bis 1000 g. Die geringelten Tomaten brachten gleichfalls größere und zahlreichere Früchte, während die geringelten Kohllarten kleinere Köpfe bildeten, die sich nicht recht schlossen.

Beim Kohlrabi entwickelten sich die „Rüben“ oberhalb der Ringelungsstelle, sie blieben aber klein und waren flaschenförmig anstatt kugelig. Kohlrüben (*Brassica napus esculenta*), die direkt unter der Blattrosette geringelt wurden, verlängerten ihre Blätter, streckten die Wurzeln, entwickelten aber keine Rüben³⁾.

Nach den bei Holzgewächsen gemachten Erfahrungen hat das Ringeln, wenn es nicht nach der Schablone und unter gewissen Vorsichten ausgeführt wird, sich in der Praxis als Steigerungsmittel der Fruchtbarkeit bewährt; es läßt sich aber nicht leugnen, daß dem Verfahren auch Schattenseiten anhaften. Wird z. B. die Ringelung am Hauptstamme ausgeführt und der Ring so breit gemacht, daß eine Vernarbung im Laufe von 1—2 Jahren unmöglich ist, so verhungern die Wurzeln, sobald ihre Reservestoffe aufgezehrt sind, da sie keine Assimilate von oben erhalten. Bleibt die Ausheilung der Ringwunde aus, so trocknet das bloßgelegte Holz immer mehr und mehr aus und die Wasserleitung wird dann, zumal im Bereiche der Ringwunde keine neuen Holzringe angelegt werden, auch nach oben gehemmt oder schließlich ganz unterbrochen. Bei Kernobst tritt dieser Fall erst nach 2—4 Jahren ein, weil hier mehrere der jüngsten Jahresringe leitungsfähig bleiben, während beim Steinobst, insbesondere bei Pfirsichen, der Transpirationsstrom sich gewöhnlich nur im vorjährigen Jahresring bewegt und der Tod daher schon vor Jahresfrist eintritt⁴⁾. Es

¹⁾ MÜLLER-THURGAU, H., Beeinflussung der Tragbarkeit bei Obstbäumen und Reben. VI. u. VII. Jahresber. d. deutsch-schweiz. Versuchsstation usw. in Wädenswyl 1895/96, 1896/97. Zürich 1899.

²⁾ LUCAS, E., Vollständiges Handbuch der Obstkultur. Stuttgart 1911. 5. Aufl. p. 371.

³⁾ Gartenflora 1908, 57. Jg., p. 571.

⁴⁾ POENICKE, W., Die Fruchtbarkeit der Obstbäume usw. Stuttgart. p. 56.

empfiehlt sich daher beim Steinobst, das Ringeln ganz zu unterlassen und beim Kernobst nur schmale Ringe zu machen, um dem Baum die Ausheilung zu ermöglichen. Auch hier darf man aber eine gewisse Grenze nicht überschreiten, denn ist der Ring zu schmal, so wird er durch das Verwundungsgewebe zu rasch geschlossen und die Stauung der Assimilate dauert nur kurze Zeit. —

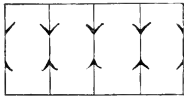


Fig. 44.
Ein Stück des Zinkblechfruchtgürtels. Natürliche Breite. (Original.)

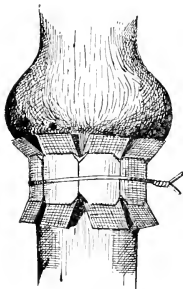


Fig. 45.
Einfluß des Fruchtgürtels auf den Stamm von *Syringa vulgaris*. Über dem Fruchtgürtel tritt infolge der Stauung der organischen Stoffe abnorm starkes Dickenwachstum ein. Natürl. Größe. (Orig.)

2. Die Stammschlinge ruft dieselbe Wirkung hervor wie die Ringelung. Man legt eine feste Drahtschlinge um den Stamm, um die Saftbahnen der Rinde zusammenzupressen, den absteigenden Saftstrom zu hemmen und die Assimilate über dem Draht zu häufen. Der Stamm verdickt sich im Laufe der Zeit über und unter der Schlinge, es kommt zu einer mehr oder minder tiefen Einschnürung, ohne daß die Rinde dabei erheblich verletzt wird. Tritt die Fruchtbarkeit ein, so kann der Draht wieder entfernt werden. Wird die Schlinge nicht zur rechten Zeit weggenommen, so kann sie so tief einschneiden, daß sie ohne bedeutende Verletzung des Baumes nicht beseitigt werden kann oder der Stamm sogar abbricht. Um diese Nachteile der Stammschlinge zu beseitigen, hat POENICKE¹⁾ eine gute Verbesserung der Drahtschlinge in Form des „Fruchtgürtels“ vorgeschlagen. Er sagt:

3. „Der Fruchtgürtel besteht aus einem gestanzten, ganz dünnen Zinkstreifen, das mit Hilfe eines Drahtes fest um den Stamm, bei stärkeren Bäumen um die einzelnen Hauptäste gebunden wird. Das Streifen ist seitlich mit Einschnitten versehen, die schmale Randglieder begrenzen (Fig. 44). Verdickt sich der Stamm, so biegen sich die Randglieder allmählich auswärts, bis sie infolge ihrer Konstruktion in einer bestimmten Schräglage fest stehen bleiben (Fig. 45). In dieser Stellung werden die andrängenden Rindenwülste festgehalten. Sie können sich also nicht über den eigentlich wirksamen Mittelteil hinwegschieben. Der Fruchtgürtel, wie ich diese äußerst einfache Anordnung genannt habe, kann somit beliebig lang in seiner Lage verbleiben und hier tief einschneiden, ohne von den Rindenmassen überwuchert zu werden. Man kann daher stets den vollen Fruchtbarkeitseintritt abwarten, ohne schädliche Folgen, wie sie durch Überwachsen des Gürtels entstehen würden, befürchten zu müssen. Wird die Einschnürung zu tief, so nimmt man den Fruchtgürtel ab, um ihn sogleich wieder an anderer Stelle umzulegen.

Jeder Sachverständige erkennt sofort, daß diese Anordnung des Fruchtgürtels unter allen Umständen nutzbringend sein muß. Ein ein-

¹⁾ POENICKE, W., l. c., p. 64.

facheres und dabei in seiner Wirkung auch nur annähernd so sicheres Hilfsmittel dürfte kaum denkbar sein. Der Hauptvorteil des Fruchtgürtels liegt darin, daß er die Assimilationsprodukte in genau regulierbarer, denkbar vollkommenster Weise im Bildungssaft anhäuft und speichert. Demzufolge ermöglicht er reiche Fruchtbarkeit auch bei lebhafter Nahrungsaufnahme durch die Wurzeln. Ohne dem Baum selbst gefährlich zu werden, tut der Fruchtgürtel seine Schuldigkeit auch dort, wo bisher wegen zu starken Holzwachses, falscher Unterlage, Überdüngung, unpassender Baumform oder aus ähnlichen Gründen Fruchtbarkeit versagt war.

Der Fruchtgürtel gestattet, die Zusammensetzung des Saftes genau zu regeln und damit Holzwachstum und Fruchtbarkeit zueinander in ein richtiges Verhältnis zu setzen. Er hat in seiner Wirkungsweise große Ähnlichkeit mit der Zwergunterlage, aber nicht deren Nachteile. Demzufolge wird nicht nur die gesamte Erntemenge, sondern vor allem auch die Qualität und Ausbildung der Einzel Früchte — also deren Erntewert — wesentlich verbessert. Bei vielen Frühsorten wird auch die Reife beschleunigt¹⁾.

Ich habe selbst mit dem Fruchtgürtel an Obstbäumen gute Erfahrungen gemacht und bin der Meinung, daß er dem Ringeln und der Drahtschlinge jedenfalls vorzuziehen ist. Er hat den Vorteil, daß er dem Stamme enge anliegt, daß er, sobald sich die vermehrte Fruchtbarkeit eingestellt hat, bequem entfernt werden kann und daß er, im Gegensatz zur Ringelung, den Abstieg der Assimilate nicht völlig verhindert, die Ernährung der Wurzeln daher wohl hemmt, aber nicht vereitelt. POENICKE empfiehlt den Gürtel für alle kräftig wachsenden, nicht genügend tragbaren Bäume, für Spalierbäume, deren Triebkraft noch stark ist und endlich als Ersatz für schwach wachsende Unterlagen, wo diese nicht gut gedeihen, z. B. für Quitten in kaltem Boden und rauen Lagen. Der Fruchttrag gestaltet sich überaus reichlich, die Augen werden über der Schnürstelle, mit Ausnahme der äußersten Spitzenknospen, in Fruchtäugen umgewandelt, während dies unterhalb der Schnürstelle gar nicht oder sehr selten der Fall ist. Dies gilt nicht bloß für Kernobst, sondern auch für die anderen Obstarten und es wäre meiner Meinung nach eine dankbare Aufgabe, den Fruchtgürtel auch in den Gärtnereien allgemeiner auszuprobieren, gärtnerisch wichtige Gehölze und holzige Topfpflanzen darauf zu prüfen; zweifellos wird es möglich sein, ihre Blütenbildung zu steigern, vielleicht auch das Blühen früher zu ermöglichen. Ich denke dabei an Kamelien, Rhododendren, Fuchsien, Rosen und andere. Namentlich bei Pflanzen, die aus wärmeren Gegenden stammen und nicht willig blühen oder ihre Samen nicht zur Reife bringen, dürfte der Fruchtgürtel gute Dienste leisten.

4. Die Zwergunterlage. Will man Birnen- oder Äpfelbäume in Form kleiner Bäumchen ziehen, so veredelt man sie auf schwachwüchsige Unterlagen: so den Apfelbaum auf den strauchartigen Paradiesapfel und die Birne auf die Quitte. Die genannten Unterlagen haben von Natur aus ein schwächeres Wurzel- und Stammwachstum und das ist der Grund, warum dann auch das Apfel- oder Birnenreis in seiner Größenentwicklung gehemmt und zwergig bleibt. Solche auf Zwergunterlagen gezogene Bäumchen zeigen wegen dieser Wachstums hemmung, und weil die Assimilate über der Veredlungsstelle eine Stauung erfahren, ähnlich wie über

¹⁾ Der Fruchtgürtel (s. die Fig. 44) wird auf Stanzmaschinen in einer Länge von 2 m hergestellt und kann durch den Baumschullehrer Herrn Ed. Poenicke & Comp. in Delitzsch bei Leipzig bezogen werden.

dem Fruchtgürtel, frühzeitige und gesteigerte Fruchtbarkeit. Die Verwachsung zwischen Reis und Unterlage ist nie eine so ideal innige wie unter normalen Verhältnissen, die Leitungsbahnen erscheinen an der Grenzfläche vielfach unterbrochen, so daß der absteigende und der aufsteigende Saft eine nicht unbedeutende Hemmung erfährt. Es ist auch möglich, daß die von den Blättern des Edelreises gebildeten Assimilate, die von denen der häufig artfremden Unterlage einigermaßen abweichen, der Unterlage nicht recht behagen und daher von ihr nicht gerne aufgenommen werden. Die Anhäufung des plastischen Materials gibt sich dann gewöhnlich auch in einer Anschwellung oder Wulstbildung der Veredlungsstelle zu erkennen. Maßgebend für die Hemmung der Ableitung bleibt aber doch die Veredlungsnarbe; dies geht ja schlagend auch daraus hervor, daß sich



Fig. 46.
Gedrehter Zweig der Birne (*Pirus domestica*) in eine Schlinge geformt. Etwa 5 mal verkleinert. (Original.)



Fig. 47.
Birnenzweig, bei *a* gebrochen. (Original.)

die Fruchtbarkeit in größerem Maße einstellt, wenn man nicht eine artfremde, sondern eine dem Reis artgleiche Unterlage wählt, also Quitte auf Quitte und Birne auf Birne derselben Rasse veredelt. Und was von diesen Obstbäumen gilt, trifft auch für die Veredlungen der meisten Obstbäume und Gartenpflanzen zu, denn auch hier wird die Blütenbildung durch das Veredeln gefördert.

5. Das Drehen der Zweige wird gleichfalls angewendet, um die Fruchtbarkeit zu steigern. Es wird in der Weise vorgenommen, daß man einen üppig wachsenden Zweig, der in halb verholztem Zustande sein muß, mit Daumen und Zeigefinger in der Mitte faßt und dann um seine Längsachse 1 bis 2 mal dreht. Dabei wird die Rinde entweder zerrissen, gesprengt oder gequetscht, auch der Holz- und der Markkörper kann dabei verwundet werden. Darauf biegt man den Zweig in Form einer Schlinge mit der Triebspitze, die entweder abgeschnitten oder belassen wird, nach aufwärts (Fig. 46). Dieses Verfahren hat sich bei Birnen, zumal bei starktriebigen Schnurbäumchen bewährt, denn gedrehte Zweige entwickeln die Augen zu Blütenknospen und Kurztrieben, zeigen also vermehrte Fruchtbarkeit. Das Drehen wird auch bei der Senkervermehrung der Quitte in Anwendung gebracht. Der Trieb wird an der Stelle, wo er Wurzeln bilden soll, gedreht; hier kommt es infolge der Verwundung zu einer Stoffanhäufung, die die Entstehung von Wurzeln begünstigt.

In der Umgebung von Tiflis sollen die Winzer die Stiele der reifen Trauben drehen, um einen besseren Wein zu erzielen¹⁾. Ob die bessere Qualität der Trauben auf die geringere Wasserzufuhr, auf die Unterbindung der Ableitung gewisser Stoffe aus der Traube oder auf eine andere Ursache zurückzuführen ist, läßt sich nicht ohne weiteres sagen. Es wäre erwünscht, darüber Versuche anzustellen.

6. Das Brechen der Zweige wird vorgenommen, wenn der Zweig zu verholzen beginnt, aber auch im Sommer, wenn er schon verholzt ist. Der Zweig wird entweder durch Biegen gebrochen oder halb gebrochen, indem man den Zweig etwas einschneidet und ihn dann, ohne ihn abzubrechen, ein bißchen einknickt. Der Bruch soll nur schwach sein, denn der Zweig muß (Fig. 47) frisch bleiben und weiter wachsen. Das Brechen wird an starktreibigen Zweigen, die noch kein Fruchtholz angesetzt haben, ausgeführt. Die oberhalb der Bruchstelle erzeugten Assimilate wandern zur Wundstelle, erfahren in der Wanderung eine Hemmung und häufen sich daher in dem gebrochenen Zweige über der Wundstelle an. Anstatt des Brechens kann der Sproß mit einer Zange gequetscht werden. Der Erfolg ist derselbe wie beim Brechen. Beide Verfahren liefern besonders beim Apfelbaum gute Resultate. —

7. Über den Fruchtholzschnitt siehe später das Kapitel über Baumschnitt.

Über auffallende Steigerung der Anthokyanbildung (Blattrötung).

Einer der verbreitetsten Farbstoffe des Pflanzenreichs ist das Anthokyan²⁾. Im Gegensatz zum Chlorophyll kommt es niemals innerhalb der Zelle an bestimmte plasmatische Gebilde gebunden, sondern gewöhnlich gelöst, seltener kristallisiert, im Zellsaft vor. Die blaue Farbe der Glockenblume, des Vergißmeinnichts, des Enzians, die violette Farbe des Veilchens, die rote der Rose, des Mohns und vieler anderer Blüten rührt von diesem Farbstoff her. Auch Stengel, Blätter, ja sogar Wurzeln können durch Anthokyan gefärbt sein.

Das Anthokyan kann man aus den meisten roten oder blauen Pflanzenteilen gewinnen, am einfachsten in der Weise, daß man einige Blätter eines Rotkrautkopfes kocht. Der Farbstoff geht rasch in Lösung. Fügt man zu einer kleinen Probe der violetten Lösung eine Spur einer sauren Substanz, etwa Essigsäure, so ändert sich sofort die Farbe von Violett in Rot. Setzt man zu der roten Lösung allmählich ganz wenig eines alkalischen Stoffes, etwa Salmiak (Ammoniak), so treten nacheinander die Farben Blau, Grün und schließlich Gelb auf. Durch Hinzufügen einer Säure kann das ursprüngliche Rot wieder hergestellt werden. Alle diese Farbennuancen Blau, Violett und Rot nimmt das Anthokyan, je nachdem es sich in saurer, neutraler oder alkalischer Lösung befindet, auch innerhalb der Pflanze an, ja es gibt Blüten, die beim Aufblühen in roter, dann in violetter und beim Abblühen in blauer Farbe erscheinen, einfach deshalb, weil die anfangs säurereiche Blüte nach und nach ihren Säuregehalt einbüßt (Pulmonaria officinalis, Lungenkraut).

¹⁾ SORAUER, P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. 1. Bd. 1909, p. 806.

²⁾ MOLISCH, H., Mikrochemie der Pflanze. 2. Aufl. Jena 1921.

Man kann die gemachten Erfahrungen dazu benützen, um die bisher nur in Proberöhrchen durchgeführten Versuche auf ganze Blüten anzuwenden. Hält man die blauen Vergißmeinnichtblüten in Tabakrauch, so werden sie grün. Im Rauch befindet sich eine alkalische Substanz, das kohlen saure Ammoniak, und dieses ändert, weil es in die Blumen eindringt, die Farbe in Grün. Noch viel auffallender wird das Experiment, wenn man Märzveilchenblüten unter eine Glasglocke bringt und hier von einem Schälchen aus etwas Salmiak verdampfen läßt. Schon nach ein paar Minuten färben sich die Veilchen grün, dagegen rot, wofern man statt des Salmiaks Salzsäure nimmt. Solche Versuche können selbstverständlich mit gleichem Erfolge auch mit anderen anthokyanhaltigen Blüten, ja mit ganzen Blütensträußen ausgeführt werden, der Effekt ist im letzteren Falle ein ganz besonders überraschender. Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß diese auffallenden „Farbenzüchtungen“ aus dem chemischen Laboratorium nur von kurzer Dauer sind, da die Blüten durch das Ammoniak und die Salzsäure rasch getötet werden. Die Gärtner machen von der Eigentümlichkeit des Anthokyans, sich mit Säuren rot zu färben, praktischen Gebrauch, indem sie die violetten immortellenartigen Blütenstände des im großen Maßstabe kultivierten *Xeranthemum annuum* und die „gefüllten“ Blüten der Gartenastern durch Eintauchen in verdünnte Salzsäure lebhaft rot färben und dann in getrocknetem Zustande für Kränze verwerten. —

Die Anthokyanlösung kann ihre Farbe auch durch Änderung der Temperatur wechseln und darauf beruht es, daß manche Blüten bei niederer Temperatur eine etwas andere Farbe aufweisen als bei höherer.

Die Gärtner ziehen jetzt häufig eine *Myosotis*-Art unter dem Namen *Myosotis dissitiflora* (Perfection), die im Winter im Gewächshause blüht. Ich habe beobachtet, daß diese Pflanze eine verschiedene Blütenfarbe aufweist, je nachdem man sie bei niederer (5 bis 7° C) oder höherer Temperatur (15° C) zieht. Bei niederer sind die Blüten rot, bei höherer blauviolett oder blaßblau¹⁾.

HILDEBRAND²⁾ machte eine ähnliche Beobachtung an den Blüten von *Ipomoea Learii*. Diese sind dunkelviolett; sinkt die Temperatur im September bis auf 2° C, so nehmen sie statt der dunkelvioletten eine rotviolette, manchmal eine rein rosarote Färbung an, wie sie sich sonst an den sich schließenden Blüten zeigt. Ähnlich verhalten sich die Blüten von *Ipomoea rubrocoerulea*. Sie sind bei höherer Temperatur himmelblau, bei niederer aber violettrot.

FITTING³⁾ beobachtete, daß die Blüten von *Erodium gruinum* u. *E. ciconium* bei Erwärmung in sehr auffallender Weise ihre Farbe ändern. Bei niederer Temperatur bis etwa 20° sind sie blau, bei höherer weinrot, rosa und bei sehr hoher fast farblos.

Wie sehr hohe Temperatur auch die Anthokyanbildung beeinflußt, läßt sich leicht am Flieder und an den Blüten von *Primula sinensis* zeigen, denn es ist eine bekannte Tatsache, daß der Treibflieder, bei hoher Temperatur (30°) getrieben, nicht lila sondern weiß blüht und die Blüten der genannten Primel sich ebenso verhalten.

Wie außerordentlich leicht Anthokyan in seiner Farbe durch äußere Umstände beeinflusst werden kann, lehrt eine in jüngster Zeit gemachte Beobachtung von

¹⁾ MOLISCH, H., Über amorphes und kristallisiertes Anthokyan. Botan. Ztg., Jg. 1905, p. 161.

²⁾ HILDEBRAND, F., Einige biologische Beobachtungen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1904, p. 473.

³⁾ FITTING, G., Über eigenartige Farbänderungen von Blüten und Blütenfarbstoffen. Ztschr. f. Bot. 1912, p. 81.

MOLISCH¹⁾. Er fand, daß die blauvioletten Blüten von *Ipomoea purpurea*, wofern sie von Wassertröpfchen benetzt werden, unter diesen ihre Farbe innerhalb einer Stunde in Rotviolett verändern. Die Ursache ist die im Wasser gelöste Kohlensäure.

Durch alle jene Manipulationen, wie Ringeln, Stammschlinge, Fruchtgürtel, die wir vorhin als Mittel zur Steigerung der Fruchtbarkeit kennen gelernt haben, kann auch die Anthokyanbildung gefördert werden. Hierher gehören einige Beobachtungen, die ich vor Jahren gemacht habe²⁾ und die hier kurz erwähnt seien.

Mir fiel bei einem Spaziergang durch einen Weingarten an zahlreichen Weinsprossen die Erscheinung auf, daß ihre Blätter vom Sproßgipfel bis zu einer bestimmten Stelle des Sprosses tief blutrot, alle tiefer stehenden aber, und zwar ganz unvermittelt, grün waren. Bei näherer Betrachtung ergab sich, daß alle jene Zweige gebrochen waren, doch so, daß die Saftleitung zwar gehemmt, aber nicht vollends unterbunden war. Die Bruchstelle gab genau die Grenze zwischen den roten und grünen Blättern an.

Ich habe dann in einem Weingarten bei etwa hundert Sprossen solcher Reben, die blaue Beeren tragen und zur Anthokyanbildung neigen, die Zweige in der Mitte ihrer Länge durch einen queren, etwa bis zu zwei Dritteln ihres Holzkörpers eindringenden Schnitt einseitig verletzt, um zu sehen, ob denn wirklich durch eine künstliche teilweise Unterbrechung der Saftbahn die Anthokyanbildung begünstigt wird. Nach 2—3 Wochen färbten sich im August alle oberhalb der Schnittstelle liegenden Blätter fast bei allen Versuchszweigen intensiv rot, so daß der Chlorophyllgehalt bei derartigen Blättern ganz verdeckt war, während sich die unterhalb der Wunde befindlichen Blätter in höchst auffallender Weise durch ihre grüne Farbe abhoben. Auch mit *Cornus sanguinea*, *Peireskia aculeata*, *Cobaea scandens*, *Hydrangea* und *Panicum variegatum* gelangen die Versuche gut, am besten jedoch mit *Vitis* und *Cornus*. — Auch wenn man die Hauptnerven des Weinblattes durchschneidet, färbt sich das Blatt über den Schnittstellen intensiv rot, die unter dieser liegenden Blatteile aber wenig oder gar nicht. Diese Versuche wurden dann später von RATHAY und LINSBAUER³⁾ bestätigt und erweitert.

Es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, daß es in erster Linie die Stauung der Assimilate über der Wunde oder dem Gürtel ist, die zur frühzeitigeren und stärkeren Anthokyanbildung führt. —

Nach OVERTON⁴⁾ wird die Anthokyanentstehung durch künstliche Zufuhr von Zucker sehr begünstigt. Da sich nun über der Wunde Kohlehydrate anhäufen, insbesondere Zucker, so ist damit eine sehr günstige Bedingung für Anthokyanbildung gegeben, zumal dieser Farbstoff oder besser gesagt, diese Farbstoffgruppe in unverändertem Zustande als Glykoside zu betrachten sind, d. h. als ätherartige Abkömmlinge der Zuckerarten⁵⁾.

Neben den bereits genannten Faktoren begünstigen bei vielen Gewächsen auch starkes Licht, niedere Temperatur, mangelhafte Stickstoffernährung und Verletzungen durch Insekten die Entstehung des roten Farbstoffes.

¹⁾ MOLISCH, H., Über eine auffallende Farbenänderung einer Blüte durch Wassertröpfchen und Kohlensäure. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1920. p. 57.

²⁾ MOLISCH, H., Blattgrün u. Blumenblau. Vorträge d. Ver. z. Verbreitg. naturw. Kenntn. i. Wien. XXX. Jg. 1890. p. 27.

³⁾ LINSBAUER, L., Einige Bemerkungen über Anthokyanbildung. Österr. bot. Zeitschr. 1901, Nr. 1.

⁴⁾ OVERTON, E., Beobachtungen und Versuche über das Auftreten von rotem Zellsaft bei Pflanzen. PRINGSHEIMS Jahrb. f. wiss. Bot. 33. Bd. 1899, p. 171.

⁵⁾ Siehe SCHROEDER, H., Die Anthocyanine nach den neuen chemischen Untersuchungen. Sammelreferat über WILLSTÄTTERS Arbeiten. Zeitschr. f. Botanik, 9. Bd. 1917, p. 546.

Auch bei kärglich begossenen Pflanzen kann intensivere Anthokyanbildung auftreten. Ich habe mich durch folgenden Versuch davon überzeugt¹⁾.

Je 50 Stück des in den Gewächshäusern so häufig gezogenen weiß-grün-rotgestreiften *Panicum variegatum*, der *Peireskia aculeata*, der *Tradescantia zebrina* und der Fuchsie wurden während der Monate August und September im Gewächshause normal begossen, die andern aber gerade nur so viel, daß sie sich am Leben erhielten und ein wenig welkten. Sonst waren alle Bedingungen für beide Pflanzen gleich. Das Licht wirkte mäßig stark ein, weil während der heißen Tagesstunden die Schattendecken herabgelassen wurden. Nach 5—6 Wochen waren bei allen Pflanzen, am meisten bei *Peireskia* und *Panicum*, die Unterschiede ganz prägnant: die welken Pflanzen waren viel stärker rot²⁾.

Es ist nicht leicht, zu sagen, was in dem letzten Experimente die Anthokyanbildung fördert, ob die mangelhafte Wasserzufuhr oder ob die durch sie hervorgerufenen Störungen in der Assimilation, in der Stoffleitung oder in der mangelhaften Nährstoffzufuhr die stärkere Neigung für die Farbstoffbildung bedingen.

11. Die Ernährung der Pilze.

Bisher war nur von der Ernährung der grünen Pflanze die Rede. Von der nichtgrünen, chlorophyllfreien wurde nur vorübergehend gesprochen, um die Darstellung möglichst übersichtlich und einfach zu gestalten. Wenn das Chlorophyll für die Ernährung der grünen Pflanze von so ausschlaggebender Bedeutung und — von gewissen Ausnahmen abgesehen — die grüne Pflanze nur mit Hilfe des Chlorophylls imstande ist, Kohlensäure zu assimilieren und auf diese Weise Anorganisches in Organisches zu verwandeln, so muß die Ernährung der chlorophyllosen Pflanze, z. B. eines Pilzes, wesentlich verschieden sein. Und das ist auch in der Tat der Fall. Der Hauptunterschied besteht nun darin, daß der Pilz mit der Kohlensäure nichts anzufangen vermag. Er muß zur Ernährung den Kohlenstoff schon in Form einer komplizierten organischen Verbindung erhalten, in Form von Eiweiß, Pepton, Kohlehydraten, Pflanzensäuren oder anderen organischen Körpern. Daher sehen wir die Pilze in der Natur nicht auf rein mineralischem Boden auftreten, sondern entweder auf Lebewesen oder auf toter, in Zersetzung befindlicher organischer Substanz. — Auf dieser zersetzenden Tätigkeit beruht ja die wichtige Rolle, die die Pilze in der Natur spielen. Alles Organische, gleichgültig ob Tier- oder Pflanzenleiche, wird durch Pilze zersetzt und schließlich wieder in Anorganisches, in Kohlensäure, Ammoniak und Aschensubstanzen übergeführt.

Leben die Pflanzen von der Körpersubstanz lebender Wesen, so nennen wir sie Parasiten, leben sie von toter organischer Substanz, so bezeichnen wir sie als Saprophyten.

Die auf der Kartoffelpflanze lebende *Peronospora infestans*, die auf dem Weinstock so verheerend wirkende *Peronospora viticola*, der Getreide-

¹⁾ MOLISCH, H., Blattgrün und Blumenblau, I. c., p. 29.

²⁾ Jüngst fiel mir auf, daß auf einem Salattfeld (*Lactuca sativa*) einzelne Pflanzen im Wachstum zurückgeblieben waren und ihre Blätter auffallend gerötet hatten. Als ich die roten Pflanzen ausgrub, sah ich, daß ihre Hauptwurzel von Engerlingen abgebissen war. Auch hier dürfte mangelhafte Wasser- und Nährsalzzufuhr bei der Rötung eine Rolle gespielt haben.

rostpilz, die Mistel (*Viscum*), die Kleeseide (*Cuscuta*), die Schuppenwurz (*Lathraea*) und Orobanche sind Parasiten, hingegen der auf Pferdemit lebende Champignon (*Agaricus campestris*), der auf faulender Tinte lebende Pinselschimmel, die Hefe und viele Bakterien sind Beispiele für Saprophyten. Es kann aber auch ein und derselbe Pilz je nach Umständen bald Parasit, bald Saprophyt sein wie z. B. der baumtötende Hutpilz, der Hallimasch (*Agaricus melleus*). —

Um in die Ernährung der Pilze einen tieferen Einblick zu gewinnen, hat man sie, ähnlich wie dies bei grünen Gewächsen der Fall war, wenn möglich in Nährlösungen oder in festen Nährböden von ganz bestimmter Zusammensetzung kultiviert. Man hat also das Prinzip der Wasserkultur, das sich bei höheren Pflanzen so glänzend bewährt hat, auch für niedere Gewächse, für Pilze und Algen angewendet und dabei treffliche Resultate erzielt. —

Eine Nährlösung, die für viele Pilze (Bakterien und Schimmelpilze) gute Dienste leistet, hat folgende Zusammensetzung:

100 g dest. Wasser
 5 g Zucker
 1 g Pepton
 0,25 g schwefelsaure Magnesia
 0,25 g Monokaliumphosphat
 Spur von Eisenchlorid oder Eisensulfat.

Vergleicht man diese Nährlösung mit der Knopschen (p. 3), so fällt vor allem auf, daß die Pilznährlösung den Kohlenstoff in Form organischer Substanz enthält. Der Pilz vermag die Kohlensäure der Luft nicht zu verwerten, er benötigt anstatt dieser organische Substanz. Es gibt Pilze, die schon entweder mit einem Kohlehydrat oder mit einem Eiweißkörper allein auskommen, es gibt aber auch solche, die beides benötigen. Wenn man daher über die Ernährungsansprüche eines Pilzes nicht orientiert ist, so erscheint es zweckmäßig, ihm gleich im vorhinein beide Arten von organischer Substanz zu geben. Anstatt Zucker kann auch in vielen Fällen Glycerin, Apfel- oder Weinsäure geboten werden.

Wird das stickstoffhaltige Pepton weggelassen, so muß der Stickstoff natürlich in irgendeiner anderen Form, z. B. als salpetersaures Kali geboten werden, denn viele Pilze können den Stickstoff auch in Form einer mineralischen Verbindung assimilieren.

Unter den unentbehrlichen Elementen für Pilze ist auch Eisen angegeben; dieses Element ist auch tatsächlich für die Pilze unerlässlich, obwohl man die Beobachtung machen kann, daß ein Zusatz des Eisens für das Aufkommen der Pilze nicht gerade erforderlich ist. Dies kommt daher, weil in die Nährlösung schon durch das Wasser und die anderen Bestandteile so viel Eisen als Verunreinigung hineinkommt, daß ein besonderer Eisenzusatz zur Nährlösung nicht mehr notwendig erscheint. Trotz sorgfältiger Darstellung des dest. Wassers, trotz mehrfachen Umkristallisierens der Mineralsalze haften immer noch Eisensparten an. Wenn daher die Bestandteile der Nährlösung nicht einer besonderen Reinigung unterzogen werden, so genügen eben schon die sich als Verunreinigung einschleichenden Eisenmengen für die Ernährung des Pilzes¹⁾.

Auffallend ist, daß in der erwähnten Nährlösung Kalk fehlt. In der

¹⁾ MOLISCH, H., Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena 1892. p. 97.

Tat haben einschlägige Untersuchungen¹⁾ gezeigt, daß für viele niedere Pilze (und Algen) Kalk entbehrlich ist. —

Die Ernährungsansprüche der Pilze haben sich als sehr verschieden herausgestellt. Während in einer bestimmten Nährlösung gewisse Pilze ganz ausgezeichnet gedeihen, kommen andere darin sehr schlecht oder gar nicht fort. Schon die Art der Reaktion kann über Sein oder Nichtsein einer Kultur entscheiden. Im allgemeinen lieben Bakterien eine schwach alkalische, Hefen und Schimmelpilze hingegen eine schwach saure Reaktion der Nährlösung. Auf diesen Punkt muß sorgfältig geachtet werden, denn viele Pilzkulturen haben schon wegen Nichtberücksichtigung der Reaktion versagt.

Reinkultur. Will man die Biologie, insbesondere die Ernährung eines Pilzes genauer verfolgen, so ist es unerläßlich, ihn rein, d. h. unter Ausschaltung eines jeden anderen Pilzes oder Lebewesens zu züchten. Man muß den Pilz in Reinkultur²⁾ haben. Dies gelingt mit Hilfe von Gelatinenährlösungen, die bei Temperaturen über 24° C flüssig, unter 24° starr sind. Impft man eine solche flüssige Gelatinelösung, nachdem man sie vorher durch Erhitzen keimfrei (steril) gemacht hat, mit einem Gemisch verschiedener Bakterien oder anderer Pilze, gießt die Lösung in eine durch Erhitzen gleichfalls steril gemachte Petrischale aus, so erstarrt die Flüssigkeit alsbald und die hineingebrachten Keime werden dadurch getrennt. Entwickeln sich nun aus den ausgesäten Keimen Kolonien, so kann man dann von diesen mit einer sterilen Platinnadel abimpfen, in eine neue Schale übertragen und so zu vollständig reinen Kulturen gelangen. Anstatt der Gelatinelösungen kann man auch Agarlösungen verwenden, die den Vorteil gewähren, daß sie sich erst bei etwa 40° verflüssigen. Ich muß es mir versagen, weiter auf die Technik der Reinkultur einzugehen, hier handelt es sich ja nur darum, das Prinzip zu erörtern.

Die Reinkulturen haben in den biologischen Wissenschaften eine hervorragende Bedeutung erlangt. Die Bakteriologie und die Pilzkultur wurden auf eine neue Grundlage gestellt und wurden von maßgebender Bedeutung für die Entwicklung der modernen Medizin und der technischen Mykologie. In letzter Zeit erlangt die Reinkultur auch für den Gartenbau und die Landwirtschaft eine gewisse Bedeutung, wie die Kultur des Champignons, der Orchideen und die Impfung der Böden mit Stickstoff assimilierenden Bakterien beweist, von denen schon früher (p. 17) die Rede war.

Die Champignonzucht.

Unter den wenigen Pilzen, die heute in großem Maßstabe kultiviert werden, nimmt der Champignon (*Agaricus campestris*) mit mehreren seiner Spielarten einen hervorragenden Platz ein.

Der Pilz besteht aus einem weißen, fädigen Geflecht, dem Mycelium, auch Champignonbrut genannt, und dem Fruchtkörper, der sich wieder aus dem Strunk und Hut zusammensetzt. An der Unterseite des Hutes finden sich radial verlaufende Blättchen, auf denen sich die Sporen entwickeln.

¹⁾ MOLISCH, H., Die mineralische Nahrung der niederen Pilze. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Bd. CIII, 1894, p. 554.

Vgl. auch BENECKE, W., Die zur Ernährung der Schimmelpilze notwendigen Metalle. Jahrb. f. wiss. Bot. 28. Bd., 1895, p. 487 und LOEW, O., Bot. Zbl. 1895, p. 433.

²⁾ RICHTER, O., Die Bedeutung der Reinkultur. Berlin 1907.

Um Champignons in ergiebiger Weise zu kultivieren¹⁾, verschafft man sich zunächst die sog. Champignonbrut. Dies gelingt, vorausgesetzt, daß man sie nicht schon käuflich erwirbt, entweder dadurch, daß man Pferdemist in bestimmter Weise zubereitet und darin das reichliche Auftreten von Champignonmycel (lose Champignonbrut) hervorruft oder dadurch, daß man sich die sog. Brutsteine oder Brutziegel bereitet. Es sind dies backsteinartige Stücke, die aus 1 Teil frischen Rinderdunges ohne Strohteile, 3 Teilen frischen Pferdedunges, gut durchdrungen von Jauche, und $\frac{1}{2}$ Teil lehmiger Erde bestehen.

Wenn man solche Steine mit loser Champignonbrut umgibt und das Ganze mit Pferdedünger überseht, so wächst das Champignonmycel in Form weißer Stränge in die Brutsteine hinein und diese von dem Mycel durchwucherten Ziegel stellen dann ein ausgezeichnetes Material zur Gewinnung von Champignons in passend zubereiteten Beeten dar. Nicht zu feuchte und nicht zu dumpfe Keller, unterirdische Steinbrüche, Viehställe und Glashäuser bieten passende Örtlichkeiten für die Anzucht dieses beliebten Speisepilzes.

Der Champignon wird besonders in Frankreich, Deutschland, Österreich, England und Amerika in großen Mengen kultiviert. Im Weichbilde der Stadt Paris befinden sich Steinbrüche, die allein jährlich für etwa 10 000 000 Francs Champignon liefern. Seit einigen Jahren wird im Institut Pasteur Champignon-Mycel in Reinkultur hergestellt²⁾. Zu diesem Zwecke werden die Sporen des Champignons auf Papier gesammelt, auf keimfreiem, sterilem Pferdemist ausgesät und dann bei einer Temperatur von 20 bis 25° C gehalten. Nach etwa fünfzehn Tagen erscheint das Mycel reichlich und dieses kann dann in die vorbereiteten Beete übertragen werden. „Diese Neuerung“, sagt v. TSCHERMAK³⁾, „hat sich indes noch wenig eingebürgert. Es scheint, daß das so gewonnene Mycel zu verweichlicht ist, und daß es besser wäre, zunächst davon eine Freilandkultur zu erzeugen und erst von dieser das abgehärtete, widerstandsfähigere Mycel als Brut zu verwenden.“ —

Ausführliche Angaben über Reinkulturen des Champignons finden sich in den Arbeiten von DUGGAR⁴⁾. Aus diesen ist zu entnehmen, daß die Keimung der Sporen auf mancherlei Schwierigkeiten stößt, daß sie aber unter dem Einfluß lebender Hyphen gelingt. Liegen Champignonsporen in der Nähe lebender Hyphen oder kleiner Championngewebestückchen, so keimen die Sporen willig. Viel bessere Resultate werden aber nach FERGUSON⁵⁾ durch die sog. „Gewebe-methode“ erzielt. Sie besteht darin, daß man aus dem Innern junger, wachsender Pilzfruchtkörper kleine Stückchen steril entnimmt und auf passende, sterile Nährböden (Pferdedünger, Bohnenhülsen usw.) überträgt. Soll der Versuch gelingen,

¹⁾ PANTEN, C., Die Champignonzucht in ihrem ganzen Umfange. Leipzig 1906.

²⁾ TSCHERMAK, E. v., Pflanzenzüchterisches aus Frankreich. Monatshefte f. Landwirtschaft. 1912. Heft 3.

³⁾ l. c.

⁴⁾ DUGGAR, B. M., The cultivation of mushrooms. Washington 1904. U. S. department of agriculture. Farmers Bull. Nr. 204.

Derselbe, The principles of mushroom growing and mushroom spawn making. Washington 1905. Ebenda. Bureau of plant industry Bull. Nr. 85.

⁵⁾ FERGUSON, M. C. A., Preliminary study of the germination of the spores of *Agaricus campestris* usw. Ebenda 1902. Bull. Nr. 16.

so muß der Pilz, dem das Stückchen Gewebe entnommen wird, noch ganz jung und stark wachstumsfähig sein.

Es bleibt abzuwarten, ob diese ersten Anfänge der Einführung von Champignon-Reinkulturen in die gärtnerische Praxis zu dauernden Erfolgen führen werden und ob das Reinkulturverfahren so viele Vorteile gewähren wird, daß es den Sieg über die gewöhnliche alte Methode davontragen wird. Das moderne Verfahren hätte jedenfalls unter anderem den einen großen Vorzug, daß es gestattet, ganz bestimmte Varietäten des

Champignons in Kultur zu nehmen, was nach der alten Methode eigentlich dem Zufall überlassen bleibt.

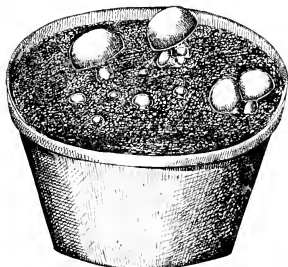


Fig. 48.
Champignonzucht in einem
Blumentopf. Verkleinert.
(Original.)

Bei zweckmäßiger Anordnung gelingt es, Champignon auch in Gläsern¹⁾, Töpfen oder Kistchen zu ziehen, ein Verfahren, das sich insbesondere zur Veranschaulichung der einzelnen Entwicklungsstadien für Gärtnerschulen eignet. Die Fig. 48 zeigt eine eben aufsprießende Champignonkultur in einem Blumentopf.

Da auch andere Hutpilze auf künstlichem Nährboden leicht bis zum Fruchtkörper rein herangezogen werden können, so besteht die Hoffnung, daß man auch andere wertvolle Speisepilze wird im großen in Kultur nehmen können. Ich denke da an den Hallimasch (*Agaricus melleus*), an den Herrenpilz (*Boletus edulis*), an die Morchel²⁾, an die Trüffel (*Tuber*³⁾) und andere. Am ehesten dürfte dies beim Hallimasch gelingen, den ich auf Brot in Reinkultur bis zum Fruchtkörper ziehen konnte⁴⁾; bei den anderen wird man zunächst die Schwierigkeiten der Keimung der Sporen überwinden müssen, bevor man der Praxis wird Kulturwinke geben können.

12. Ernährungsweisen besonderer Art.

a) Mykorrhiza.

Gräbt man im Walde die Wurzel einer Eiche oder Hasel aus und untersucht man die jungen Auszweigungen, so findet man die Wurzeloberfläche ganz überzogen von Pilzfäden (Fig. 49), die gleich einer Hose die Wurzel umschließen. Diese Wurzelverpilzung wird als Mykorrhiza bezeichnet. Sie kann in zweierlei Formen auftreten: entweder der Pilz umspinnst nur die Oberfläche und dringt höchstens ganz oberflächlich in die Wurzel ein (ektotrophe Mykorrhiza) oder der Pilz breitet sich im Innern der Wurzel,

¹⁾ Champignonzucht in Gläsern als Versuchs- und Lehrobjekt. Gartenflora 1914. Jg. 63, p. 225.

²⁾ GRAMBERG, E., Pilze der Heimat. Leipzig 1913. Hier findet sich die Angabe, daß es MOLLARD u. REPIN gelungen sei, Speisemorcheln (und Morcheln) auf Beeten ähnlich wie Champignons zu züchten.

³⁾ BOULANGER, EM., Notes sur la truffe. 1904—1906. Lonsle-Saunier.

⁴⁾ MOLISCH, H., Leuchtende Pflanzen. 2. Aufl. Jena 1912. p. 40.

und zwar in ganz bestimmten Schichten, aus (endotrophe Mykorrhiza) (Fig. 50). Die Erscheinung der Mykorrhiza, sowohl der ekto- wie der endotrophen, ist viel verbreiteter, als man ursprünglich angenommen hat. Besonders schön entwickelt findet sich die ektotrophe bei fast allen Cupuliferen, Betulaceen, Coniferen und die endotrophe namentlich bei allen untersuchten Orchideen, sowie Ericaceen. Nach STAHL¹⁾, dem wir eine zusammenfassende Übersicht über die Verbreitung der Mykorrhiza verdanken, kommt die Wurzelverpilzung bei der Mehrzahl der höheren Pflanzen regelmäßig oder gelegentlich vor, sie fehlt aber bei allen untergetauchten lebenden und schwimmenden Wasserpflanzen und bei Cypereaceen, Cruciferen, Polypodiaceen und anderen.

Welcher Art die Mykorrhiza bildenden Pilze sind, ist zum großen Teil noch unbekannt. Es scheinen verschiedene Waldschwämme aus den Familien der Agaricaceae, Tuberaeeae, Nectriaceae, Mucorineae und anderen dabei beteiligt zu sein.

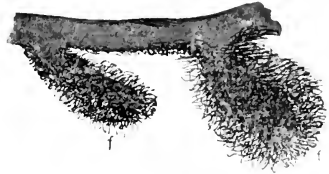


Fig. 49.
Ektotrophe Mykorrhiza von *Corylus avellana*. Die beiden Nebenwurzeln sind von Pilzfäden *f* ganz umspinnen. Vergr. 30. (Original.)

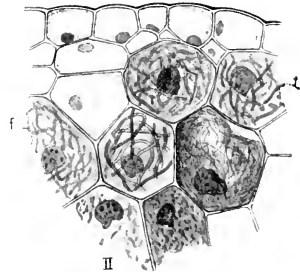
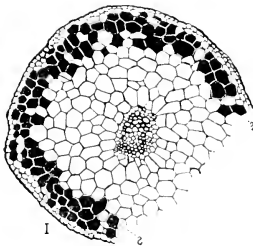


Fig. 50.
Endotrophe Mykorrhiza von *Neottia nidus avis*.

- I. Wurzelquerschnitt. Die schwarz gehaltenen Zellen unter der Oberhaut sind vom Pilz erfüllt. Übersichtsbild. Vergr. 18.
II. Ein Stück des obigen Querschnittes stärker (120) vergrößert. Die in den unter der Oberhaut liegenden Zellen vorhandenen Pilzfäden *f* sind deutlich sichtbar. (Original.)

Allgemein neigt man zur Ansicht hin, daß die Mykorrhiza für die Pflanzen von Nutzen ist, ja für die Orchideen wurde, wie noch erwähnt werden wird, der exakte Nachweis erbracht, daß die Keimung des Samens oder das weitere Wachstum des Keimlings an die Gegenwart des Pilzes gebunden ist.

¹⁾ STAHL, E., Der Sinn der Mykorrhizenbildung. Jahrb. f. wissenschaftl. Bot. Bd. XXXIV, 1900.

Es liegt hier jene Erscheinung vor, die man mit DE BARY¹⁾ als Symbiose bezeichnet, eine Lebensgemeinschaft, in der sich zwei verschiedene Lebewesen zu gegenseitiger Förderung vereinigen. Ein Beispiel einer Symbiose haben wir bereits bei den Leguminosen kennen gelernt (p. 17), die sich zum Zwecke der Assimilation des freien Stickstoffes stets mit Bakterien verbinden und mit ihnen zusammenleben.

Welchen Nutzen die beiden Teilhaber der Mykorrhiza-Genossenschaft voneinander haben, ist bisher nicht mit Sicherheit bekannt. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Bedeutung der ektotrophen Mykorrhiza nicht von derselben Art ist wie die der endotrophen.

Die ektotrophe Mykorrhiza ist für Waldbäume nicht unentbehrlich, denn es konnten Kiefern, Fichten, Lärchen und Buchen in reinem, humusfreien Quarzsand ganz ohne Pilze durch 25 Jahre üppig gezogen werden (NOBBE). Der Pilzmantel übernimmt die Rolle der Wurzelhaare und nimmt das Wasser mit den darin gelösten Salzen auf. Ob auch die organischen Substanzen des Bodens, insbesondere die Humusverbindungen, aufgenommen und für die höhere Pflanze mundgerecht gemacht werden oder ob der Pilz den freien Stickstoff der Atmosphäre bindet oder ob er bei der Beschaffung der Aschensubstanzen, wozu er sich besonders eignet, behilflich ist und dafür von der höheren Pflanze Kohlehydrate und andere Stoffe erhält, wie STAHL wahrscheinlich zu machen suchte, wissen wir derzeit mit Sicherheit nicht.

Auch die Frage nach der Bedeutung der endotrophen Mykorrhiza harret noch der exakten Lösung. Ihre Nützlichkeit ist über jeden Zweifel erhaben, wie aus dem Studium der Orchideenmykorrhiza, deren Kenntnis auch für die Gärtner von großer Wichtigkeit ist, klar hervorgeht.

b) Die Orchideenmykorrhiza und die Anzucht von Orchideen aus Samen.

Die Orchideen, die in den Gärtnereien gezogen werden und bekanntlich zu den kostbarsten Gewächsen gehören, wurden gewöhnlich frisch aus ihrer meist tropischen Heimat eingeführt oder durch Stecklinge vermehrt. Die Anzucht aus Samen war etwas geheimnisvoll, gewöhnlich versagte sie; manche Gärtner aber hatten Glück und konnten aus Samen gewisse Gattungen ziehen. Niemand aber wußte, wie oder warum. Da kam eine wichtige Entdeckung. Der Franzose BERNARD²⁾ wies auf die nie fehlende Mykorrhiza der Orchideen hin, konnte die Pilze verschiedener Orchideen unabhängig von der Pflanze in reiner Form zur Entwicklung bringen und schon 1903 zeigen, daß die Existenz der Orchideen an die Anwesenheit des Pilzes gebunden ist. Entweder es findet die Keimung überhaupt nur unter dem Einflusse des Pilzes statt oder der Same keimt zwar ohne Pilz, aber die weitere Entwicklung des Keimlings erscheint an den Pilz gebunden. BERNARD gewann den Wurzelpilz aus *Cattleya*, *Cypripedium*, *Spiranthes*, *Odontoglossum*, *Phalaenopsis* und anderen. Die Pilze sind zwar in ihren Eigenschaften nicht identisch, gehören aber wahrscheinlich alle der Gattung *Rhizoctonia* an.

¹⁾ DE BARY, Die Erscheinung der Symbiose. Straßburg 1879.

²⁾ BERNARD, N., Recherches expérimentales sur les Orchidées. Rev. gén. de Bot. 1904.

Später wurden BERNARDS Ergebnisse im wesentlichen von BURGEFF¹⁾ bestätigt und nach verschiedenen Seiten vertieft und erweitert.

Die Samen der Orchideen sind außerordentlich klein. Sie bestehen aus einer Samenschale, innerhalb welcher der nur aus wenigen Zellen bestehende Embryo oder Keimling eingeschlossen liegt. Der Same enthält kein Nährgewebe, und an dem Embryo bemerkt man keine Wurzel und keine Keimblätter. Viele Keimlinge besitzen einen stielartigen Fortsatz. Er bezeichnet am reifen Samen die Stelle, wo der Pilz eindringt. Der einem feuchten Ort aufliegende Same nimmt Wasser auf und quillt. Gewisse Zellen scheiden am Grunde des Fortsatzes Stoffe aus, die den in der Nähe befindlichen Pilz anlocken, worauf er durch bestimmte Zellen, die Einlaßzellen, in den Samen eindringt (Fig. 51).

An dieses Eindringen des Pilzes ist die Keimung oft gebunden, doch kann bei gewissen Orchideen zwar die Keimung ohne Pilz erfolgen, allein, wenn der Pilz dann nicht eindringt, geht der Keimling zugrunde. Entwickelt sich der Keimling nach der Pilzinfektion weiter, so nimmt er die Gestalt eines etwas gestreckten Kreisels an, der seitlich lange Haare entwickelt, die wie Wurzelhaare der Wasseraufnahme dienen (Fig. 51c). Im unteren Ende des Keimlings (in der Figur 51c dunkel schraffiert) breitet sich der Pilz immer mehr aus, am oberen Ende entstehen Blattanlagen und im Verlaufe des 3. und 4. Monats bricht bei *Cattleya*, *Odontoglossum* und *Vanda* die erste Wurzel hervor, der bald weitere folgen. Auch die Wurzeln werden verpilzt, die Stammorgane aber bleiben frei davon. —

Es ist nach STAHL und BURGEFF wahrscheinlich, daß die Bedeutung

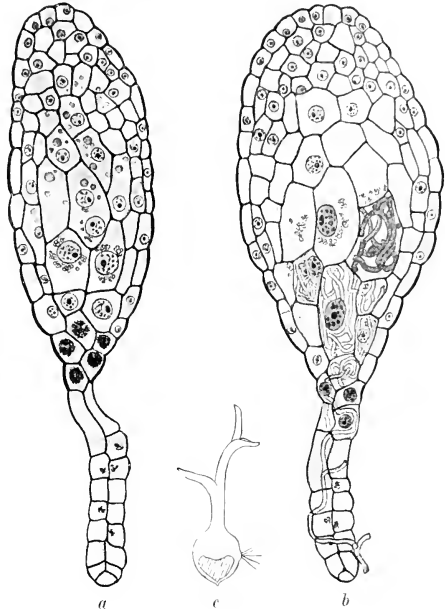


Fig. 51.

Gequollener (a) und infizierter (b) Keimling von *Laelio-Cattleya*. Vergr. ca. 170 (halb schematisch). c 3½ Monate alter Keimling von *Epidendrum spec.* Nach BURGEFF.

¹⁾ BURGEFF, H., Die Wurzelpilze der Orchideen, ihre Kultur und ihr Leben in der Pflanze. Jena 1903.

des Pilzes für die Pflanze in ihrer Ernährung liegt. Der Pilz verschafft, da die Orchideen im allgemeinen nur ein schwach entwickeltes Wurzelsystem haben und überdies sehr wenig transpirieren, die notwendigen Nährsalze und macht die organische Substanz des Nährbodens zugänglich. —

Wenn der Pilz für das Aufkommen der Orchidee von so ausschlaggebender Bedeutung ist und die gewöhnliche Anzucht von Orchideen aus Samen meist zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt hat, da man das Zusammentreffen der Orchideen mit dem Pilz dem Zufall überließ, so war nunmehr der Weg für eine rationelle Kultur klar vorgezeichnet: der reine Same mußte mit dem reinen Pilz zusammengebracht, die Symbiose mußte künstlich zustande gebracht werden.

Zu diesem Zwecke muß der Pilz aus den Wurzeln der Orchideen isoliert und rein gezüchtet und der Same möglichst rein aus der Samenkapsel gewonnen werden. Wie man dabei des näheren vorzugehen hat, hat BURGEFF in einem besonderen Buche¹⁾, das sich auch an die Praktiker wendet, ausführlich dargestellt. Nur das Allerwesentlichste sei daraus angedeutet.

Isolierung des Pilzes. Junge verpilzte Wurzeln werden zunächst oberflächlich unter dem Strahl der Wasserleitung von Erde gründlich gereinigt, mit Pinsel und Seife gewaschen, mit sterilisiertem (d. h. durch Kochen keimfrei gemachten) Wasser abgespült und in einer reinen Glasschale auf steriles Fließpapier aufgelegt. Nun reinige man das Mikroskop mit einem Bäuschchen Wolle und Benzin und lege einen sterilen Objektträger mit einem sterilen Wassertropfen auf den Mikroskoptisch. Dann nehme man ein etwa 10 cm langes, in der angegebenen Weise gereinigtes Wurzelstück zwischen den aseptischen Daumen und Zeigefinger, entferne noch einmal die alten Schnittflächen, stelle mit dem abgeflammtten Messer Längsschnitte von der Wurzel her und bringe sie in den Wassertropfen unter das Mikroskop. Ist ein Schnitt mit lebendem Pilzmycel gefunden, so halte man, durch das Mikroskop schauend, mit einer Nadel den Schnitt in der Mitte fest und schneide rasch die Oberhaut, der die meisten Bakterien anhaften, herunter. Nun werden mehrere Zellen des verpilzten Gewebes herausgerissen und tunlichst rasch auf den Boden einer Kulturschale in das Nährsubstrat übertragen. Hier wachsen die Pilze aus dem Gewebe in die Umgebung heraus und von den Randhyphen kann nach 8—14 Tagen mit einer sterilen Platinnadel abgeimpft werden, wodurch man, eventuell nach mehrfacher Wiederholung dieses Vorganges, schließlich zu tadellosen Reinkulturen gelangt.

Als Nährsubstrat verwendet BURGEFF folgende Nährlösung:

- 1 g KH_2PO_4 (Monokaliumphosphat),
- 0,5 g NH_2Cl (Ammoniumchlorid),
- 0,1 g CaCl_2 (Chlorkalzium),
- 0,1 g NaCl (Chlornatrium),
- 0,3 g $\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ (Magnesiumsulfat),
- 0,01 g Fe_2Cl_6 (Eisenchlorid),

1000 g dest. Wasser (oder noch besser reines Regenwasser).

der noch 15 g Agar und je nach Bedarf 0,5—5 g Stärke zugesetzt wird.

Als Kulturgefäße dienen größere Glasröhren (20:2 cm), in denen man die sterilisierte Nährlösung bei schiefer Lage der Röhre erstarren läßt. Auch Glaskolben lassen sich, wenn man mehr Pflanzen kultivieren will, mit Vorteil verwenden.

¹⁾ BURGEFF, H., Die Anzucht tropischer Orchideen aus Samen. Jena 1911.
Vgl. auch SCHLECHTER, R., Die Orchideen usw. Berlin 1915. p. 761.

Aussäen der Samen. Hat man passende Pilzkulturen vorrätig, so besteht die nächste Aufgabe darin, die Samen aus der Fruchtkapsel möglichst aseptisch zu gewinnen. Indes ist, wie die Erfahrung gelehrt, die aseptische Gewinnung bei vielen Orchideen nicht gerade notwendig, vorausgesetzt, daß man die Vorsicht gebrannt, den Pilz einige Wochen früher in das Kulturgefäß zu bringen als den Samen. Hat nämlich



Fig. 52.

Miltonia × *Odontoglossum*.

8 Monate alte Pflänzchen in einem Kolben auf Nähragar rein kultiviert.
 $\frac{3}{4}$ natürl. Größe. Nach BURGEFF.

der Pilz den Nährboden nach allen Richtungen durchwachsen, so hat er ihn durch saure und andere Ausscheidungen für fremde, durch die Samen hineingebrachte Pilzkeime ziemlich untauglich gemacht und die Keimung der Orchideensamen wird dann wenig oder gar nicht gestört.

Zwei bis drei Wochen nach Übertragung der Samen zu den Pilzkulturen beginnen die Orchideensamen zu keimen und wenn sie eine gewisse Größe erreicht haben, können sie entweder wieder in Röhren und Kolben oder schon auf ihr natürliches Substrat übertragen werden. Fig. 52 zeigt eine Kolbenkultur.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Anzucht von Orchideen aus Samen in der Praxis vielfach auf Schwierigkeiten stieß und daß viele gärtnerisch wichtige Gattungen wie *Vanda*, *Phalaenopsis* und *Oncidium* bisher nach der in der Gärtnerei üblichen Methodik aus Samen überhaupt nicht gezogen worden sind. Nun aber, da wir die Bedeutung der Mykorrhiza für die Orchideen kennen, besteht die berechnete Hoffnung, daß auch bei diesen kapriziösen Gattungen die Zucht aus Samen gelingen dürfte, wenn man nur dafür sorgen wird, daß auch der Pilz mit den Samen in Berührung kommt. BURGEFF empfiehlt daher das Sphagnum, welches bei der Orchideenkultur mit Vorliebe verwendet wird, zuerst mit dem reingezüchteten Orchideenpilz zu infizieren und dann, sobald der Pilz das Moos durchwuchert hat, den Samen auszusäen. Diese Methode der Aussaat im Gewächshause auf pilzdurchwucherten Substraten führte selbst bei so schwer zu kultivierenden Gattungen wie *Phalaenopsis*, *Oncidium* und anderen zu ausgezeichneten Resultaten.

Wenn man die Untersuchungen BERNARDS und BURGEFFS über die Kultur der Orchideen auf Grund ihrer wichtigen Forschungsergebnisse verfolgt, so empfindet man zweifellos einen hohen Grad von Befriedigung. Der Eingeweihte kann sich aber des Gedankens nicht erwehren, daß das beschriebene Kulturverfahren zwar einem geschulten Bakteriologen oder Forscher, der die bakteriologische Technik und die Methodik der Reinkultur beherrscht, keine Schwierigkeit macht, für den Gärtner aber zu kompliziert und ohne eine längere gründliche Schulung, die ihn doch ziemlich stark aus seiner Beschäftigung herausreißt, fast undurchführbar erscheint. Hingegen klingt ein Vorschlag BURGEFFS sehr verheißungsvoll, der dahin geht, eine Zentralstation zu errichten, die sich unter anderem mit der Reinkultur der Pilze und der Anzucht der Sämlinge zu beschäftigen hätte, um die Gärtner mit den reingezüchteten Orchideen-Pilzen und jungen Pflänzchen zu versorgen. Ob sich die Gärtner die wissenschaftliche Methodik aneignen werden, bleibt abzuwarten. Es ist jedoch in hohem Grade wahrscheinlich, daß, wenn die Gärtner sich das eine stets vor Augen halten, daß die Existenz der Orchideen an die Gegenwart eines Pilzes geknüpft ist, sie manche neue Erfolge auch ohne Reinkulturen erzielen werden. Die schönen Ergebnisse, die HEFKA¹⁾ insbesondere mit der Kultur von Hunderttausenden von *Cattleya* und *Laelia* in Schönbrunn (Wien) erzielt hat, waren ohne Rücksichtnahme auf den Pilz gewonnen worden, offenbar weil der passende Pilz zufällig in dem verwendeten Bodenmaterial vorhanden war. Wird man nun in der Gärtnerei absichtlich das Bodensubstrat (Sphagnum, Föhrenholzsägemehl usw.) mit den Wurzeln oder den Böden der Mutterstöcke infizieren, dann wird man vielleicht bei geschickter Kultur in vielen Fällen auch ohne Reinkultur auskommen und zum Ziele gelangen. —

Gewisse Pflanzen wurden in Gärtnereien bisher nicht kultiviert, obwohl es an einschlägigen Versuchen gewiß nicht gefehlt hat. So vermißt man in den Gärten unfern die meisten *Enzian*-Arten, *Pirola*-Arten und ebenso die *Lycopodium*-, *Botrychium* und *Ophioglossum*-Arten. Ihre Kultur scheint, von Ausnahmen abgesehen, unüberwindliche Schwierig-

¹⁾ HEFKA, A., *Cattleya* und *Laelia*. Wien 1914.

LEDIEN, F., Die Hybridisation und Anzucht der tropischen Orchideen aus Samen. MÖLLERS Deutsche Gärtner-Zeitung 1907.

keiten zu bieten. Vielleicht spielt die Mykorrhiza, die sich bei den genannten Pflanzen regelmäßig vorfindet, eine wesentliche Rolle und es steht, falls die geäußerte Vermutung richtig ist, zu erwarten, daß vielleicht dann, wenn man sich die neuen Erfahrungen der Orchideensämlingszucht in ihrer Beziehung zur Mykorrhiza zunutze macht, auch die Kultur dieser erwähnten Gewächse gelingen wird.

e) Verschiedene saprophytisch oder parasitisch lebende Blütenpflanzen.

Neben den Mykorrhiza führenden grünen Blütenpflanzen gibt es auch vollständig chlorophyllose oder sehr chlorophyllarme Phanerogamen, deren Ernährung schon wegen ihres Chlorophyllmangels eine von den grünen Pflanzen abweichende sein muß. Ebenso wie die Pilze sind auch sie auf organische Nahrung angewiesen und diese beziehen sie entweder als Saprophyten aus toter organischer Substanz oder als Parasiten direkt aus anderen Lebewesen.

Monotropa Hypopitys, der Fichtenspargel, der im Humus der Buchen- und Fichtenwälder lebt, entbehrt vollständig des Chlorophylls und lebt wahrscheinlich mit Hilfe seiner nie fehlenden Mykorrhiza von der organischen Substanz des Waldbodens.

Die chlorophyllfreie Schuppenwurz, *Lathraea squamaria*, hingegen ist ein echter Parasit und dasselbe gilt von der chlorophyllarmen Orobanche, von der Kleeseide *Cuscuta*, den tropischen *Rafflesiaceen* und *Balanophoren*.

Von Interesse erscheint, daß manche Blütenpflanzen trotz ihres ziemlich reichen Chlorophyllgehaltes sich dennoch eine parasitische Lebensweise angewöhnt haben wie die *Scrophulariaceen* *Euphrasia*, *Alectorolophus*, *Bartschia*, *Pedicularis*, *Melampyrum* und *Tozzia*, ferner die *Santalaceen* *Thesium* und *Osyris* und endlich die überaus chlorophyllreichen *Loranthaceen* *Viscum* und *Loranthus*. Die Mehrzahl der erwähnten *Scrophulariaceen* kann auch ohne Wirtspflanze keimen und eine gewisse Entwicklung durchmachen, aber festgesiedelt auf einem Wirt, geht es ihnen entschieden besser, obwohl sie mit ihren grünen Blättern kräftig Kohlensäure zu assimilieren vermögen. Man hat sie daher auch Halbschmarotzer oder Halbparasiten genannt. Die Lebensgeschichte dieser Pflanzen hat namentlich durch HEINRICHER eine gründliche Bearbeitung erfahren, auf die hier hingewiesen wird¹⁾.

Der Schwerpunkt des Parasitismus der grünen Halbschmarotzer liegt nach HEINRICHER hauptsächlich darin, daß die rohen Nahrungsstoffe, also die Mineralsalze, durch Einbruch in die Wurzeln der Wirtspflanzen gewonnen werden. Hierfür spricht unter anderem, daß das Wurzelwerk und die Wurzelhaare der meisten grünen Halbschmarotzer wenig entwickelt erscheinen.

Manche von den Halbparasiten bieten soviel Belehrendes und Interessantes dar, daß sie auch in der Gärtnerei Beachtung verdienen. Vielleicht wäre die Kultur von den Gärtnern schon in Angriff genommen worden, wenn sie in der Literatur eine gute Anleitung hierzu vorgefunden

¹⁾ HEINRICHER, E., Die grünen Halbschmarotzer I, II, IV, Jahrb. f. wissen. Bot. 1897, 1898, 1902.

Vgl. auch WETTSTEIN, R. v., Monographie der Gattung *Euphrasia*, 1896, p. 24.

hätten. An einer solchen hat es bisher gefehlt; diese Lücke wurde aber jüngst in dankenswerter Weise durch die Herausgabe eines Buches¹⁾ von HEINRICHER ausgefüllt, der sich mit seinen Erfahrungen auch an die Praktiker wendet. Den Gärtnern werden darin hauptsächlich zwei Pflanzen empfohlen, *Melampyrum arvense* und *Phelipaea Biebersteinii*.



Fig. 53.

Melampyrum arvense L. auf Hasel. Nach HEINRICHER.

Die genannte *Melampyrum*-Art wirkt schon vor der Blüte dekorativ, da sich die Schöpfe der die Blütenstände umhüllenden Deckblätter rot verfärben. Sie gedeiht ausgezeichnet auf dem Hirtentäschchen, *Capsella bursa pastoris*, aber auch auf der Weide, Hasel, Grauerle und Fichte. Die Fig. 53 zeigt eine Kultur auf der Hasel. —

¹⁾ HEINRICHER, E., Die Aufzucht und Kultur der parasitischen Samenpflanzen. Jena 1910.

Einen ganz eigenartigen Anblick gewährt auch die Kultur der *Phelipaea Biebersteinii* auf *Centaurea dealbata*. *Phelipaea* ist eine in der Krim, in Kleinasien und dem Kaukasus vorkommende Orobanchacee, deren Triebe mit einer endständigen, langandauernden Blüte abschließen, die mit ihrer dem Feldmohn ähnlichen Färbung und mit ihrem schwarzen oder schwarzbraunen Fleck auf der Unterlippe sehr effektiv wirkt (Figur 54).



Fig. 54.

Phelipaea Biebersteinii Fisch. auf *Centaurea dealbata*
Willd. Nach HEINRICHER.

Die tiefgrünen Loranthaceen leben trotz ihres reichen Chlorophyllgehaltes streng parasitisch auf Bäumen. *Loranthus europaeus* auf alten Eichen und Edelkastanien und *Viscum album* auf Pappeln, Ahorn, Apfelbäumen, Föhren u. a. Obwohl die Mistel auf einer großen Zahl von Laub- und Nadelbäumen bekannt ist und die auf verschiedenen Bäumen auftretenden Individuen durch gestaltliche Besonderheiten nicht unterscheidbar sind, so lassen sich doch drei ernährungsphysiologische Rassen aufstellen: die Laubholz-, die Kiefern- und die Tannenmistel¹⁾. Die Laubholzmistel kann sich nicht auf Nadelhölzern und die Nadelholzmistel in der Regel nicht auf Laubholz entwickeln. Auch hat man beobachtet, daß die Kiefernmistel nicht auf die Tanne und die Tannenmistel nicht auf die Kiefer übergeht. Wer also Misteln ziehen will, tut gut daran, die Samen auf jenen Baumarten auszuliegen, denen die Mistelbeeren entnommen wurden. Also die Samen der Apfelmistel auf Apfelbäume, die der Lindenmistel auf Linden usw.

Da die Loranthaceen reichlich Chlorophyll enthalten und kräftig Kohlensäure assimilieren, so erscheint es von vornherein möglich, daß sie

¹⁾ TUBEUF, C. v., Die Varietäten oder Rassen der Mistel. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft. 1907. p. 321—341.

Derselbe, Über die Begrenzung der Mistelrassen u. die Disposition ihrer Wirtspflanzen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 27. Bd. (1917) p. 241.

HEINRICHER, E., Zur Frage über ernährungsphysiologische Arten oder Rassen der Mistel. Ebenda p. 364.

MOEWES, F., Die Mistel. In „Naturdenkmäler“ Bd. 2, 6/7, Heft 16/17, Berlin 1918.

der Hauptsache nach nur Wasser und die darin gelösten mineralischen Nährsalze dem Wirt entnehmen.

Um dieser Frage näher zu treten, habe ich vor mehreren Jahren 6 dreijährige Zwergapfelbäumchen mit *Viscum*-Samen besät. Das Wachstum des



Fig. 55.

Apfelbäumchen mit 4jährigen *Viscum*-Pflänzchen besiedelt. Als die *Viscum*-Pflänzchen im dritten Jahre standen, wurden dem Apfelbäumchen alle Seitenäste und Blätter genommen, so daß seither *Viscum* die organische Nahrung für sich und das Apfelbäumchen allein bereitet und nur die mineralische Nahrung durch das Apfelbäumchen bezieht. (Original.)

Viscum-Keimlings ist bekanntlich in den ersten 2 Jahren sehr langsam, wird aber in den folgenden Jahren ausgiebiger. Als ich nun drei Jahre nach der Einleitung des Versuchs, im Frühjahr 1914, vor dem Austreiben sämtliche Äste bei 4 Apfelbäumchen bis auf den Hauptstamm abschchnitt, so daß nun die jungen *Viscum*-Pflänzchen gewissermaßen die Krone des Apfelstammes bildeten, wuchsen die Misteln relativ üppig im Verhältnis zu denen auf den nicht beschnittenen Bäumchen. Man könnte einwenden, daß vielleicht das unter der Rinde des Apfelstammes liegende chlorophyllhaltige Gewebe durch Assimilation organische Substanz erzeugt, von der sich *Viscum* erhält, allein der Versuch fiel ebenso aus, als ich bei einzelnen Versuchspflanzen die Rinde des Apfelstammes durch schwarzes Papier, das, wenn nötig, gewechselt wurde, vor Licht schützte. Die Figur 55 zeigt ein solches 6jähriges Apfelbäumchen, das als Krone 4jährige *Viscum*-Pflanzen trägt. Würden sich die Mistelpflanzen dauernd auf dem Apfelbäumchen erhalten, so könnte man daraus schließen, daß sie sich wie ein dem Apfelbaum aufgepfropft Reis verhalten und nur die Mineralsalze und Wasser aus der Unterlage beziehen, die organischen Stoffe sich aber selbst bereiten. Gegen meine Erwartung begannen aber im nächsten, d. i. also im 2. Jahre nach der Entfernung der

Apfeläste bei allen 4 Bäumchen die Stämme von oben nach unten allmählich samt den *Viscum*-Pflanzen zu vertrocknen und ganz abzustorben, während die beiden Kontrollpflanzen noch gesund und üppig waren.

Diese Versuche scheinen, wenn auch vorläufig noch gering an Zahl, dafür zu sprechen, daß *Viscum* sich auf Apfelbäumchen nur dann gesund erhält, wenn dem Wirt gleichzeitig seine Äste belassen werden. Die Mistel scheint also nicht bloß Wasser und Mineralsalze, sondern auch organische Stoffe aus der Unterlage zu beziehen.

Damit steht auch die Tatsache in Übereinstimmung, daß es nicht gelingt, *Viscum*stecklinge in mineralischer Nährlösung zur weiteren Entwicklung zu bringen.

Einen ähnlichen Versuch machte auch HEINRICHER¹⁾. Er bepflanzte im Jahre 1907 den Stamm eines Lindenbäumchens mit *Viscum* und schnitt im März 1912 die ganze Lindenkrone ab, so daß nur der Hauptstamm mit den Misteln übrig blieb. Die Misteln gediehen unter diesen Umständen großartig, doch starb der Lindenstamm mit den Parasiten im Frühjahr 1913 ab. Der Versuch lehrte also dasselbe wie meine Apfelbaumexperimente.

Vom Baume abgelöste *Viscum*büschel bilden nicht bloß in England, sondern auch in anderen Ländern zur Weihnachtszeit einen begehrenswerten Artikel. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß im Topfe gezogene Apfelbäumchen, besiedelt mit *Viscum*, ein Verkaufsartikel werden könnten, der dem Publikum willkommen wäre. Man wird vielleicht einwenden, daß die Kulturen wegen des langsamen Wachstums der Mistel zu lange Zeit in Anspruch nehmen. Das ist allerdings richtig, denn schöne Verkaufspflanzen würden immerhin einer 5–7 jährigen Kultur bedürfen. Dann muß eben die Mühe durch einen entsprechend höheren Preis hereingebracht werden, denn ähnlich ist es ja auch bei anderen wertvollen Pflanzen, z. B. bei den tropischen Orchideen, die trotz ihres hohen Preises immer ihre Liebhaber finden.

Eine vortreffliche, auf vielfachen eigenen Erfahrungen beruhende Anleitung für gärtnerische Zwecke, Misteln auf verschiedenen Unterlagen zu ziehen, verdanken wir v. TUBEUF²⁾.

d) Die insekten- oder fleischfressenden Pflanzen³⁾

bieten eine der auffälligsten Erscheinungen auf dem Gebiete der Ernährung der Pflanzen. Man muß wohl zwischen bloß tierfangenden und insektenverdauenden Pflanzen unterscheiden. Es gibt nämlich auch Gewächse, die zwar Tiere festhalten, aber nicht verdauen können. Die Pechmelke (*Lychnis viscaria*), das Leimkraut (*Silene nutans*) und der drüsige Salbei (*Salvia glutinosa*) gehören hierher. Bei der Pechmelke und dem Leimkraut bleiben kleine aufkriechende Insekten an den namentlich in der Blütenregion auftretenden Ausscheidungen des Stengels wie an einer Leimspindel kleben. Reichlich gefangene Fliegen beobachtete ich auch an der klebrigen Blumenkrone von *Erica MacNabiana*. Die Tiere sterben hier, werden aber von der Pflanze nicht verdaut. Die Zahl der auf diese Weise gefangenen Tiere ist bei manchen dieser Pflanzen eine ganz enorme. Ich habe einmal an einem kräftigen Exemplar der *Salvia glutinosa*, die in einem Holzschlag starker Sonne und einem starken Anflug von Insekten ausgesetzt war, an den am Stengel und an den Blättern reichlich vor-

¹⁾ HEINRICHER, E., Bei der Kultur von Misteln beobachtete Korrelationserscheinungen usw. Sitzber. d. Kais. Wiener Akad. Math.-naturw. Kl. Bd. CXXII. Abt. I. 1913, p. 1259.

²⁾ TUBEUF, v., Gärtnerische Kultur der Mistel. Mitteilg. d. deutsch. dendrologischen Ges. 1917, p. 188–196.

³⁾ Vgl. das umfassende Werk von DARWIN, Ch., Insektenfressende Pflanzen. Deutsch von CARUS. Stuttgart 1876.

DRUDE, D., Die insektenfressenden Pflanzen. In SCHENCKS Handbuch der Botanik I. Bd., 1881, p. 113.

GOEBEL, K., Pflanzenbiol. Schilderungen, I. Teil, V. Insektivoren, Marburg 1889.

Ferner: WAGNER A., Die fleischfressenden Pflanzen. Aus Natur u. Geisteswelt. Bd. 344. 1911.

handenen, klebrigen Drüsenhaaren etwa 700 kleine Fliegen klebend vorgefunden. Doch dies sind keine insektenfressenden Pflanzen, denn zum Begriff einer solchen gehört, daß die Tiere nicht bloß gefangen, sondern auch verdaut werden.

Ausgestattet mit bewundernswerten, nach ganz verschiedenen Typen gebauten Fangapparaten, scheiden sie eiweißlösende Stoffe (Pepsin) aus, die, unterstützt von sauren Substanzen, die Weichteile der Tiere verflüssigen und diese gelösten Stoffe durch die Oberfläche der Fangapparate aufnehmen. Die insektenfressenden Pflanzen haben gewöhnlich schwach entwickelte oder in seltenen Fällen gar keine Wurzeln (*Utricularia*), leben häufig auf nährstoffarmem Boden und erhalten daher durch die verdauten Tiere unter anderem einen höchst wertvollen Zusehuß an Phosphor, Kali und Stickstoff.

Da verschiedene Gattungen, allen voran *Nepenthes* und *Sarracenia*, auch in unseren Gewächshäusern gezogen werden und in physiologischer Beziehung ein ganz besonderes Interesse darbieten, so soll hier das Wesentliche über fleischfressende Pflanzen mitgeteilt werden.

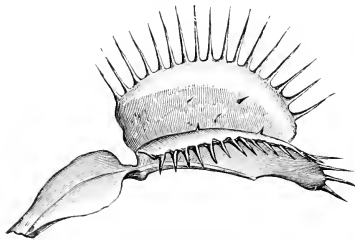


Fig. 56.
Dionaea muscipula, Blatt. Auf jeder
Blattspreitenhälfte je 3 reizbare Borsten.
4fache Vergr. Nach DARWIN.

Ihre Zahl ist keine große, sie beläuft sich auf etwa 15 Gattungen mit etwa 350 Arten, die sich auf die 5 Familien der *Droseraceae*, *Cephalotaceae*, *Nepenthaceae*, *Sarraceniaceae* und *Lentibulariaceae* verteilen. — *Dionaea muscipula*. Die älteste Angabe über eine fleischfressende Pflanze findet sich in einem vom Jahre 1769 datierten Bericht des englischen Naturforschers JOHN ELLIS

an den Botaniker LINNÉ, in welchem er über die in Nord- und Süd-Carolina vorkommende Venusfliegenfalle (*Dionaea*) folgendes schreibt:

„Die Pflanze hingegen, von welcher ich Ihnen hierbei eine genaue Abbildung nebst einigen getrockneten Blättern und Blumen überreiche, gibt zu erkennen, daß die Natur vielleicht einiges Absehen auf ihre Ernährung, bei der Bildung ihrer Blätter, gehabt haben möge. Der obere Teil derselben stellt ein Werkzeug zum Fange einer Art Nahrungsmittel vor, auf dessen Mitte die Lockspeise für das unglückliche, zum Raube ausersehene Insekt liegt. Viele kleine rote Drüsen, die die obere Fläche des Blattes bedecken, und einen vielleicht süßen Saft ausschwitzen, locken das Tierchen, an demselben zu kosten; in dem Augenblicke, da dessen Füße diese zarten Teile berühren, werden die zween Lappen des Blattes durch den Reiz in Bewegung gesetzt, schlagen einwärts zusammen, fassen das Tierchen, legen die Stacheln am Rande ineinander, und drücken das Tierchen tot.“

Wenn auch diese Schilderung einige Unrichtigkeiten enthält, so macht sie doch schon auf die für eine Pflanze ungewöhnlich rasche Bewegung, auf den Insektenfang und auf die Verwertung der Tiere zur Ernährung aufmerksam.

Die *Dionaea* ist ein kleines krautiges Pflänzchen mit einer Blattrosette,

aus der sich ein unscheinbarer, weiße Blüten tragender Blütenschaft erhebt. Das Blatt (siehe Fig. 56) besteht aus einem geflügelten Blattstiel und aus einer aus zwei Hälften sich zusammensetzenden Spreite. Jede dieser Hälften ist am Rande mit Fransen besetzt und trägt mehr gegen die Mitte zu je 3 gegen Berührung höchst empfindliche Borsten. Sowie ein Insekt sich auf der Spreite niederläßt und die Borsten berührt, klappt das Blatt plötzlich zusammen, wobei die Randfransen wie die Finger zweier ineinander gefalteter Hände übereinander greifen, und hält das Tier fest. Je mehr das Insekt sich bemüht zu entkommen, desto inniger schmiegen sich die Blatthälften an, oft so stark, daß der Darminhalt des Tieres sich über die Spreite ergießt. Hier befinden sich hunderte kleiner Drüsen, die, von den tierischen Säften gereizt, einen eiweißlösenden Stoff, das Ferment Pepsin und eine Säure ausscheiden, wodurch die Weichteile des Tieres verdaut werden, gerade so wie es in unserem Magen mit

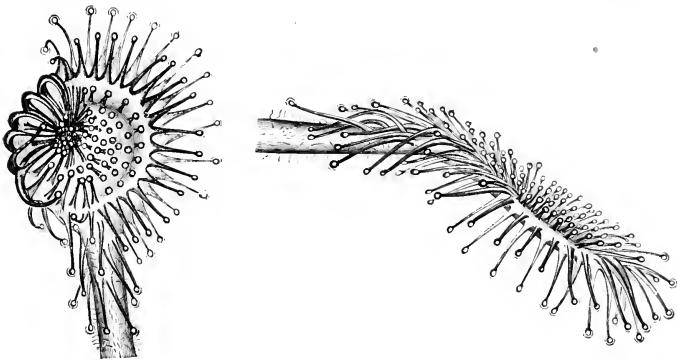


Fig. 57.

Drosera rotundifolia. Zwei Blätter; rechts. Blatt von der Seite gesehen, mit unge reizten Tentakeln. Links, Blatt von oben gesehen, links mit gereizten, eingebogenen Tentakeln. 4 mal vergr. Nach DARWIN.

dem Eiweiß geschieht. Nach der Aufnahme des gelösten Eiweißes durch die Blattoberfläche öffnet sich wieder das Blatt, die darauf zurückgebliebenen, unverdaulichen Reste werden von Wind und Regen weggeschwemmt und das Blatt ist dann vom neuen zum Fang bereit. —

Die vorhin erwähnten Fühlborsten zeichnen sich, wie bereits erwähnt, durch außerordentliche Reizbarkeit aus und können mit Recht als Sinnesorgane zur Aufnahme mechanischer Reize bezeichnet werden. Die Fühlborste läßt nahe dem Grunde eine aus größeren und von der Umgebung abweichend gestalteten Zellen bestehende Zone, das „Gelenk“ erkennen, die als die eigentlich reizempfindliche Stelle bezeichnet werden darf. Die Spitze der Borste wirkt gleich einem steifen Hebelarm, der den aufgenommenen Druck auf das Gelenk überträgt.

Drosera. Die ähnlich wie die *Dionaea* im Torfmoos der Moore lebende *Drosera rotundifolia*, der Sonnentau, gehört unserer heimischen Flora an. Auch dieser stellt eine kleine krautige Pflanze mit einer Blattrosette dar,

die aber den Insektenfang in ganz anderer Weise vollführt als die *Dionaea*.

Das Droserablatt (Fig. 57) ähnelt einem runden, gestielten Fächer, dessen Oberseite mit zahlreichen Tentakeln, d. h. mit gestielten Köpfchen-Drüsen versehen ist, die an der Spitze ein ungemein klebriges, wasserklares Sekret ab scheiden. Fliegt ein Insekt an, so bleibt es an dem Sekret wie auf einer Leinwand haften. Bei seinen Versuchen, sich zu befreien, kommt es noch mit anderen Tentakeln in Berührung, beschmiert sich immer mehr



Fig. 58.
Nepenthes robusta. Gewächshauspflanze.
 $\frac{1}{9}$ natürl. Größe. Nach SCHENK.



Fig. 59.
Nepenthes sp. Blatt-
kanne. Im Grunde der
Kanne, aus der ein Stück
herausgeschnitten ge-
dacht ist, steht die von
Blattdrüsen ausgeschie-
dene Flüssigkeit *P*, in der
hineingefallene Tiere ver-
daut werden. $\frac{1}{2}$ nat. Gr.
Nach NOLL.

mit der klebrigen Masse und wird dadurch nur um so mehr festgehalten. Von dem Insekt mechanisch und auch chemisch gereizt, krümmt sich das Tentakel langsam über den Insektenkörper nach einwärts. Dieser Reiz kann sich auf die zunächst liegenden und schließlich auf alle Tentakeln eines Blattes übertragen, so daß sich schließlich alle Tentakeln über den Körper des Insektes neigen und es mit ihren Köpfchen förmlich bedecken. Auch hier vermittelt das in dem nach der Reizung ausgeschiedenen Sekret vorhandene Pepsin und eine Säure die Verflüssigung und Verdauung des Eiweißes der gefangenen Tiere. Ist sie beendet, so kehren die Drüsen wieder langsam in ihre frühere Lage zurück.

Werden chemisch indifferente Körper wie Glasfäden oder Haare aufgelegt, so findet zwar auch eine Einkrümmung der Tentakel statt, aber sie geht alsbald wieder zurück.

Nepenthes. Ein ganz anderes Prinzip des Tierfanges erscheint bei den Kannenpflanzen verwirklicht (Fig. 58). Diese sind tropische Urwaldbewohner, die meist auf Holzgewächsen mittels Blattstielranken emporklettern und von hier ihre Kannen herabhängen lassen. Das zur Tierfalle umgewandelte Blatt besteht aus einem basalen laubartigen, einem stiel-

ähnlichen nach Art der Ranken reizbaren Teil, der eigentlichen krugartigen Kanne, die verschiedene Größe hat, bei einer Bewohnerin Borneos sogar bis 40 cm lang werden kann, und dem die Öffnung der Kanne bedeckenden Deckel (Fig. 59). Die Kanne entspricht dem Oberblatt, die Ranke dem Blattstiel und die Spreite dem Blattgrund. Der häufig auffallend gefärbte Rand der Öffnung bildet eine Art Ring und scheidet ebenso wie die Unterseite des Krugdeckels aus Nektardrüsen reichlich Honig ab, der zahlreiche Insekten anlockt. Die innere Oberfläche der Kanne läßt zwei Zonen unterscheiden, eine obere, durch Wachs ungemein glatte Gleitzone und eine untere tieferliegende, durch tausende Verdauungsdrüsen ausgezeichnete Drüsenzzone. Unter normalen Verhältnissen ist der untere Teil der Kannen von ausgeschiedener Flüssigkeit erfüllt. Die an dem Rand der Öffnung landenden Insekten naschen von dem ausgeschiedenen Nektar, geraten bis zur Gleitzone, gleiten hier ab und stürzen in die Tiefe, wo sie ertrinken. Die tierische Substanz übt auf die Verdauungsdrüsen einen Reiz aus. Sie sondern daraufhin Pepsin und Säure ab, die die Verdauung der Tiere besorgen. Die Gärtner klagen oft darüber, daß die Kannenpflanzen in den Gewächshäusern nicht recht gedeihen und an den Blättern häufig keine Kannen ausbilden. Demgegenüber sei bemerkt, daß *Nepenthes* weiches Wasser liebt und durch hartes, kalkreiches geschädigt wird. Ferner lehrt die Erfahrung, daß die Blätter, die mit ihrem rankenartigen Teil keine Stütze erreichen, gewöhnlich nicht geneigt sind, Kannen zu bilden. Man muß daher dafür sorgen, daß die Blätter Stützen erfassen können.

Sarracenia. Die Vertreter dieser Gattung sind ausschließlich Amerika angehörende Sumpfbewohner mit Blattrosetten. Ihre Blätter sind zu schlauchförmigen Fangvorrichtungen umgewandelt und zwar



Fig. 60.
Sarracenia flava,
stark verkleinert, mit Kannenblättern.
Nach GOEBEL.

erweitert sich der etwas gebogene aufsteigende Blattstiel zu einem Schlauch, dessen Öffnung entweder von einem kuppelartigen Gewölbe oder von einer Art Deckel, der Blattspreite bedeckt ist (Fig. 60). In der Nähe des Schlaucheinganges ist die Färbung und die Nektarabsonderung am stärksten, beide wirken lockend auf verschiedenartige Insekten. Wenn die sich an dem süßen Saft labenden Tiere tiefer in den Schlauch hineinkriechen, so gelangen sie in die Gleitzone, die aus Zellen mit dachziegelartig angeordneten, nach unten gerichteten Vorsprüngen besteht und dem Insektenfuß keinen Halt bietet. Weiter unten erscheint die innere Oberfläche mit langen, gleichfalls abwärts gerichteten Haaren bedeckt, die nach Art einer Reuse wirken und die Rückkehr des Insekts zum Eingang unmöglich machen. Schließlich gelangt das Tier in die vom Blatte ausgeschiedene Flüssigkeit, wo es ertrinkt und wahrscheinlich verdaut wird.

Die Zahl der gefangenen Insekten erreicht oft eine bedeutende Höhe und es klingt gar nicht unwahrscheinlich, wenn berichtet wird, daß in der Heimat der Sarracenie Vögel die Schläuche aufsuchen, um die darin massenhaft gefangenen und abgestorbenen Insekten aufzupicken. Ja selbst bei uns während des Sommers ins Freie gestellte Sarracenie zeigen ihre Blätter oft mit toten Insekten zum großen Teil erfüllt.

Wir übergehen die im heimischen Klima vorkommenden fleischfressenden Pflanzen: den Wasserschlauch (*Utricularia*), das Fettkraut (*Pinguicula*) und die seltene *Aldrovandia vesiculosa* und wenden uns nun zu der Frage: hat der Tierfang für die betreffenden Pflanzen einen Nutzen? Obwohl DARWIN'S Versuche und Beobachtungen wohl keinen Zweifel mehr darüber ließen, daß die Aufnahme der organischen Nahrung einen wertvollen Zuschuß zur Ernährung darstellt, wurde diese Ansicht von mehreren Seiten zunächst bekämpft. Versuche mit durch Insekten gefütterten und nicht gefütterten Pflanzen lieferten aber den sicheren Beweis, daß die Assimilation der tierischen Stoffe das Gedeihen der Pflanzen und insbesondere das Blühen und Fruchten in hohem Grade begünstigt.

ZWEITER ABSCHNITT

Die Atmung.

Bei der Kohlensäureassimilation und anderen physiologisch-chemischen Prozessen werden aus einfachen Stoffen zusammengesetzte aufgebaut, aber neben solchen Vorgängen laufen auch andere, die das Aufgebaute wieder zerstören. Aufbau und Abbau greifen während des Lebens fortwährend ineinander, ja das Leben erscheint gerade unter anderem durch diese beiden Prozesse charakterisiert.

Einer der wichtigsten Abbauprozesse ist die Atmung. Die Pflanze nimmt ebenso wie der Mensch und das Tier den freien Sauerstoff der atmosphärischen Luft auf, verwendet ihn zur Verbrennung der organischen Substanz und gibt als Verbrennungsprodukte Kohlensäure und Wasser ab.

Kohlensäureassimilation und Atmung wurden früher, obwohl DE SAUSSURE schon 1822 den Sachverhalt richtig dargestellt hatte, oft zusammengeworfen, trotzdem man zwischen beiden scharf unterscheiden muß. Bei der Kohlensäureassimilation (vgl. p. 40) wird Kohlensäure aufgenommen und Sauerstoff abgegeben. Dieser Prozeß vollzieht sich nur in der grünen, chlorophyllhaltigen Zelle und nur im Lichte. Die Atmung hingegen besteht in dem entgegengesetzten Gaswechsel: in der Aufnahme von Sauerstoff und der Abgabe von Kohlensäure; die Atmung vollzieht sich in jeder Zelle, gleichgültig ob grün oder nichtgrün, gleichgültig ob belichtet oder nicht.

Obwohl bei der Atmung organische Stoffe zerstört werden, ist sie doch von grundlegender Bedeutung für den normalen Verlauf der Erscheinungen des Lebens. Es erhellt dies schon aus folgenden Experimenten:

Wird eine wachsende Pflanze in einen sauerstofffreien Raum gebracht, der mit Wasserstoff oder Stickstoff gefüllt ist, so steht das Wachstum still.

Wird eine *Mimosa pudica*, deren Blätter bekanntlich sehr empfindlich sind und Stoßreize durch auffallend rasche Bewegungen beantworten, in die gleichen Verhältnisse gebracht, so gerät sie in eine Art Starre und ihre Blätter reagieren auf die Berührungsreize nicht mehr.

Verschiedene Bakterien vermögen sich bei Gegenwart von Sauerstoff auf das lebhafteste im Wassertropfen zu bewegen. Ist aber der Sauerstoff veratmet und hindert man den Zufluß von neuem, so stellen die Bakterien ihre Bewegungen sofort ein.

Mit anderen Worten: Sowie die Atmung der Pflanze unmöglich gemacht wird, hören die sichtbaren Lebenserscheinungen auf; dabei braucht

aber die Pflanze nicht sofort abzusterben. Der Mensch und die höheren Tiere ersticken in luft- und sauerstofffreiem Raume nach wenigen Augenblicken. Niedere Tiere (Frösche) und die Pflanzen können aber, dem Sauerstoff entzogen, einige Zeit, mitunter recht lange, ihr Leben fristen, und zwar dank einer anderen Atmung, der sogenannten intramolekularen Atmung, die nach der gewöhnlichen Atmung als Notbehelf einsetzt. Der wesentliche Unterschied zwischen der gewöhnlichen Atmung und der intramolekularen besteht darin, daß bei der ersteren freier, bei der letzteren aber gebundener Sauerstoff veratmet wird. Bei der intramolekularen Atmung entnimmt die Pflanze den Sauerstoff den eigenen Körperverbindungen, z. B. dem Zucker und der daraus freigemachte Sauerstoff dient dann der Verbrennung. Bei beiden Arten werden als Verbrennungsprodukte Kohlensäure und Wasser gebildet, bei der intramolekularen aber überdies noch Alkohol. —

Hält der Sauerstoffentzug zu lange an und wird die Pflanze gezwungen, zu lange intramolekular zu atmen, so treten lebensgefährliche Störungen ein und die Pflanze stirbt ab. Die Widerstandsfähigkeit der Pflanze gegen Sauerstoffentzug ist sehr verschieden. Wachsende Pflanzenteile, auch Blätter, sind besonders empfindlich und sterben schon nach wenigen bis 24 Stunden, andere, z. B. Obstfrüchte (Weintrauben) können tage- ja wochenlang den freien Sauerstoff entbehren, ohne zugrunde zu gehen, ja gewisse Bakterien, z. B. der Starrkrampfbazillus, haben es in der intramolekularen Atmung zu einer Meisterschaft gebracht, weil sie sich überhaupt nur bei Abschluß von Sauerstoff entwickeln. —

Kehren wir nun wieder zur gewöhnlichen Atmung zurück. Es sollen zunächst zwei einfache Versuche gezeigt werden, die beweisen, daß die Pflanzen bei der Atmung Sauerstoff verbrauchen und Kohlensäure ausscheiden.

Ein zylindrisches, etwa 40 cm hohes und 7 cm breites Glasgefäß, das mit einem gut eingeriebenen Glasstöpsel oder mit einer Glasplatte verschließbar ist, wird mit einer Handvoll Erbsensamen, die man vorher durch 24 Stunden hat quellen lassen und die sich dann zur Keimung anschicken, versehen und in einem warmen Zimmer aufgestellt. Daneben stellt man ein vollständig gleiches Gefäß, aber ohne Erbsen. Öffnet man nach 24 Stunden vorsichtig das Erbsengefäß und führt in dasselbe ein brennendes Kerzchen ein, so erlischt es sofort, während es im Kontrollgefäß ohne Erbsen weiter brennt (Fig. 61). Zum Brennen der Kerze ist Sauerstoff notwendig. Wenn die Keimlinge atmen, so wird schließlich der ganze im Gefäße vorhandene Sauerstoff veratmet, die Luft wird sauerstofffrei und kann das Brennen nicht mehr unterhalten.

Der Beweis dafür, daß bei der Atmung Kohlensäure gebildet wird, kann durch folgenden Versuch veranschaulicht werden.

Wir bedienen uns derselben beiden Glaszylinder wie beim vorhergehenden Experiment und füllen sie mit etwa 200 cm³ einer klaren Ätzkalklösung. In das eine Gefäß wird ein beblätterter Zweig (Flieder, Linde usw.) eingehängt, das andere erhält keinen Sproß und dient als Kontrolle. Nach 24 Stunden erscheint die Kalklösung des Gefäßes mit dem Zweig stark weiß getrübt, die Kalklösung des Kontrollgefäßes hingegen fast ganz klar. Die Trübung rührt von der durch den lebenden Zweig ausgeatmeten Kohlensäure her, die sich mit dem Kalk zu unlöslichem kohlensaurem Kalk verbindet und dadurch Veranlassung zur Trübung gibt.

Die Menge des bei der Atmung verbrauchten Sauerstoffs verhält sich zu der gebildeten Kohlensäure wie 1 : 1, d. h. wenn die Pflanze einen Liter Sauerstoff veratmet, so gibt sie dafür etwa einen Liter Kohlensäure ab. Dies ist aber durchaus nicht bei allen Gewächsen der Fall, es trifft nur bei jenen zu, wo Kohlehydrate, nicht aber bei denen, wo ausschließlich Fette und andere Stoffe in den Atmungsprozeß einbezogen werden. Bei der Keimung von fetthaltigen Samen, z. B. bei Hauf, Rettich u. a. wird das Fett zunächst in Stärke und andere Kohlehydrate umgewandelt und dafür ist schon an und für sich viel Sauerstoff notwendig. Daher wird bei diesen Pflanzen viel mehr Sauerstoff verbraucht als Kohlensäure abgegeben wird.

Die Verbrennung der organischen Substanz führt nicht immer bis zur Kohlensäure, bei den Fettpflanzen oder Succulenten schreitet sie teilweise nur bis zu organischen Säuren vor. Sie nehmen Sauerstoff auf, geben aber viel weniger Kohlensäure ab als man erwarten sollte, da sie bei der Atmung reichlich organische Säuren bilden: bei Mesembryanthemum Oxalsäure, bei Cacteen Apfelsäure und bei den Crassulaceen Isoapfelsäure, oft so reichlich, daß man die Säuren schon schmeckt. Die Ansammlung der Säuren erfolgt während der Nacht, bei Tage werden sie im Lichte zu Kohlensäure verbrannt und diese kann dann wieder bei der Kohlensäureassimilation verwendet werden.

Während das Licht die Atmung nicht wesentlich beeinflußt, ist das bei der Temperatur in hohem Grade der Fall. Die Atmung beginnt schon um Null herum, steigert sich dann mit höherer Temperatur, aber bei etwa 40° und etwas darüber tritt wieder ein allmähliches Sinken ein. Werden Gewächshauspflanzen in überhitzten Räumen gehalten, so macht sich dies, zumal im Winter bei geringer Lichtintensität in nachteiliger Weise geltend, weil die vorhandenen Reservestoffe zu rasch veratmet werden und neue in zu geringer Menge gebildet werden.

Von anderen, die Atmung steigernden Faktoren wären noch die Verletzung und Gifte anzuführen. Die Atmungsstärke wechselt auch nach dem Organ und nach dem Entwicklungszustand. Junge, wachsende Organe (Keimlinge) atmen stärker als ausgewachsene, Blüten stärker als Blätter und diese wieder stärker als Stengel.

Wärmeentwicklung durch Atmung.

Die Atmung muß als Verbrennungsvorgang aufgefaßt werden. Sowie bei der Verbrennung von Holz und Kohle Sauerstoff nötig ist und dabei

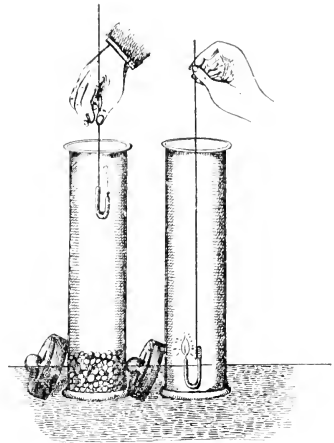


Fig. 61.
Verbrauch des Sauerstoffes bei der Atmung. Siehe Text. (Original.)

Kohlensäure und Wasser entstehen, so auch bei der Atmung der Pflanze. Sie führt daher zu einem Substanzverlust, der im Laufe der Zeit beträchtlich anwachsen kann. Eine Bohne, die im Finstern keimt und bei dauerndem Abschluß von Licht bis zur Erschöpfung aller Reservestoffe gezogen wird, scheint, da sie sehr viel Wasser aufnimmt, bis einen Meter lang wird und neue Organe bildet, an Substanz zu gewinnen. In Wirklichkeit aber verliert sie beständig an Trockensubstanz, im ganzen etwa die Hälfte des ursprünglichen Gewichtes des Samens.

Wenn die Atmung ein Verbrennungsprozeß ist, so muß dabei Wärme frei werden und man sollte daher erwarten, daß die Pflanze eine höhere Temperatur besitzt als ihre Umgebung. Davon bemerkt man nun allerdings nichts, denn wenn man die von der Sonne nicht direkt getroffenen Laubblätter oder das Innere eines Baumstammes mit einem empfindlichen Thermometer prüft, so findet man entweder eine etwas niedrigere oder die gleiche Temperatur wie in der unmittelbaren Umgebung. Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich aber sofort, wenn man bedenkt, daß der Wärmesteigerung in der Pflanze fortwährend zwei Umstände entgegenarbeiten: die Wärmeausstrahlung und die Verdunstung. Je größer die Oberfläche eines Körpers, desto größer seine Wärmeausstrahlung. Die meist flächenartig ausgebreiteten Blätter geben durch ihre große Oberfläche die gebildete Wärme sehr rasch ab. Und durch die Verdunstung wird der Pflanze gleichfalls viel Wärme entzogen. Bringt man auf den Handteller einen Tropfen Alkohol oder Äther, so hat man die Empfindung der Kälte. Die rasche Verdaupfung der Flüssigkeit erfordert viel Wärme, diese wird der Hand entzogen, daher die Empfindung der Kälte. So ist es auch bei der Transpiration der Pflanze. Die Bildung von Wasserdampf erfordert Wärme, die größtenteils von der Pflanze geliefert wird. Will man daher die durch die Pflanze entwickelte Wärme nachweisen, so muß man vor allem dafür sorgen, daß die beiden erwähnten Erscheinungen, die Wärmeausstrahlung und die Transpiration ausgeschaltet werden. Man kann dies in der Weise tun, daß man ein kleines Holzkästchen mit etwa einem Kilo keimender Gerste füllt, mit schlechten Wärmeleitern (Holzwohle, Watte) umgibt und die Verdunstung möglichst verhindert. Die Keimlinge zeigen unter diesen Umständen eine höhere Temperatur als die umgebende Luft, aber im allgemeinen ist die Erhöhung der Temperatur bei dieser Art der Versuchsanstellung keine sehr große, sie beträgt nur 2 bis 4 Grade.

Viel auffallendere Resultate¹⁾ ergeben sich, wenn man etwa 2—4 Kilo frisch gepflückter Blätter eines Baumes in einen Weidenkorb von etwa 40 cm Höhe und 30 cm Breite dicht einfüllt, mit einem Pappendeckel bedeckt, durch diesen ein Thermometer einführt und dann den Korb in eine Holzkiste einstellt und den Zwischenraum zwischen Korb und Kiste mit Holzwohle ausfüllt. Die Blätter vieler Gehölze erwärmen sich dann innerhalb eines Tages sehr bedeutend, oft bis zur oberen Temperaturgrenze des Lebens, wie sich aus folgender Tabelle ergibt.

Steckt man in eine solche durch Atmung erwärmte Blattmasse die Hand, so fühlt sie sich fast heiß an; bringt man ein kleines Gläschen mit

¹⁾ MOLISCH, H. Über hochgradige Selbsterwärmung lebender Laubblätter. Bot. Ztg. 1908, p. 211.

Frisch gepflückte Blätter von	Lufttemperatur von etwa (°)	Temperaturmaximum der Blätter (°)	Innerhalb Stunden
<i>Pirus communis</i>	15	59	27
<i>Carpinus betulus</i>	23	51,5	15
<i>Robinia pseudacacia</i>	24	51	13
<i>Tilia</i> sp.	18	50,8	27,5
<i>Juglans regia</i>	15	49,7	43,5
<i>Salix caprea</i>	15	47,1	22
<i>Cytisus laburnum</i>	18	45,6	18,5
<i>Vitis vinifera</i>	17	43,3	28

Äther oder Kakaobutter hinein, so fängt der Äther alsbald zu sieden und die Kakaobutter zu schmelzen an.

Die zu derartigen Versuchen notwendige Blattmasse ist ziemlich bedeutend, etwa 2 ½ bis 5 Kilo, was den Blättern eines kleinen Baumes entspricht. Es gelingt aber auch unter Benutzung einer relativ kleinen Blattmasse dasselbe Resultat zu erreichen, wofern man sich der sogenannten Dewargefäße bedient¹⁾.

Das Dewargefäß (Fig. 62) dient als Aufbewahrungsbehälter für flüssige Luft und in abgeänderter Form als „Thermoflasche“ zum Warm- und Kalthalten der Speisen. Es besteht aus einem zylindrischen, doppelwandigen Glasgefäß, dessen äußerer Hohlraum *a* möglichst luftleer ausgepumpt ist. Zur Verminderung der Wärmeabstrahlung wird die innere Oberfläche des luftleeren Raumes versilbert. Wird der innere Hohlraum *i* eines solchen Gefäßes mit irgendeiner heißen oder kalten Substanz gefüllt, so erhält sich ihre Temperatur einigermaßen unverändert, da die Wärmeleitung durch den luftleeren Raum sehr erschwert wird.

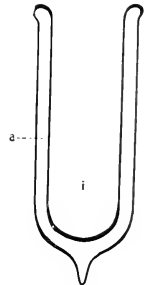


Fig. 62.
Dewargefäß im Durchschnitt. Stark verkl. *a* Vakuummantel, *i* innerer Hohlraum.

Sollen Pflanzen, z. B. Blätter oder Blüten, auf ihre Selbsterwärmung geprüft werden, so werden sie unmittelbar nach dem Pflücken dicht eingefüllt, oben mit einer Glimmerscheibe bedeckt, um die Verdunstung möglichst zu verhindern, und dann noch 2 bis 4 cm hoch mit Baumwolle bedeckt. Sehr vorteilhaft ist es, das so adjustierte Gefäß in ein Holzkästchen *h* zu stellen und den ganzen Zwischenraum zwischen Gefäß und Kästchen so auszufüllen, daß das Dewargefäß überall von einer mindestens 6 cm dicken, trockenen Wollschichte *b* umgeben ist (Fig. 63).

Bei dieser Art der Versuchsanstellung genügen zur Veranschaulichung starker Selbsterhitzung schon 100 bis 150 g Pflanzen. Im folgenden teile ich einen Versuch mit frisch gepflückten Blüten der Schafgarbe (*Achillea millefolium*) mit, der den Gang der Temperatur in einem Dewargefäße deutlich zur Anschauung bringt.

¹⁾ Molisch, H., Über die Selbsterwärmung von Pflanzen in Dewargefäßen. Ztschr. f. Bot. 1914, p. 305.

Blütenstände von *Achillea millefolium*.

Sie wurden um 9 Uhr morgens gepflückt. — Frischgewicht 150 g.

Datum		Temperatur in C°		
		der Luft	der Blüten	
29. Juli	9 ¹ / ₄ h a. m.	19,5	20,2	
	10 ¹ / ₄ h a. m.	21,5	22,1	
	1 h p. m.	23,2	27,8	
	3 h p. m.	22	31,4	
	4 h p. m.	21,5	33,4	
	5 h p. m.	22	34,8	
	7 ¹ / ₂ h p. m.	20,8	38	
	8 ³ / ₄ h p. m.	20	39,6	
	10 ¹ / ₄ h p. m.	20,6	40,9	
	12 h	19,5	42,2	
	30. Juli	5 ³ / ₄ h a. m.	18	43,6
		8 h a. m.	20	43
10 h a. m.		22,5	42,6	
1 h p. m.		25,5	42,4	
4 h p. m.		23	42	
9 h p. m.		20,5	40,1	
31. Juli	10 h p. m.	21	40,1	
	7 h a. m.	20	43,4	
	9 h a. m.	20,5	45,2	
	10 h a. m.	21	45,5	
	1 h p. m.	24,2	48,6	
	4 h p. m.	22,7	50,6	
1. August	8 h p. m.	20,2	51,8	
	9 h p. m.	19,4	52,1	
	11 ¹ / ₄ h a. m.	19,1	52,8	
	8 h a. m.	19,3	52,7	
	10 ¹ / ₂ h a. m.	22,5	51,4	
	12 h a. m.	21,8	51,2	
	1 ¹ / ₂ h p. m.	21,2	51,1	
	5 ¹ / ₄ h p. m.	21,5	51,2	
	8 h p. m.	18,6	51,1	
	10 h p. m.	19,5	50,4	
2. August	2 ¹ / ₂ h a. m.	17,7	48,6	
	8 h a. m.	18,3	46,4	
	10 ³ / ₄ h a. m.	18,6	45,6	
	2 ¹ / ₄ h p. m.	21,7	43,5	
	8 h p. m.	20,3	43,5	
	10 h p. m.	19,5	42,8	
3. August	2 ¹ / ₄ h a. m.	18,8	41,2	
	8 h a. m.	19,4	38,7	
	10 ¹ / ₂ h a. m.	21,5	37,8	
	1 ¹ / ₄ h p. m.	22,3	37,2	
	4 h p. m.	21,5	36,6	
	7 ¹ / ₄ h p. m.	20,2	35,4	
4. August	10 ¹ / ₂ h p. m.	20,4	34,6	
	5 h a. m.	19,3	32,6	
	8 ¹ / ₂ h a. m.	20	31,3	
	1 h p. m.	22,6	31	
	3 ¹ / ₂ h p. m.	23,4	31	
	5 h p. m.	22,8	31	
5. August	7 ¹ / ₂ h p. m.	21,5	31	
	9 ¹ / ₂ h p. m.	21,2	30,8	
	5 ¹ / ₂ h a. m.	18,7	29,2	
	8 h a. m.	20,7	28,6	
	10 ¹ / ₂ h a. m.	22,8	28,6	
	1 h p. m.	25,6	29	

Datum		Temperatur in C°	
		der Luft	der Blüten
5. August	5 1/2 h p. m.	24,3	30
	10 h p. m.	21	29,9
6. August	2 h a. m.	20,9	29,2
	8 h a. m.	21	28,5
	11 h a. m.	20,6	28,4
	4 h p. m.	21	28
7. August	8 h p. m.	20	27,8
	8 h a. m.	20	26,4
	10 h a. m.	18,6	26,2

Der Versuch lehrt, daß die Temperatur in den ersten 15 Stunden von 20,2 auf 43,6 ansteigt, in den nächsten 16 Stunden auf 40,1 sinkt, dann nochmals auf 52,8 ansteigt und schließlich wieder langsam auf die Lufttemperatur fällt. Der erste Anstieg der Temperatur auf 43,6 ist auf Rechnung der Atmung der Blüten zu stellen, bei dieser hohen Temperatur sterben die Blüten, da sie sie auf die Dauer nicht aushalten, ab. Auf den toten Blättern beginnen die vorhandenen Bakterienkeime und Schimmelpilzsporen sich rasch zu vermehren. Diese Kleinlebewesen atmen sehr intensiv und dieser Atmung ist der Hauptsache nach das zweite Maximum von 52,8 zuzuschreiben. Bis zu welchen Temperaturgraden sich in Dewargefäßen Blüten erwärmen können, ergibt sich aus folgender Tabelle:

Name der Blüten	I. Maximum, hauptsächlich bedingt durch die Atmung der Blüten in C°	Differenz zwischen Blüten- und Zimmertemperatur zur Zeit des I. Maximums in C°	II. Maximum, hauptsächlich bedingt durch die Atmung der Kleinlebewesen in C°	Differenz zwischen Blüten- und Zimmertemperatur zur Zeit des II. Maximums in C°
Chrysanthemum leucanthemum	47,3	29,5	56,6	39,6
Daucus carota	46,9	28,9	55	38,8
Trifolium pratense	47	28	55	38,0
Achillea millefolium	43,6	25,0	52,8	33,7
Anthemis arvensis	41,6	20,2	48	28,1
Funkia sp.	45	24,5	—	—
Philadelphus coronarius	40,1	16,1	47	25,0
Rosa (Gartenhybride)	40,4	18,5	37,6	15,5
Clematis vitalba	45,4	23,4	50	29
Calendula officinalis	36,4	15,4	40	18,5
Nymphaea alba	27,4	8,3	—	—

Im vorhergehenden wurde gezeigt, wie man im Experimente die Wärmeentwicklung leicht nachweisen kann, obwohl man unter gewöhnlichen Verhältnissen die Wärmeerzeugung der Pflanze nicht merkt.

Es darf aber nicht übersehen werden, daß bei gewissen Pflanzen auch unter ganz normalen Bedingungen eine so bedeutende Wärmeentwicklung erfolgen kann, daß man die Temperaturerhöhung schon mit dem „Gefühl“ feststellen kann. Der französische Naturforscher LAMARCK hat schon in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts die Beobachtung gemacht, daß der Blütenkolben von *Arum italicum* sich bedeutend erwärmt, und später

hat namentlich KRAUS¹⁾ diesen Gegenstand bei Araceen, Cycadeen und Palmen genauer studiert.

Bei *Arum italicum* wurde im Vergleich zur umgebenden Luft eine Temperaturerhöhung bis zu 17,6° beobachtet, und wenn fünf Kolben zusammengelegt und mit einem Tuch umgeben werden, so kann die Temperatur auf 51,3° ansteigen bei einer Lufttemperatur von 15,4°.

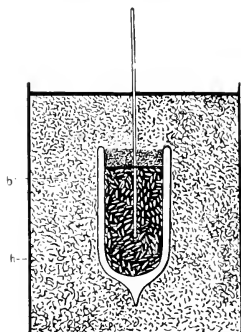


Fig. 63.

Dewargefäß in einem Holzkistchen *h*. Der Raum zwischen Dewargefäß und Kistenwand mit trockener Baumwolle *b* ausgefüllt. Das Dewargefäß ist mit Blättern angefüllt und nach oben mit einer Baumwollschicht abgeschlossen. In der Mitte des Gefäßes das Thermometer. Stark verkl. (Original.)

Sehr bequem läßt sich nach meinen Erfahrungen die Wärmeentwicklung an dem Blütenkolben der Aroidee *Sauromatum guttatum* beobachten, deren Knollen leicht in Gärtnereien beschaffbar sind. Die Pflanze stammt aus Indien und ist namentlich dadurch bekannt geworden, daß ihre Knollen auf dem Tisch liegend, ohne Zufuhr von Wasser²⁾ einen etwa 30 cm langen, von einer purpurgefleckten Scheide geschmückten Blütenstand treiben. Morgens, wenn das Scheidenblatt sich öffnet, kommt das lange, zylindrische, purpurne Anhängsel des Blütenkolbens zum Vorschein (Fig. 64) und dieses erwärmt sich so bedeutend, daß es sich lauwarm anfühlt. In einem bestimmten Falle setzte die Erwärmung frühmorgens um 6 Uhr ein, erreichte gegen 8 Uhr oben am Anhängsel ein Maximum von 34° und fiel dann bis 7 Uhr abends auf die Lufttemperatur herab. Am nächsten Tag war die Erwärmung ganz minimal, nur 1° über der Temperatur der Luft. Die

starke Erwärmung ist also bei *Sauromatum* nur einen Tag und an diesem nur wenige Stunden zu beobachten, während sie bei anderen Aroiden an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen auftritt.

Auch in den großen Blütenständen von Cycadeen und Palmen³⁾, sowie in den Blüten der *Victoria regia* steigt die Temperatur in freier Luft um 5 bis 10° und darüber und bei der *Victoria* sind es sogar bestimmte Teile der großen Blüte, die sich besonders stark erwärmen (Клосы). —

Über die Heizung von Warmbeeten durch Pilze.

Die hier mitgeteilten, an höheren Pflanzen festgestellten Temperaturen werden aber noch bei weitem durch die übertroffen, die wir bei den so-

¹⁾ KRAUS, G., Die Blütenwärme bei *Arum italicum*. 1882. Abhandl. d. naturf. Ges. z. Halle. Bd. 16.

Die einschlägige Literatur bei LEICK, E., Untersuchungen über die Blütenwärme der Araceen. Greifswald 1910.

²⁾ Der Fall, daß Knollen und Zwiebelpflanzen ohne äußere Zufuhr von Wasser austreiben, ja sogar zur Blüte gelangen, steht nicht vereinzelt da. Diese Erscheinung zeigen auch Knollen von *Amorphophallus Rivieri*, *Oxalis lasiandra*, *Solanum tuberosum*, die Zwiebeln von *Scilla maritima*, *Veltheimia capensis* und anderen.

³⁾ KRAUS, G., Annal. d. jardin de Buitenzorg 1896, Bd. 13, p. 217.

genannten wärmeliebenden oder thermophilen Bakterien und Schimmelpilzen beobachten können.

Organische Abfälle; mit Samenresten verunreinigte Baumwolle, feuchtes Laub, Heu, Pferdemit, Lohe und andere können sich, wenn in größeren Haufen zusammengeschichtet, sehr bedeutend erwärmen. Der Mitbegründer der Bakteriologie, F. COUX¹⁾, hat zuerst den genauen Nachweis erbracht, daß es sich nicht, wie man früher glaubte, um einen rein chemischen, sondern um einen biologischen Vorgang handelt, der durch bestimmte Bakterien und andere niedere Pilze hervorgerufen wird. COUX kam in folgender Weise darauf: Es wurde ihm mitgeteilt, daß in Augsburg Gewächshäuser mit Baumwollabfällen geheizt werden. Es sollen daselbst gemauerte Kästen vier Fuß hoch mit den Abfällen vollgeschüttet und die Pflanzen mit den Töpfen hingestellt werden. Werden diese Abfälle mit Wasser begossen, so erhitzen sie sich, und zwar um so stärker, je größer die Wasserzufuhr war. Der Genannte machte darauf mit schmutziger Baumwolle, die noch mit den Resten von Samenkapseln (Nissel) versehen war, Versuche. Er füllte einen Kasten mit 3 bis 5 Pfund angefeuchteter Baumwolle und beobachtete, daß diese, wenn sie vorher mit heißem Wasserdampf sterilisiert worden war, keine Selbsterwärmung aufwies, hingegen eine sehr bedeutende, wenn sie unsterilisiert blieb. Im letzteren Falle „stieg die Temperatur sofort, erst langsam, stündlich $0,1^{\circ}$, dann rascher ($0,2^{\circ}$, $0,3^{\circ}$ in der Stunde); nach 5 bis 6 Stunden rapide (stündlich 2° , 3° bis 4°); 24 bis 30 Stunden später war das Maximum ($67,2^{\circ}$ beobachtet) erreicht; von da ab sank die Temperatur langsam, aber stetig, so daß nach etwa 6 Tagen die Masse wieder Lufttemperatur (21° bis 23°) zeigte“¹⁾. Die ganze Masse war von Myriaden von Bakterien (Micrococcus), die durch ihre Atmung und ihren Stoffwechsel (Gärung) eine so bedeutende Menge von Wärme entwickelten, durchsetzt. Daß die Bakterien wirklich die Ursache der Erwärmung waren, konnte auch dadurch erwiesen werden, daß sterilisierte Baumwolle, die sich nicht erwärmte, die Erwärmung nach kurzer Zeit aufwies, wenn die Baumwolle vorher mit den Bakterien oder mit etwas schmutziger Baumwolle geimpft worden war.

Seit langem ist bekannt, daß sich auch feuchtes Heu, in großen Haufen zusammengelegt, bedeutend, bis zu $68,5^{\circ}$, zu erhitzen vermag. MEIERE²⁾ hat diesen Gegenstand genau studiert und gefunden, daß auch hier Bakterien und Schimmelpilze infolge ihrer Atmungstätigkeit eine so bedeutende Wärme entwickeln. Die wichtigsten sind: *Bacterium coli* Mig. forma



Fig. 64.
Sauromatum guttatum in Blüte. *k* Knollen, *s* Scheidenblatt, *a* Anhängsel des Blütenkolbens. Stark verkl. (Original.)

¹⁾ COUX, F., Über thermogene Bakterien. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1893, Bd. XI, p. 67.

²⁾ MEIERE, H., Die Selbsterhitzung des Heues. Jena 1907.

foenicola, Bacillus calfactor, dann Schimmelpilze, Actinomyceten u. a. Diese Pilze sind aus zweifachen Gründen von großem physiologischen Interesse: erstens weil sie so viel freie Wärme entwickeln und zweitens weil sie in dem heiß gewordenen Heu so hohe Temperaturen ertragen. Die meisten saftreichen Pflanzen sterben schon bei 45° bis 50°, aber viele von den thermophilen Lebewesen gedeihen bei dieser oder bei höheren Temperaturen erst recht. Der Bacillus calfactor z. B. hat sein Temperaturminimum bei 30° und das Maximum bei 70°.

Auch die kolossale Erwärmung des Pferdemistes beruht der Hauptsache nach auf dem ungemein regen Stoffwechsel von Bakterien und Schimmelpilzen. 60° bis 70° sind in großen Haufen von Pferdemist keine Seltenheit. Untersucht man solchen Mist mikroskopisch, so bemerkt man ungeheure Mengen von Bakterien.

In den Gärtnereien wird die Heizung der Gewächshäuser gewöhnlich durch Dampf- oder Warmwasserheizungen bewerkstelligt. Mistbeete und Warmbeete aber heizt man seit alter Zeit durch organische Abfälle. Wird ein Mistbeet angelegt, so wird zunächst etwa $\frac{1}{2}$ Meter hoch frischer Pferdemist eingefüllt und dieser, nachdem er mit Wasser gut begossen worden ist, mit Erde bedeckt. In dem Pferdemist finden Bakterien und Schimmelpilze höchst günstige Bedingungen, sie vermehren sich bedeutend und erzeugen große Mengen von Wärme, die sich der ganzen Umgebung im Mistbeet, der Erde, den Pflanzen und schließlich auch der Luft mitteilt. Die in der Mistbeeteerde befindlichen Pflanzen werden bei der so überaus günstigen Bodenwärme (20° bis 35°) im Wachstum außerordentlich begünstigt. Anstatt des Pferdemistes können auch schmutzige Baumwollabfälle, abgefallenes Laub und andere organische Stoffe zu gleichen Zwecken benutzt werden, doch ist die Erwärmung dann, abgesehen von der Baumwolle, nicht so bedeutend wie beim Mist.

Ein zur Erzeugung von günstiger Bodenwärme geeignetes Material in Gärtnereien ist auch die Gerberlohe. Sie wird nach ihrer Verwendung in der Gerberei in Beeten oder gemauerten Kästen des Warmhauses $\frac{1}{3}$ bis 1 Meter hoch aufgeschichtet. Palmen, Ficus, Pandanus, Dracaena, tropische Farne und andere wärmeliebende Pflanzen werden mit den Blumentöpfen bis zum Rande in die Lohe eingesenkt und darin belassen. Die Lohe erwärmt sich auf 5° bis 10° über die Lufttemperatur und begünstigt hierdurch in hohem Grade das Wachstum der Wurzeln und damit auch das Gedeihen der ganzen Pflanze¹⁾.

Atmung, Drainage und Blumentopf.

Die oberirdischen Organe der Kulturpflanzen dürften wohl kaum jemals Sauerstoffnot leiden, anders verhält sich aber die Sache bei unterirdischen Rhizomen und Wurzeln. Da die Atmung wachsender Wurzeln eine ziemlich energische ist, so kann es vorkommen, daß namentlich tief gelagerte Wurzeln oder solche in nassen Böden zu wenig Sauerstoff haben. Die im Boden vorhandenen kapillaren Lufträume sollen niemals längere

¹⁾ Sogar Tiere machen sich die in organischen Abfällen entstehende Wärme zunutze. Die Großfußhühner oder Walmister bringen ihre ungewöhnlich großen Eier in aus Erde und Blättern zusammengescharrten Nesthügeln unter, in denen sich durch die Verwesung der Pflanzenstoffe so viel Wärme entwickelt, daß dadurch die Eier ausgebrütet werden. (Brehms Tierleben.)

Zeit mit Wasser erfüllt sein, weil der Sauerstoffzutritt dann erheblich erschwert wird. Ein übernasser Boden bietet der Kultur stets Schwierigkeiten dar. Die Verwitterung geht in einem solchen Boden äußerst langsam vor sich oder nicht in der richtigen Weise, die Nährstoffe werden langsamer aufgeschlossen und der Boden erwärmt sich nur langsam. Daher sucht man durch Drainage das Wasser abzuleiten, um die zwischen den Bodenteilen befindlichen Räume wieder mit Luft zu füllen. —

Was für das freie Land gilt, gilt auch für den Blumentopf. Es ist sorgsam darauf zu achten, daß das Begießungswasser im Blumentopf keine stagnierende Bodennässe erzeugt. Das Wasser soll vom Boden beim Begießen aufgesaugt werden, aber der Überschuß muß möglichst bald abrinnen, damit sich die kapillaren Räume nach der Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln und seiner Verdunstung wieder mit Luft füllen. Dies erreicht der Gärtner im Blumentopf durch den sogenannten „Abzug“. Der Blumentopf hat bekanntlich an seiner Basis ein Loch zum Abfließen des Wassers. Damit das Loch nicht durch Erde verstopft wird, werden auf dasselbe ein oder mehrere flache Topfscherben gelegt, in besonderen Fällen kommt auf diese noch eine mehr oder minder hohe Schicht kleinzerschlagener Topfscherben. Durch einen solchen Abzug läuft das Wasser gut ab. —

Manche Pflanzen sind gegen stagnierende Bodennässe besonders empfindlich, so zahlreiche Neuholländer, zartwurzelige Eriken und Orchideen. Bemerkt man bei diesen Gewächsen ein schlechtes Gedeihen und Mißfärbigkeit des Laubes, so hat man sofort den Abzug zu untersuchen und sich vor Übergießen in acht zu nehmen. Im Gegensatz hierzu gibt es wieder Pflanzen, die gegen langandauernde Bodennässe außerordentlich widerstandsfähig sind: Wasserpflanzen, Erlen, Pappeln und Weiden. Während diese Bäume wochenlang einen übernassen oder sogar überschwemmten Boden schadlos ertragen, gehen unter den gleichen Verhältnissen Obstbäume alsbald vollends zugrunde. Die Wurzeln der Erle oder Weide haben sich dem Sauerstoffmangel im übernassen Boden so angepaßt, daß sie schon mit äußerst wenig Sauerstoff ihr Auslangen finden.

Interessant ist, daß manche Gewächse sich den für die Wurzeln notwendigen Sauerstoff durch besondere Anpassungen zu verschaffen wissen. In den Tropen lassen nach GOEBEL und KARSTEN gewisse Sumpfbewohner (*Sonneratia* und *Avicennia*) ihre Wurzeln emporwachsen, so daß sie wie Kerzen über den Boden oder das Wasser emporragen. Diese Wurzeln besitzen an ihrer Spitze Einrichtungen, die auf eine Erleichterung der Sauerstoffzufuhr abzielen.

Ähnliches läßt sich auch bei vielen unserer Palmen (*Phoenix*, *Livistona* und anderen) beobachten, wie JOST¹⁾ genauer untersucht hat. Die Wurzeln wachsen in den Kübeln oft vertikal aus der Oberfläche der Erde hervor.

Verpönt ist bei den Gärtnern aus gutem Grunde der glasierte Blumentopf. Der gewöhnliche Blumentopf besteht aus gebranntem, sehr porösem Ton, der Luft und Wasserdampf leicht durchtreten läßt. Wird aber die Oberfläche glasiert, dann werden die Poren hier verlegt, der Durchgang der Luft wird fast unmöglich gemacht und die Wurzeln erhalten zu wenig Sauerstoff.

¹⁾ JOST, L., Ein Beitrag z. Kenntnis der Atmungsorgane der Pflanzen. Bot. Ztg. 1887, p. 601.

Die tropischen Orchideen, besonders solche, die sich auf Baumstämmen ansiedeln, baden in dem lockeren, von Luft reichlich durchsetzten Blatt- und Rindenhumus förmlich ihre Wurzeln und daher pflanzt sie der Gärtner, um ihrem Luftbedürfnis möglichst entgegenzukommen, entweder in Blumentöpfe, die nicht bloß unterseits, sondern auch seitlich Löcher besitzen oder noch besser in aus Holzstäbchen gefertigte Körbe, wo sie noch besser gedeihen als in vielfach durchlochtem Töpfen.

Wie sehr die Pflanze auf eine beständige Lüfterneuerung im Boden angewiesen ist, davon konnte ich mich vielfach überzeugen, wenn die Stämme großer Bäume (*Acer*, *Aesculus*, *Juglans* usw.) bei der Nivellierung des Terrains in Parkanlagen 1 bis 3 Meter hoch mit Erde verschüttet wurden. Solche Bäume beginnen offenbar wegen Sauerstoffmangel und erschwelter Atmung nach kurzer Zeit zu kränkeln, worauf nach 1 bis 2 Jahren ein vollständiges Absterben erfolgt. Durch rings um den Stamm angebrachte Luftschächte können solche Bäume am Leben erhalten werden.

Dieselben Versuche gelingen auch mit Glashauspflanzen. Als ich etwa 50 cm hohe Kronenbäumchen von *Azalea indica*, *Aucuba japonica* und *Eriobotrya japonica*, die im Topfe gezogen waren, in hohe, zylindrische Glasgefäße versenkte und diese dann mit Erde ausfüllte, so daß der Stamm bis zum Beginne der Krone mit Erde umgeben war, begannen die Bäumchen nach einem halben Jahre deutlich zu kränkeln und ein Jahr nach Beginn des Versuchs waren *Azalea* und *Aucuba* schon vollends abgestorben.

DRITTER ABSCHNITT

Das Wachstum.

1. Allgemeines.

Wenn jemand von Wachstum spricht, so denkt er zunächst an eine Volumenzunahme. Allein dies genügt für den Begriff des Wachstums noch nicht. Bringt man trockene Erbsen in ein Glas Wasser, so nehmen sie Wasser unter gleichzeitiger Volumenzunahme auf, sie quellen, doch wenn sie dann wieder an der Luft getrocknet werden, so geben sie das aufgenommene Wasser ab und trocknen bis zum ursprünglichen Volum wieder ein. So wie die Erbse verhält sich auch ein Stück Holz, Gelatine oder Traganth. In allen diesen Fällen handelt es sich bloß um eine leicht rückgängig zu machende Quellung. —

Liegt aber eine keimfähige Erbse im feuchten Boden, so nimmt sie Wasser auf, sie quillt, dabei bleibt es aber nicht, sondern sie entwickelt unter günstigen Bedingungen Wurzel, Stengel und Blätter, und diese durch die Lebensfähigkeit hervorgerufene bleibende Vergrößerung nennen wir Wachstum¹⁾.

Wie sich die kleinsten Teilchen beim Wachstum anordnen, entzieht sich vollständig der Beobachtung, auch der mikroskopischen. Immerhin hat man, zum Teil sogar mit freiem Auge, mehrere wichtige Tatsachen über das Wachstum festgestellt, über die kurz berichtet werden soll.

SACHS²⁾ hat ähnlich wie REGEL beim Wachstum höherer Pflanzen, wo die Verhältnisse besonders kompliziert sind, drei aufeinander folgende Phasen unterschieden, die unmerklich ineinander übergehen.

1. Die Phase des embryonalen Wachstums.
2. Die Phase der Streckung.
3. Die Phase der inneren Ausbildung.

1. *Phase.* Nimmt man einen Sproß der bekannten Wasserpflanze *Elodea canadensis* und entfernt man von der äußersten Sproßspitze die jüngsten Blätter, so bemerkt man mit Hilfe des Mikroskops, daß die nackte Spitze des Sprosses in einen kleinen, mit freiem Auge kaum sichtbaren Kegel ausläuft, der Vegetationskegel oder Vegetationspunkt genannt wird (Fig. 65). Dieser besteht aus ganz jungen (embryonalen) Zellen, die in lebhafter Zellteilung begriffen sind, weshalb man sie auch als Teil-

¹⁾ SACHS (Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, Leipzig 1882, p. 500) bezeichnet als Wachstum eine mit Gestaltveränderung innig verknüpfte Volumenzunahme. Aber dieser Definition kann keine allgemeine Gültigkeit zugesprochen werden. Eine kugelige, einzellige Alge z. B. braucht ihre Gestalt gar nicht zu ändern und kann doch wachsen.

²⁾ SACHS, J., l. c., p. 499.

lungs- oder Meristemzellen bezeichnet. Die unteren Zellen des Kegels bauen in der Folge, indem sie verschiedene Gestalten annehmen, den Stengel auf, seitlich am Vegetationspunkt bilden sich Höcker, neue Vegetationspunkte, aus denen wieder Seitenachsen und Blätter hervorgehen können. Jeder Sproß, jede Knospe geht in einen solchen Vegetationspunkt aus, und wenn ein Baum 100 000 Knospen besitzt, so hat er mindestens auch ebenso viele Vegetationspunkte. Dasselbe gilt auch von der Wurzel, denn auch die Spitze jeder Wurzel erscheint von einem Vegetationspunkt gekrönt. —

Ein Vegetationspunkt ist ein sehr merkwürdiges Gebilde. Nach unten wird er zum Dauergewebe, nach oben aber verjüngt er sich oft von Jahr zu Jahr und der Vegetationspunkt, der die Spitze eines 100jährigen Fichtenstammes krönt, hat sich in 100jähriger, beständiger Verjüngung immerfort auf embryonalem Zustande erhalten. Die meisten Stengel und Blätter bilden sich aus solchen schon vorhandenen Vegetationskegeln heraus. Junge Wurzeln sprießen aber oft ziemlich weit von der Vegetationsspitze hervor und durch besondere Umstände, z. B. durch Verletzung, kann es geschehen, daß an beliebigen Punkten aus Dauergewebe embryonale Gewebe (Vegetationspunkte) entstehen und zum Ausgangspunkte von neuen Organen, von sogen. Adventivbildungen werden, wie dies z. B. bei den auf Sand gelegten Begoniablättern der Fall ist, aus denen nach Verletzung der starken Blattnerven neue Sprosse hervorkommen. —

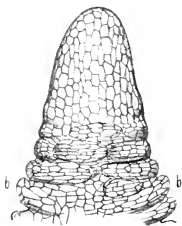


Fig. 65.
Elodea canadensis.
Vegetationspunkt. Die
seitlichen Höcker unten
sind Blattanlagen b.
Vergr. 80. (Original.)

Nicht alle Wachstumsprozesse werden durch Vegetationspunkte eingeleitet, denn auch das im Stamm und in der Wurzel dikotyler Holzgewächse und der Coniferen zwischen Holz und Rinde liegende Kambium (Fig. 33) vermittelt Wachstum, und zwar das Dickenwachstum. Beide, der Vegetationspunkt und das Kambium, bestehen aus embryonalem Gewebe, aber während der Vegetationspunkt normal neue Organe bildet, erzeugt das Kambium in der Regel nur neue Gewebemassen und nur unter besonderen Umständen auch neue Vegetationspunkte. — Die Vegetationspunkte bestehen aus kleinen, dünnhäutigen Zellen mit viel Plasma, relativ großem Zellkern, wenig Zellsaft, teilen sich oft, wachsen aber nur wenig.

2. *Phase*. Nach einiger Zeit nehmen die Zellen am Grunde des Vegetationspunktes, sobald sie in die Phase der Streckung eintreten, reichlich Wasser auf und wachsen bedeutend in die Länge. Auf diesem Wachstum der einzelnen Zellen beruht das Gesamtwachstum und die Ausbildung der Organe. Stengel, Wurzel und Blätter erreichen hierbei ihre endliche Größe und Gestalt.

Das Wachstum vollzieht sich nicht gleichmäßig. Die Zelle, das Organ, ja auch die ganze Pflanze wächst zunächst langsam, dann rascher und immer rascher und schließlich wieder langsam bis zum Stillstand. Man bezeichnet diese periodische Erscheinung mit Sachs als die „große Periode des Wachstums“. Unter gleichen äußeren Bedingungen (Temperatur, Belichtung, Wasserzufuhr usw.) kommt das erwähnte Gesetz klar zum Ausdruck, bei ungleichen äußeren Faktoren aber kann eine Verschleierung der

kann leicht dazu benutzt werden, die Zuwächse junger, wachsender Fruchtträger eines Schimmelpilzes oder eines dünnstengeligen Keimlings innerhalb relativ kurzer Zeiten bei 50—100maliger Vergrößerung zu beobachten.

Die Auxanometer beruhen meist darauf, den Zuwachs durch einen verlängerten Hebelarm vergrößert zur Anschauung zu bringen. —

Ein Auxanometer der einfachsten Art stellt der in Fig. 66 abgebildete Apparat dar, genannt Zeiger am Bogen. Der an der hakenförmig gekrümmten Spitze des Bohnenstengels *s* befestigte Faden läuft um die Rolle *r* und wird durch ein kleines Gewicht *g* in mäßiger Spannung erhalten. Mit der beweglichen Rolle *r* fix verbunden ist der Zeiger *z*, dessen Spitze über der Skala des Bogens *b* liegt. Ist der Halbmesser der Rolle gleich 1, der Zeiger,

d. h. der Halbmesser des dazugehörigen Bogens gleich 40, so wird der Zuwachs des Stengels durch dieses Auxanometer 40mal vergrößert angezeigt.

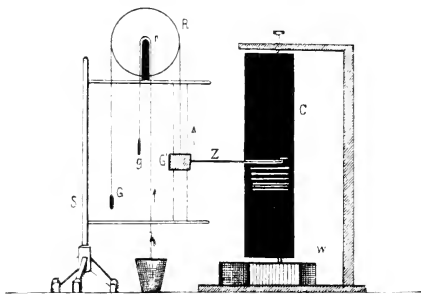


Fig. 67.
Selbstschreibender Auxanometer nach
v. WIESNER. Siehe Text.

Ein solches Auxanometer hat aber den Übelstand, daß man die Ablesung der Zuwächse selbst besorgen muß, bei Tag und bei Nacht. Um sich davon unabhängig zu machen, hat man selbstregistrierende Auxanometer gebaut. Fig. 67 zeigt ein solches von WIESNER. Der um die

Sproßspitze gebundene Faden führt über die kleine Rolle *r* und wird durch das Gewicht *g* zart gespannt. Fix mit der kleinen Rolle in Verbindung steht die große Rolle *R*. Um diese geht ein Faden herum, dessen Ende durch ein Gewicht *G* straff erhalten wird und dessen anderes Ende *G'* den Zeiger *Z* trägt, der mit seiner Spitze die berußte Papierfläche einer exzentrisch rotierenden, zylindrischen Trommel *C* berührt. Diese wird durch das Uhrwerk *W* in gleichmäßige Drehung versetzt und gleichzeitig macht der Zeiger jede halbe oder ganze Stunde einmal auf der Rußfläche einen weißen Strich. Entsprechend dem Längenverhältnis der Radien der beiden Rollen werden die Zuwächse vergrößert aufgezeichnet und aus der Entfernung der übereinander gelagerten Striche können die wirklichen Zuwächse genau erschlossen werden. Nicht selten kann man aus den ursprünglich sehr genäherten, dann sich immer mehr und mehr entfernenden und schließlich wieder zusammenrückenden Strichen auch das Gesetz der großen Wachstumsperiode erkennen und, konstante äußere Bedingungen vorausgesetzt, auch noch beobachten, daß das Wachstum bei Nacht rascher verläuft als bei Tag.

Die bisher verwendeten Auxanometer vergrößerten den Zuwachs etwa 20mal und waren daher wenig geeignet, die Änderungen im Wachstum, die durch den Wechsel äußerer Bedingungen hervorgerufen werden, rasch anzuzeigen. BOSE, der Begründer eines großen pflanzenphysiologischen Instituts in Calcutta, hat sich seit Jahren bemüht, die Zuwächse in starker Vergrößerung zu veranschaulichen und versuchte es zuerst in folgender Weise. Er befestigte an der Spitze der wachsenden Pflanze einen kurzen Hebel-

arm mit einem Spiegelchen an seiner Spitze. So erhielt er eine Vergrößerung des Zuwachses von 1000. Da aber dieser optische Hebel die Zuwächse nicht selbst aufzeichnete, ersann BOSE eine andere Methode: Er verband durch einen Faden die Pflanze mit einem Hebel, der noch mit einem zweiten Hebel von etwa 40 cm vereinigt war. Durch diesen Apparat (Crescograph) wurde eine 10 000malige Vergrößerung erzielt. Die Reibung der schreibenden Spitze wurde möglichst dadurch verhindert, daß die berußte Glastafel, auf der die Zuwächse von dem schreibenden Hebel aufgezeichnet wurden, nur intermittierend mit der Schreibspitze des Hebels in Berührung kam. Die Aufzeichnung erfolgt daher in aufeinander folgenden Punkten (Fig. 68).

Der vergrößerte Zuwachs von *Scirpus Kysoor* betrug auf der Platte etwa 1 cm pro Sekunde!

Der Apparat zeigt noch einen Zuwachs von 0,0005 mm an, d. i. der 16. Teil der Wellenlänge des roten Lichtes.

Diese Tatsachen geben einen Begriff von der Feinheit dieses Apparates und seiner Leistungsfähigkeit bei Untersuchungen über das Wachstum.

Schließlich gelang es BOSE seinen Apparat durch einen Spiegel und einen ablenkenden Magnet noch soweit zu verfeinern, daß der Zuwachs 1 000 000 mal vergrößert wurde. Damit konnte noch ein Zuwachs von ein Millionstel eines Millimeters erkannt werden. Der den Zuwachs anzeigende Lichtfleck bewegt sich auf dem Schirme mit einer Geschwindigkeit von 60 cm pro Sekunde.

Einem wachsenden Organ sieht man es nicht ohne weiteres an, ob es seiner ganzen Länge nach wächst oder nur in bestimmten, begrenzten Zonen. Man kann aber leicht darüber Aufschluß erhalten, sofern man einen jungen, wachsenden Keimstengel in Abständen von 1 mm mit feinen Tuschepunkten markiert, die man von der Basis bis zur Spitze mit einem fein zugespitzten Holzstäbchen aufträgt. Beobachtet man den Stengel nach 1 bis 2 Tagen, so zeigt sich, daß die Tuschepunkte am Stengel unterhalb der Knospe bedeutend auseinander gerückt sind, hingegen nicht an der äußersten Spitze der Basis (Fig. 69). Es ist also eine in einiger Entfernung von der Knospenspitze liegende Zone, die in starker Streckung begriffen ist, während die junge, die Knospe tragende Spitze sich noch in der embryonalen Phase befindet und der basale Teil des Stengels schon ausgewachsen ist. —

Dasselbe Experiment, mit einer wachsenden Keimlingswurzel ausgeführt (Fig. 70), zeigt, daß die wachsende Region meist sehr kurz ist,

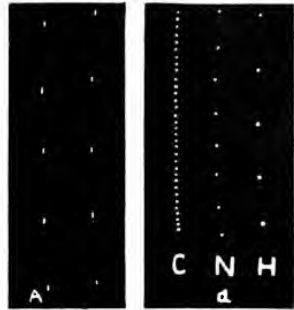


Fig. 68.

Aufzeichnungen der Zuwächse einer *Scirpus*-Art durch Boses Auxanometer. *A* die Punkte stellen die in den aufeinander folgenden Sekunden (!) stattfindenden Zuwächse 10 000 mal vergrößert dar. *a* Einfluß der Temperatur auf das Wachstum. *N* normales Wachstum, *C* verlangsamtes Wachstum bei Abkühlung, *H* beschleunigtes Wachstum bei Erwärmung. Vergrößerung des Zuwachses bei *A* 10 000 und bei *a* 2000 mal.

Nach BOSE.

$\frac{1}{2}$ bis 1 cm beträgt und knapp hinter der Wurzelspitze liegt. Die hinter der wachsenden Zone liegenden Teile haben ihre Streckung schon vollendet, daher weichen die Tuschepunkte hier nicht mehr auseinander.

3. Phase. Sobald die Organe infolge der Streckung ihre eigentümliche

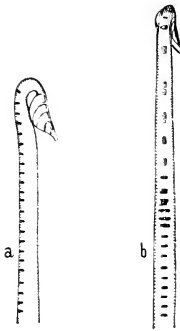


Fig. 69.

Keimlinge von *Phaseolus multiflorus*. Veranschaulichung der wachsenden Zone: a) Stengel mit Tasche in gleichen Abständen markiert. b) Derselbe Stengel nach 24 Stunden. Die Marken sind in einer gewissen Entfernung unter der Knospenspitze am stärksten verschoben, weil hier das stärkste Längenwachstum stattfindet. (Original.)

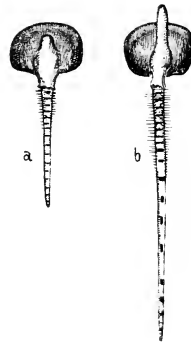


Fig. 70.

Keimlinge von *Zea mays*. Veranschaulichung der wachsenden Zone. a) Wurzel mit Tasche in gleichen Abständen markiert. b) Dieselbe Wurzel nach 24 Stunden. Die Marken sind hinter der Spitze stark verschoben, weil hier das stärkste Längenwachstum erfolgt. (Original.)

Größe und Form erreicht haben, erhalten die Zellen ihre definitive Ausbildung: die Verdickung der Membranen, ihre Verholzung, die Ausgestaltung der Spaltöffnungen, der Haare, auch die Kutikularisierung und Verkalkung erreichen ihre Vollendung.

2. Wachstum und Außenbedingungen.

Wie jede Lebenserscheinung, ist auch das Wachstum von inneren und äußeren Bedingungen abhängig. Unter den letzteren spielen die Temperatur, das Licht, die Feuchtigkeit, der Sauerstoff, Verletzungen und andere eine sehr wichtige Rolle.

a) Temperatur.

Leben ist nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen möglich und Wachstum nur zwischen noch enger begrenzten. Setzt man eine wachsende Pflanze verschiedenen Temperaturen aus, so bemerkt man, daß sie bei einer bestimmten niederen Temperatur, dem Temperaturminimum,

ihr Wachstum beginnt, daß sie es bei steigender Temperatur bis zu einem gewissen Grade, dem Temperaturoptimum, bei dem das Wachstum sich am raschesten vollzieht, beschleunigt, und daß das Wachstum bei weiterem Temperaturanstieg sich immer mehr und mehr verlangsamt, bis es bei einem bestimmten Temperaturgrad, dem Temperaturmaximum, schließlich stille steht. Man bezeichnet diese drei Punkte als die drei Kardinalpunkte der Temperatur in bezug auf das Wachstum. Sie liegen im allgemeinen zwischen 0 und 50°. Genaueres gibt die folgende Tabelle nach Sacus über die Beziehungen der Keimung, d. h. des Wachstums verschiedener Samen zur Temperatur.

	Min.	Opt.	Max.
Triticum vulgare	5,0° C	29,0° C	42,5° C
Zea mais	9,4° ..	34,0° ..	46,2° ..
Phaseolus multiflorus	9,4° ..	34,0° ..	46,2° ..
Cucurbita pepo	14,0° ..	34,0° ..	46,2° ..

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, sind die Kardinalpunkte der Temperatur bei verschiedenen Pflanzengattungen verschieden, bei den tropischen im allgemeinen höher als bei denen der temperierten Zone. Es geht auch schon aus der gewöhnlichen Erfahrung hervor, daß tropische Pflanzen erst bei höherer Temperatur zu wachsen beginnen, während viele am Rande des ewigen Schnees oder in der arktischen Zone lebende Gewächse schon knapp über dem Eispunkt zu wachsen vermögen.

Man darf sich nicht etwa vorstellen, daß die Kardinalpunkte etwas ganz Unverrückbares sind, im Gegenteil: sie können je nach Umständen im Laufe der Entwicklung der Pflanze wechseln, auch können die verschiedenen Organe desselben Individuums sehr verschiedene Kardinalpunkte haben.

So wie es Beziehungen der Temperatur zum Wachstum gibt, so auch zu anderen Lebenserscheinungen, zur Assimilation, Atmung, Wasserbewegung, Fortpflanzung und jeder dieser physiologischen Prozesse hat seine eigenen Kardinalpunkte, die natürlich bei verschiedenen Pflanzen untereinander abweichen können.

Es gehört zu den wichtigsten Aufgaben des Gärtners, die Kulturpflanzen stets zur richtigen Zeit der geeigneten Temperatur auszusetzen und ihre Wärmebedürfnisse von Fall zu Fall zu regulieren. Der Gärtner zieht Pflanzen der verschiedensten Breitengrade: tropische, subtropische, temperierte und nordische, Pflanzen des Tales, der Berge, der Hochgebirge, er muß also verschiedenen Ansprüchen genügen. Er baut daher Warm-, Kalt- und temperierte Gewächshäuser und kann durch regulierbare Heizungen und Lüftungen, wenn notwendig, auch feinere Abstufungen der Temperatur in seinen Glashäusern und Beeten erzielen. Die jeder Pflanze und jedem ihrer Entwicklungsstadien passendste Temperatur richtig abzumessen, macht einen großen Teil gärtnerischer Geschicklichkeit aus.

b) Licht.

Von hoher Bedeutung für das Wachstum ist auch das Licht. Es kann indirekt und direkt wirken. Wenn im Lichte die Blätter organische Substanz bereiten, so kann diese dem Wachstum dienen. Günstig beleuchtete Pflanzen neigen zum reichlichen Blühen, werden sie schlecht belichtet, so stellen sie alsbald das Blühen ein, weil zu wenig Baustoff gebildet wird.

Hier wirkt das Licht indirekt auf das Wachstum. Es kann aber auch, wenigstens scheinbar, sich direkt geltend machen, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man Pflanzen im Finstern kultiviert. Werden Feuerbohnen (*Phaseolus multiflorus*) in zwei Blumentöpfen ausgesät, die eine davon normal im Lichte, die andere unter einem Dunkelsturz in



Fig. 71.

Etiolation der Bohne. *Phaseolus multiflorus*. Links eine normale, im Lichte erzogene, rechts eine im Finstern gehaltene, etiolierte Pflanze. Beide gleich alt und unter sonst gleichen Bedingungen kultiviert. (Original.)

vollständiger, dauernder Finsternis gezogen, so zeigt sich nach einiger Zeit ein auffallender Unterschied. Während die Lichtpflanzen vollständig normal aussehen, gedrungene, grüne Stengel und große, tiefgrüne Blätter haben, erscheinen die Stengel der Finsternispflanzen überverlängert, bleich, die Blätter klein und gelb. Von Chlorophyll keine Spur. Überdies erscheint das Gewebe der Pflanzen am Lichte derb und zäh, im Finstern aber zart, stark wässerig und weich. Solche im Finstern erwachsene Pflanzen bieten mit ihren überverlängerten Stengelgliedern, ihren gelben, kleinen Blättern ein eigenartiges, krankhaftes Aussehen dar, das man als Etiolation oder Vergeilung bezeichnet (Fig. 71).

Eines der bekanntesten Beispiele hierfür sind wohl die im finstern Keller austreibenden Kartoffelknollen, deren außerordentlich lange, elfenbeinweiße Stengel mit den winzigen, gelben Blättchen ganz besonders von den am Lichte erzeugten abstechen.

So wie die Bohne verhalten sich wohl die meisten Dikotylen, aber doch nicht alle. Die Blätter der Runkelrübe werden im Finstern recht groß und die Stengelglieder mancher Kakteen bleiben sogar im Finstern kürzer als im Lichte.

Das Etiolation lehrt, daß dauerndes Licht das Wachstum im allgemeinen verlangsamt. Dies zeigt sich recht deutlich bei Stengeln und Wurzeln. Bei Blättern scheint es zwar nicht der Fall zu sein, denn die Blätter etiolierter Gewächse bleiben ja oft auffallend klein. Bei

den Blättern treten krankhafte Störungen ein infolge unzureichender Ernährung. Sorgt man aber für gute Nahrungszufuhr, etwa dadurch, daß man das Ende eines Sprosses einer Kürbispflanze durch ein Loch in eine Dunkelkiste einführt, während man zahlreiche ältere Blätter in vollem Lichte kräftig assimilieren läßt, so entfalten sich auch die Finsterblätter, obwohl sie ganz gelb bleiben, zu bedeutender, fast normaler Größe. Auch dann, wenn genügend Reservestoffe angehäuft sind, wie dies bei vielen Knollen, Zwiebeln und Wurzelstockpflanzen der Fall ist, können die Blätter gleichfalls im Finstern eine bedeutende Größe erreichen (Hyazinthe, Tulpe, Narzisse usw.), ja solche Pflanzen vermögen sogar ihre Blüten im Finstern normal zu entfalten. —

Das Etiolation tritt bei dauernder Finsternis mit aller Schärfe hervor, allein zwischen diesem extremen Etiolation und einer normalen Pflanze gibt es je nach dem Grade der mangelhaften Beleuchtung viele Übergänge.

Pflanzen, die in einer Zimmerecke stehen oder in einem zu schattigen Gewächshaus, die also schwacher, ungenügender Belichtung ausgesetzt sind, zeigen eine solche teilweise Vergeilung. Der Gärtner sagt: sie „spindeln“. Derartige Gewächse sind zwar grün, aber ihre Vergeilung gibt sich doch an den kleineren Blättern und an den etwas längeren Stengelgliedern zu erkennen. Durch gleichzeitig einwirkende übermäßige Wärme und Feuchtigkeit kann das Etiollement noch verstärkt werden.

Hierher gehört auch eine in der Landwirtschaft oft zu beobachtende Erscheinung, die als Lagern des Getreides¹⁾ bezeichnet wird. Stehen die Halme im Felde zu dicht, so beschatten sie sich namentlich in ihren unteren Teilen zu stark, die hier vorhandenen Stengelglieder verlängern sich zu sehr, bleiben weich und zart und knicken ein, worauf der Halm sich niederlegt und „lagert“. Früher meinte man, daß die Festigkeit der Pflanze durch Kieselsäureeinlagerung vermittelt werde und daß das Lagern des Getreides auf einem Mangel an Kieselsäure beruhe. Heute aber wissen wir, daß für die Festigkeit der Pflanze nicht die Kieselsäure maßgebend ist, sondern daß eigene, spezifisch mechanische Zellen (Holz-, Bast-, Kollenchym-, Steinzellen) für die Festigkeit zu sorgen haben. Wenn also das Getreide lagert, so hat das mit der Kieselsäure nicht viel zu schaffen, sondern beruht vielmehr auf einem schwachen Etiollement infolge zu geringer Beleuchtung. Daneben können noch andere Faktoren, zu reichliche Stickstoffdüngung, zu reiche Wasserzufuhr und feuchte Witterung das Lagern begünstigen.

Etiollement in der Praxis. Nun soll auf verschiedene gärtnerische Prozeduren hingewiesen werden, in denen von der Vergeilung praktisch Anwendung gemacht wird.

Die in Blumentöpfen eingepflanzten Hyazinthenzwiebeln bleiben, wenn sie im November und Dezember in die Treibereien gestellt werden und schon zu Weihnachten zur Blüte gelangen sollen, zum Verdruß des Gärtners leider oft „sitzen“, d. h. die Blätter und Blütenschäfte schieben sich nur teilweise aus der Zwiebel hervor. Um dieses Steckenbleiben zu verhindern, bedeckt der Gärtner die Zwiebel samt der Endknospe mit einer Düte aus dunklem Papier. Hierdurch wird das Licht abgehalten, Etiollement wird hervorgerufen und Blätter und Blütenschaft werden infolge von Überverlängerung gewissermaßen aus der Zwiebel hervorgelockt. Bis zu einem gewissen Grade kann auf diese Weise, also durch künstlich eingeleitetes Etiollement das „Sitzenbleiben“ der Hyazinthen verhindert werden.

Wie später auseinandergesetzt werden soll, wird auch bei der Treiberei der Convallarien, des Flieders und anderer Pflanzen der Lichtentzug verwendet, um durch Etiollement das Austreiben der Blütensprosse aus den Knospen zu beschleunigen.

Ausgedehnten Gebrauch macht man von der Vergeilung auch in der Gemüsezüchtung.

Die im Frühjahr aus dem Boden kommenden Spargelsprosse (*Asparagus officinalis*) werden gleich nach ihrem Erscheinen mit Tonglocken bedeckt, um sie vor Licht zu schützen. So kultiviert, etiolieren sie vollständig, werden lang, bleich und so weich, daß man sie gekocht ganz verspeisen kann.

¹⁾ KRACS, C., Die Lagerung des Getreides. Stuttgart 1908.
SORNER, P., l. c. Bd. I, p. 658.

Bei dem Endiviensalat (*Cichorium Endivia*) wird die Blattmasse, sobald sie ziemlich entwickelt und das „Herz“ gut ausgebildet ist, an zwei oder drei Stellen mit Bast fest zusammengebunden. Hierdurch werden die inneren Blätter infolge des Lichtmangels gebleicht, das Gewebe erreicht einen hohen Grad von Zartheit und Weichheit und damit ist der Zweck der Prozedur erreicht. —

Ähnlich verfährt man auch mit dem Römersalat (*Lactuca sativa* v. *romana*), ausgezeichnet durch längliche, stark gerippte, sich meistens nicht zum Kopfe zusammenschließende Blätter und mit den Blattstielen und Blatttrippen der Cardy (*Cynara Scolymus*).

Von der Sellerie (*Apium graveolens*) gebraucht man nicht bloß die Wurzelknollen, sondern von gewissen Sorten auch die langen und breiten Blattstiele, die wegen ihres milden aromatischen Geschmacks geschätzt werden. Je fleischiger und zarter diese Blattstiele sind, desto höher im Werte stehen sie. Indem man die Blattstiele mit Stroh zusammenbindet und die Stauden 15 bis 20 cm hoch behäufelt, erhält man durch Vergeilung Blattstiele von den gewünschten Eigenschaften. In England bedient man sich zu diesem Zwecke auch 15 cm weiter und 30 cm langer Drainröhren, die, sobald man sie im Boden befestigt und die Blätter durchgezogen hat, mit Erde gefüllt werden.

Um Artischocken-Köpfe ganz verspeisen zu können, verfährt man in Frankreich in folgender Weise: Wenn die Artischocken noch jung sind und die Größe von kleinen Birnen haben, hüllt man sie in schwarze Leinwand, um sie vor dem Einflusse des Lichtes zu bewahren, und sorgt gleichzeitig dafür, daß der Stiel durch den Bindfaden, der die Hülle zusammenhält, nicht leidet. Die zu diesem Zwecke angewendete Leinwand muß genügend dick sein, um den freien Zutritt der Luft durch die Poren der Leinwand nicht zu gestatten. So kultivierte Artischocken werden weich, saftig und leicht verdaulich¹⁾.

Im Laufe der Zeit haben die Gärtner durch künstliche Auslese Rassen von Gemüse gezüchtet, die das Etiement gewissermaßen an sich selbst normal vollziehen. Der Kopfsalat (*Lactuca sativa* v. *capitata*), bekanntlich dadurch ausgezeichnet, daß die Blätter, sich gegenseitig bedecken, zu einem mehr oder minder festen Kopfe (Häuptel) zusammenschließen, ist ein glänzendes Beispiel dafür. Die den Kopf bildenden Blätter verdunkeln sich infolge ihrer Lage gegenseitig und werden hierdurch, weil halb etioliert, zart und bleich. Ein anderes Beispiel ist der Kopfkohl (*Brassica oleracea* v. *capitata*) mit den verschiedenen Sorten des Krautes. Die Züchtung hat es bei einzelnen Rassen so weit gebracht, daß die den Kopf bildenden Blätter fast ganz weiß sind.

Mit der Temperatur und dem Lichte sind selbstverständlich die äußeren Umstände, die das Wachstum beeinflussen, nicht erschöpft. Ich erinnere nur an die Ernährung, an die Feuchtigkeit der Luft, an den Sauerstoff, an mechanische und chemische Einwirkungen, an die Verletzung, die Schwerkraft und andere. Von einzelnen dieser Einflüsse wird, vorausgesetzt, daß sie nicht schon früher behandelt worden sind, im folgenden die Rede sein, immer aber nur soweit, als es für den Gang der Darstellung notwendig und wünschenswert erscheint.

¹⁾ Moyen d'obtenir de Artichauts bons à manger en totalité. Journal de la Société impériale et central d'Horticulture de France 1868, p. 480.

3. Wachstumsbewegungen.

In früherer Zeit suchte man eifrig nach wesentlichen Unterschieden zwischen Pflanze und Tier. Man hielt es für selbstverständlich, daß solche Unterschiede bestehen müssen. Die Pflanze sollte sich von dem Tiere durch den Chlorophyllgehalt, durch die Art der Ernährung, durch die Atmung und durch den Mangel an aktiven Bewegungen unterscheiden. Alle diese Unterschiede mußten bei einer genaueren Erkenntnis des Tieres und der Pflanze fallen, sogar der zuletzt genannte, daß die Pflanze der selbständigen Bewegung entbehre, mußte schließlich aufgegeben werden. Vergleicht man höhere Pflanzen mit höheren Tieren, so findet man natürlich in die Augen springende Unterschiede, steigt man jedoch in der Reihe der Lebewesen nach abwärts und vergleicht man niedere Tiere mit niederen Pflanzen, so verschwinden alle Unterschiede und man gelangt schließlich zur Einsicht: Es gibt keinen grundsätzlichen Unterschied zwischen Pflanze und Tier, auch nicht in betreff des Bewegungsvermögens. Die Pflanze kann durch die verschiedensten äußeren Umstände, durch die Schwerkraft, das Licht, Feuchtigkeitsunterschiede, chemische und mechanische Angriffe, auch durch innere Ursachen zu Bewegungen veranlaßt werden und sie reagiert auf manche äußere Reize so empfindlich wie das Tier, ja manchmal sogar feiner als der Mensch. Allerdings bewegen sich, von Ausnahmen abgesehen, die Organe der Pflanze im allgemeinen so langsam und träge, daß es oft einer geschärften Beobachtung bedarf, um die Bewegungen überhaupt wahrzunehmen. Bei genauerer Überlegung erscheint dies auch ganz natürlich, da die Pflanze so schnelle, oft blitzartige Bewegungen gar nicht nötig hat. Das Tier muß häufig stundenlang laufen, schwimmen oder fliegen, um sein tägliches Brot zu erlangen und muß oft mit einer auf die Spitze getriebenen Raschheit seine Beute erhaschen. Bei der Pflanze aber liegen die Verhältnisse ganz anders. Sie findet, in der Erde befestigt, an Ort und Stelle ihre Nahrung vor, sie entnimmt mit der Wurzel aus dem Boden das Wasser und die darin gelösten Salze und mit den grünen Blättern aus der Luft die Kohlensäure. Ihr Tisch ist sozusagen stets gedeckt. Daher erscheint es begreiflich, daß sie im Laufe ihrer Stammesgeschichte auch nicht gelernt hat, sich rasch zu bewegen. Andererseits muß sie, weil sie an einen bestimmten Ort gebunden ist, ihre Organe ihrer jeweiligen Umgebung so anpassen, daß sie eben in eine möglichst günstige Lage kommen. Die Wurzel muß in den feuchten Boden hinein, der Stengel in die Luft dem Lichte zuwachsen und die Blätter müssen dem Lichteinfall gegenüber sich so lagern, daß sie möglichst günstiges Licht auffangen. Nach dieser Richtung lassen die Pflanzenorgane nichts zu wünschen übrig und sind für die nötigen Bewegungen in geradezu ausgezeichnete Weise eingerichtet.

Die Bewegungen der Organe höherer Pflanzen werden durch verschiedene Faktoren, am häufigsten durch Quellung, Wachstum und Turgoränderungen vermittelt.

Die Bewegungen der Rose von Jericho (*Anastatica hierochuntica*), der Hüllblätter der Blütenstände von der Wetterdistel (*Carlina acaulis*), der Fruchtschnäbel von Erodium- und Geranium-Arten kommen durch ungleiche Quellung an entgegengesetzten Seiten der Organe zustande. Sie gehören also zu den Quellungs- oder Imbibitionsbewegungen.

Die bekannten Bewegungen der Blätter der Venusfliegenfalle (*Dio-*

naea muscipula), deren Blatthälften beim Aufsitzen eines Insektes plötzlich zuklappen und dasselbe festhalten. die eigenartigen Bewegungen der Sinnpflanze (*Mimosa pudica*), die auf Berührung, Stoß oder Verletzung an den Fiederblättchen und dem gemeinsamen Blattstiel sichtbar werden; die eigentümliche Stellung, die die Blätter vieler Leguminosen und anderer Pflanzen während der Nacht einnehmen, dabei den sogenannten Pflanzenschlaf zeigend, geben Beispiele für Turgor- oder Variationsbewegungen ab.

Eine größere Bedeutung kommt für unsere Zwecke den Wachstumsbewegungen zu, da sie mit den später zu behandelnden Aufgaben im Zusammenhang stehen. Es soll aber hier nur soweit darauf eingegangen werden, als es für das Verständnis des Folgenden notwendig ist.

a) Der Geotropismus.

Es ist eine bekannte Erscheinung, daß die Hauptachse der Bäume vertikal, also im Sinne des Lotes steht. Überall, wo Fichten oder Tannen stehen, wächst der Hauptstamm kerzengerade in die Höhe vom Erdmittelpunkte weg, die Hauptwurzel in die Tiefe, zum Erdmittelpunkte zu. Dasselbe läßt sich auch an tausenden anderen Pflanzen und ganz besonders schön an Keimlingen beobachten. Erbsen-, Wicken- oder Bohnenkeimlinge wachsen im finstern, feuchten Raume, mögen die Samen wie immer gelagert sein, mit ihrer Wurzel vertikal nach abwärts und mit dem Stengel vertikal nach aufwärts.

Da wir auf der Erde nur eine einzige Kraft kennen, die im Sinne des Lotes wirkt, die Schwerkraft, und da die primäre Achse der höheren Pflanze sich gerade in diese Richtung einstellt, so läßt sich schon daraus mit größter Wahrscheinlichkeit der Schluß ableiten, daß die Ursache der vertikalen Richtung der primären Achse der Pflanze die Schwerkraft ist. Dies ist auch wirklich der Fall; der einwandfreie Beweis dafür wurde aber erst 1809 von dem Engländer KNIGHT¹⁾ erbracht. Wäre es möglich, einen Körper auf unserer Erde der Schwerkraft zu entziehen, so wäre natürlich der Beweis sehr leicht, man brauchte dann die Pflanze nur einmal unter dem Einfluß der Schwerkraft und ein andermal ohne diesen Einfluß zu ziehen. Da dies aber unmöglich ist, muß man anders vorgehen. KNIGHT setzte Keimlinge auf einem sich rasch drehenden, kleinen Wasserrad der Fliehkraft aus, die ebenso wie die Schwerkraft als Massenwirkung sich geltend macht. Wäre die vertikale Wachstumsrichtung von Stamm und Wurzel durch die Schwerkraft bedingt, so wäre zu erwarten, daß sich die Pflanze auch gegenüber der Fliehkraft entsprechend verhalten würde. In der Tat ist es auch so. Die am Umfange des Rades befestigten Keimlinge ließen deutlich erkennen, daß die Wurzeln im Sinne der Fliehkraft nach außen, vom Mittelpunkte des Rades weg wuchsen, die Stengel aber entgegen der Fliehkraft zum Mittelpunkte hin.

In bequemerer Weise läßt sich der berühmte KNIGHTSche Versuch auf einer um eine vertikale Achse sich drehenden Scheibe durchführen, an deren Umfang die beiden Glasgefäße einander gegenüber befestigt sind. Das eine Gefäß enthält Keimlinge von *Helianthus*, in nasse Säge-

¹⁾ KNIGHT, TH. A., Sechs pflanzenphysiologische Abhandlungen. OSTWALDS Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 62.

späne eingepflanzt, das andere Keimlinge der Erbse, auf Kork befestigt. Die Drehung der Scheibe erfolgt etwa sechsmal in der Sekunde durch einen Wasser- oder Elektromotor. Nach 24stündiger Drehung sieht man die Stengel zum Zentrum, die Wurzeln vom Zentrum gekrümmt (Fig. 72).

In dem geschilderten Versuche sind die Keimlinge sowohl der Schwerkraft als auch der Fliehkraft ausgesetzt und dementsprechend kann man beobachten, daß sich Wurzel und Stengel in die Resultierende beider Kräfte einstellen. Die Fliehkraft läßt sich durch Anwendung verschiedener Rotationsgeschwindigkeiten beliebig ändern, wählt man die Fliehkraft so groß, daß sie im Verhältnis zur Schwerkraft unendlich wird, so wachsen in diesem Falle die Stengel n. Wurzeln einfach horizontal weiter.

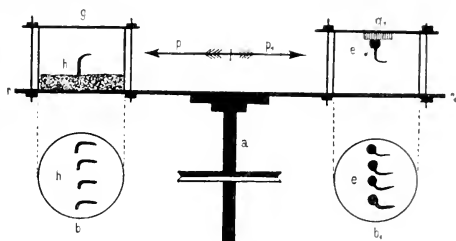


Fig. 72.

KLINGS Versuch, um die Einwirkung der Fliehkraft auf die Pflanze zu zeigen. Schematisch. rr_1 Drehscheibe, die um die vertikale Achse a rasch rotiert, gg_1 Glasgefäße, g mit Keimlingen von Helianthus h in nassen Sägespänen, g_1 mit Erbsenkeimlingen e auf Kork befestigt. Infolge der Fliehkraft wenden sich die Stengel zum Mittelpunkt der Drehscheibe, die Wurzeln wachsen davon weg. bb_1 die Glasgefäße mit den Keimlingen in der Draufsicht. Die Pfeile pp_1 zeigen die Richtung der Fliehkraft an. Das Ganze stark verkl. (Original.)

Noch in einer anderen Weise läßt sich der Beweis erbringen, daß die Schwerkraft bei den geschilderten Bewegungen im Spiele ist. Legt man eine Pflanze, z. B. einen Bohnenkeimling horizontal, so krümmt sich der Stengel unter günstigen Wachstumsbedingungen schon nach wenigen Stunden im Bogen nach aufwärts, so lange, bis er wieder die Vertikale erreicht hat. Läßt man aber einen gleichen Keimling um seine horizontale Längsachse durch ein Uhrwerk rotieren, so daß jede $\frac{1}{4}$ oder jede $\frac{1}{2}$ Stunde die obere Kante zur unteren und die untere wieder zur oberen Kante wird, so wird die einseitige Wirkung der Schwerkraft durch die Drehung aufgehoben und der Stengel wächst in der ihm am Beginne des Versuchs gegebenen Richtung, also in der horizontalen weiter. Ein zu solchen Experimenten dienender Apparat (Fig. 73) wird als Klinostat bezeichnet. —

Die Eigenschaft der Pflanzenorgane, sich unter dem Einfluß der Schwerkraft in ganz bestimmter Weise gegen die lotrechte Richtung einzustellen und in dieser Stellung zu verharren, nennt man Geotropismus. Wie schon aus dem Gesagten hervorgeht, verhalten sich die Organe der Schwerkraft gegenüber nicht gleich und demgemäß unterscheiden wir drei Arten des Geotropismus: den positiven, den negativen und den transversalen. Positiv ist der Geotropismus, wenn das Organ sich vertikal nach abwärts, negativ, wenn es sich vertikal nach aufwärts wendet, und transversal, wenn es sich horizontal stellt oder seine Längsachse mit der vertikalen in der Ruhelage einen bestimmten Winkel bildet.

Positiv geotropisch sind die meisten Pfahlwurzeln, negativ die meisten Stengel und andere aufrecht wachsende Pflanzenteile, transversal die Seitenwurzeln und häufig die Seitenzweige erster Ordnung. Besonders scharf ausgeprägt erscheint der Transversalgeotropismus bei manchen horizontal wachsenden Wurzelstöcken, z. B. denen von *Adoxa moschatellina*, *Circaea*, *Anemone nemorosa*, *Heleocharis palustris*, *Paris quadrifolia* u. a.

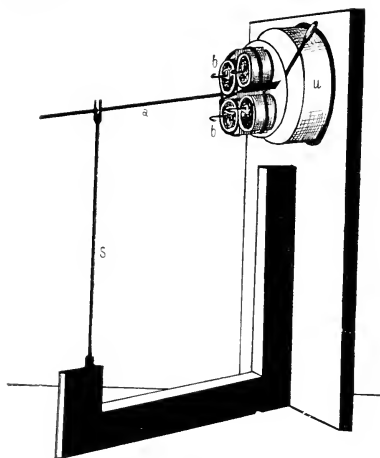


Fig. 73.

Klinostat nach v. WIESNER. „Uhrwerk.“
b Blumentöpfe mit Bohnenkeimlingen, die sich um die horizontale Achse *a* drehen. Diese durch den Stab *s* gestützt.

Daß die Hauptwurzeln positiv geotropisch, die Seitenwurzeln erster Ordnung mehr oder minder transversalgeotropisch und die der zweiten und höheren Ordnung gar nicht mehr geotropisch sind, muß als sehr zweckmäßig bezeichnet werden. Denn würden sich Haupt- und Nebenwurzeln gleich verhalten, so würde das ganze Wurzelsystem einem Pinsel gleichen und den Boden der Umgebung nur höchst mangelhaft ausnützen. Ganz anders aber, wenn die Hauptwurzel vertikal in den Boden dringt und von ihr die Nebenwurzeln seitlich nach allen Richtungen ausstrahlen und ein möglichst großes Bodengebiet ausbeuten.

Dieselben Erwägungen gelten auch für die Verzweigung von Baum, Strauch und vielen krautigen Pflanzen.

Der Hauptproß einer Tanne oder Fichte ist in hohem Grade negativ geotropisch und steht infolgedessen lotrecht, die Nebenäste stehen aber schief oder wagrecht, auch sie sind bezüglich ihrer Lage neben anderen Einflüssen der Schwerkraft unterworfen, aber in einem anderen Grade als die Hauptachse. Die Baumgestalt hängt davon wesentlich ab.

Der Geotropismus ist in den meisten Fällen eine Wachstumserscheinung. Wird eine Wurzel aus ihrer normalen Lage in die horizontale gebracht, so krümmt sie sich in der wachsenden, knapp hinter der Spitze liegenden Zone nach abwärts.

Unter diesen Umständen wird die obere Flanke der Wurzel im Wachstum gefördert, die untere gehemmt, daher wird die erstere konvex, die letztere konkav. Beim negativen Geotropismus des Stengels ist es gerade umgekehrt; hier wächst bei horizontaler Unterseite die Lagerung stärker als die Oberseite, weshalb der Stengel sich nach aufwärts krümmt, bis er die Vertikale erreicht hat.

Früher hielt man die geotropische Abwärtskrümmung der Wurzel für etwas Passives, man glaubte, die Wurzelspitze sinke wie eine pla-

stische Masse, wie schmelzendes Wachs nach abwärts. Heute aber wissen wir, daß der Geotropismus eine Wachstumserscheinung ist, daß eine über Quecksilber horizontal gelegte Wurzel, trotz des starken Auftriebes, sich abwärts krümmt, in das Quecksilber tief eindringt (Fig. 74) und auch in den Boden unter Überwindung starker Widerstände sich aktiv einbohrt.

Die Schwerkraft wirkt als Reiz und zwar ist es bei der Wurzel vornehmlich die äußerste Spitze, die den Schwerkraftreiz aufnimmt. —

Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, daß man mit PFEFFER unter Reiz die Ursache einer Auslösung im Lebewesen versteht. Die Pflanze befindet sich unter bestimmten Verhältnissen in einer Art harmonischen Gleichgewichts; wird dieses durch äußere oder innere Faktoren (Reize) gestört, so tritt eine Auslösung ein. In unserem Falle wirkt die Schwerkraft als Reiz und der sichtbare Effekt dieses Reizes gibt sich in der geotropischen Krümmung zu erkennen. In anderen Fällen kann Feuchtigkeit, Stoß, Verletzung, Temperatur, Licht, Elektrizität oder eine innere Ursache als Reiz wirken.

Der Reizeffekt kann langsam, rasch oder plötzlich zutage treten. Besonders auffallend werden die Reizvorgänge, wenn die ausgelösten Wirkungen nicht im geraden Verhältnisse zu der auslösenden Kraft oder Energie stehen: eine leise Berührung des *Dionaea*-Blattes durch ein Fliegenbein bringt das relativ große Blatt zum raschen Zusammenklappen, eine Berührung eines *Mimosa*-Blattes mit einer heißen Nadel veranlaßt den raschen Zusammenschluß der Fiederblättchen, und zwar nicht nur des gebrannten Blattes, sondern auch der benachbarten Blätter, ein Lichtblitz von Bruchteilen einer Sekunde zwingt einen Haferkeimling, sich zur Lichtquelle hinzuwenden; das sind lauter Auslösungen, ähnlich denen, wie sie auch bei einer Maschine eintreten, wenn ein mächtiger Ozeandampfer durch den Druck auf einen Hebel in Bewegung gesetzt wird, oder der leise Flügelschlag eines Vogels die Luft ein wenig erschüttert und dadurch die Lawine ins Rollen bringt.

Es ist von großem Interesse, daß ähnliche Beziehungen wie sie beim Menschen zwischen Reizgröße und Empfindung bestehen auch bei der Pflanze zwischen Reizgröße und Reaktion existieren.

Unter gewöhnlichen Umständen beurteilt der Mensch die Reizstärke nach der Intensität seiner Empfindungen und wenn wir den Reiz genau messen können, so können wir entscheiden, ob die Schätzung der Empfindung richtig ist oder nicht. Ich sage Schätzung, denn ein absolutes Maß für die Stärke der Empfindung haben wir nicht. Obwohl wir also die Größe der Empfindung nicht zu messen vermögen, so können wir doch den Betrag feststellen, um den die Reizstärke zunehmen muß, damit ein eben merkbarer Unterschied der Empfindung veranlaßt wird.

E. H. WEBER hat zuerst die Beziehungen zwischen Reizstärke und Empfindungsgröße bei seinen Versuchen über den Drucksinn des Menschen ausfindig gemacht und hat dabei das nach ihm benannte Gesetz gefunden, welches besagt, daß der Zuwachs des Reizes, der eben einen merklichen Unterschied in der Empfindung bewirkt, immer

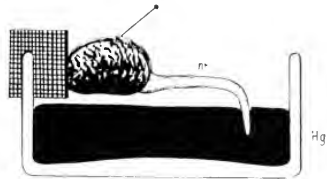


Fig. 74.

Wurzel *w* eines Bohnenkeimlings (*Phaseolus multiflorus*) über Quecksilber *Hg* horizontal gelegt, krümmt sich geotropisch nach abwärts und dringt in das Quecksilber ein. Natürl. Größe. (Original.)

denselben Bruchteil des Anfangsreizes ausmacht, also im gleichen Verhältnis zur Größe des Anfangsreizes steht.

Werden z. B. verschiedenen schwere Gewichte auf die Fingerspitzen aufgelegt, so werden noch Gewichte als verschieden eben wahrgenommen, die sich wie 29 : 30 verhalten, z. B. Gewichte von 14,5 und 15,0 oder 29 und 30 oder 290 und 300 Gewichtseinheiten. Trotzdem die absolute Größe des Gewichtszuwachses hier sehr wechselt, beträgt der Zuwachs stets den gleichen Bruchteil des Anfangsgewichtes, nämlich $\frac{1}{29}$. Das WEBERSCHE Gesetz hat sich nun auch für die Pflanze als gültig erwiesen. So für die Chemotaxis der Bakterien, der Samenfäden der Moose und Farne, für den Chemotropismus der Pilzhyphen, Pollenschläuche und Keimwurzeln und zum Teil auch für den Geotropismus¹⁾.

Interessant ist, daß in seltenen Fällen bereits ausgewachsene Organe durch die Schwerkraft wieder zum Wachstum angeregt und zu geotropischen Krümmungen veranlaßt werden können. Das ist bei den Grasknoten der Fall. Wenn ein bereits ausgewachsener Getreidehalm durch Sturm oder Regen geknickt und horizontal gelegt wurde, so beginnen die Unterseiten der Knoten neuerdings zu wachsen und sich infolgedessen geotropisch aufwärts zu richten. Dieser Vorgang spielt bei den Gräsern und anderen mit Knoten versehenen Stengeln, besonders aber in den Getreidefeldern eine wichtige Rolle, weil er die durch Dichtsaaat oder Sturm gelagerten Halme in den Stand setzt, sich wieder aufzurichten.

In neuerer Zeit haben HABERLANDT²⁾ und NEMEC³⁾ durch Aufstellung der sogenannten Statolithentheorie versucht zu zeigen, daß das Gewicht der in den Zellen befindlichen Stärkekörnchen oder anderer fester Körperchen auf das empfindliche Plasma einwirkt und daß auf diese Weise der Schwerkraftreiz in der Pflanze vermittelt wird, in ähnlicher Weise, wie dies auch bei Tieren durch analoge Körperchen (Statolithen) geschieht. Auf diesen interessanten Gegenstand kann aber hier nicht eingegangen werden, da er dem Ziele des vorliegenden Werkes ferne liegt.

Die Trauerbäume.

Die Natur gefällt sich oft in Gegensätzen. Wir haben gerade gehört, daß die Hauptzweige der Bäume das Bestreben haben, mehr oder minder vertikal nach aufwärts zu wachsen und das ist uns so selbstverständlich geworden, daß uns die Trauerbäume, die mit ihrem Hängewuchs gerade das Gegenteil davon bekunden, wie ein physiologisches Paradoxon erscheinen.

Trauerformen sind bereits von vielen Gehölzen bekannt: Birke, Buche, Esche, Pappel, Ulme, Sophora, Caragana u. a.

Sie entstehen in der freien Natur, in Gärten oder in Baumschulen als sprungweise auftretende Variationen⁴⁾ der normal wachsenden Mutterarten, sei es, daß ein einzelner Ast am Baume oder ein Sämling unter

¹⁾ STARK, P., Das WEBERSCHE Gesetz in der Pflanzenphysiologie. Ztschr. f. Allg. Physiologie. XVIII. Bd. 1919, p. 371.

²⁾ HABERLANDT, G., Physiologische Pflanzenanatomie. 4. Aufl. 1909, p. 540.

³⁾ NEMEC, B., Über die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1901, Bd. 36.

⁴⁾ KORSCHINSKY, S., Heterogenesis und Evolution. Flora 1901, Bd. 89, Ergänzungsbd. z. Jg. 1901, p. 271. Hier eine reiche Zusammenstellung von Beispielen über den Ursprung von Trauer- und Pyramidenbäumen.

tausenden normalen die Abweichung zeigt. In einem Bestand von etwa hundert *Fraxinus excelsior*-Bäumen beobachtete ich vor Jahren im Wiener Prater ein 12 m hohes Exemplar, das in der Mitte der Stammhöhe einen reichverzweigten Seitenast entwickelte, der im Gegensatz zu allen anderen Ästen typischen Hängewuchs aufwies. Die als Reiser von diesem Aste verwendeten Sprosse zeigten durchwegs nach der Pfropfung den Charakter des Trauerbaumes.

Die merkwürdige Eigentümlichkeit des Wachstums der Trauerbäume vererbt sich durch Samen nicht gerade häufig. Sie ist aber für einzelne Fälle sicher dargetan. So hatte eine Trauerweide ihren charakteristischen Hängewuchs allen ihren Sämlingen mitgeteilt. Interessant ist, daß Sämlinge einer Trauerbirke im botanischen Garten von Edinburgh die ersten zehn oder fünfzehn Jahre aufrecht wuchsen, später aber sich wie echte Trauerbäume verhielten. In einer Hecke fand man eine Eibe mit ganz niederliegenden Ästen. Sämlinge davon zeigten genau dasselbe Wachstum.

Diesen Fällen stehen andere gegenüber, bei denen die Vererbung der Trauerform durch Samen nicht stattfindet: Buche, Ulme, Esche, doch verhält sich eine und dieselbe Art nicht immer gleich; deshalb hat auch DARWIN die Vererbung des Wuchses der Trauerbäume als eine kapriziöse hingestellt¹⁾.

Der Trauerbaum wird nicht vom Samen oder vom Steckling gezogen, weil die Zweige am Boden herumliegen und von anderen Pflanzen leicht überwuchert würden. Damit ein Trauerbaum mit all seinen Eigentümlichkeiten recht zur Geltung kommen soll, muß er durch Veredelung auf einen Hochstamm der normalen Art fortgepflanzt werden (Fig. 75).

Die Ursache des Entstehens der Trauervarietät und die Ursache der abnormalen Wachstumsrichtung ist nicht bekannt.

Für die Ursache des Abwärtswachsens hat man hauptsächlich zwei Umstände verantwortlich gemacht: negativen Heliotropismus und die durch die Blätter hervorgerufene starke Belastung der Zweige.

DETROCHER glaubte das Hängen der Zweige der Traueresche durch

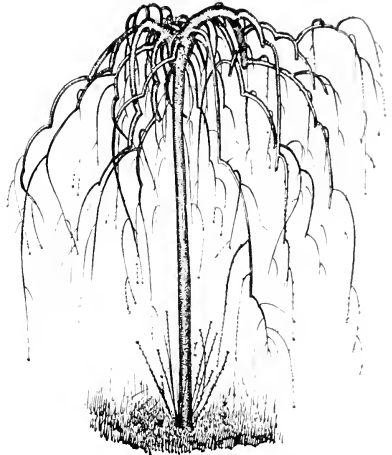


Fig. 75.

Caragana arborescens, Trauerbaum. Aus der normalen Unterlage kommen knapp über dem Boden aufrechte Triebe hervor. (Original.)

¹⁾ DARWIN, C., Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation. Deutsche Übers. v. V. CARL'S 1868, I. Bd., p. 24.

negativen Heliotropismus (p. 141) erklären zu können¹⁾, aber schon VÖCHTING hat das Unrichtige dieser Ansicht dargetan. Hingegen wird die Ansicht HOFMEISTERS²⁾, daß die Belastung der Blätter das Hängen der Äste hervorruft, von VÖCHTING³⁾ gestützt, indem er zu dem Schlusse kommt, „daß für die Mehrzahl der Fälle die HOFMEISTERSche Ansicht bezüglich der das Hängen der Zweige bewirkenden Ursache die richtige sei. Sie ist erwiesen für die Sprosse der hängenden Formen von *Fagus sylvatica*, *Corylus avellana*, *Sophora japonica*, *Fraxinus excelsior*, *Salix babylonica*, *S. purpurea* u. a.“. VÖCHTING bleibt nur im Zweifel, ob die Belastung die einzige Ursache sei und ob nicht in einem oder dem anderen Falle noch eine andere Ursache hinzukomme.

Ich gebe zu, daß das Gewicht der Blätter das Abwärtswachsen der Zweige begünstigen kann, zumal wenn, wie bei der Hängeesche, die Stengelglieder länger oder schmaler sind als bei den normalen Stammformen, allein die maßgebende Ursache kann ich darin nicht erblicken, weil mir bei vielen Trauerbäumen (*Caragana*!) die Zweige stark genug erscheinen, um die Blattlast zu ertragen. Die Sprosse wenden sich entweder gleich anfangs nach unten, oder sie wenden sich zuerst etwas negativ geotropisch aufwärts und wachsen erst dann nach abwärts. Man könnte daran denken, daß im Geotropismus eine Umstimmung erfolgt, daß die Zweige, nachdem sie einige Zeit schwach negativ geotropisch waren, dann positiv geotropisch werden, doch darüber bestehen keine verlässlichen Angaben und solange nichts Sicheres darüber vorliegt, halte ich es für besser zu sagen, daß wir die wahre Ursache des Hängewuchses nicht kennen. Auf mich haben die Trauerbäume stets den Eindruck des Krankhaften gemacht und es erscheint mir nicht unmöglich, daß sich die Erscheinung einmal als eine pathologische entpuppen wird.

Die Trauerform erscheint bei verschiedenen Trauerbäumen nicht in derselben Strenge ausgebildet. Die Äste der einen wachsen nach abwärts und verharren zeitlebens in dieser Wachstumsrichtung (*Sophora*, *Caragana*). Die Äste der anderen wachsen zwar auch nach abwärts, aber einzelne, namentlich solche, die an den höchsten Punkten der bogig gekrümmten Äste stehen, erheben sich aufwärts, ihre Nebenäste jedoch hängen wieder und dieser Vorgang kann sich mehrmals wiederholen, so daß Schirme von Zweigen übereinander stehen (*Fraxinus excelsior* v. *pendula*). Endlich kann eine allmähliche Aufrichtung der Äste dadurch entstehen, daß die älteren drei- bis mehrjährigen Teile der Hauptzweige und Äste sich negativ geotropisch aufrichten. Die jungen Teile dieser Äste aber hängen wieder alle nach abwärts.

Der Trauerbaum stellt ein gutes Beispiel einer unzuweckmäßigen Variation dar, denn, sich selbst überlassen, würden wohl die Zweige auf einem niederen Stamm entstehend und am Boden darniederliegend, von anderen Pflanzen überschattet werden und im Kampfe ums Dasein ihren Wettbewerbern unterliegen. —

Einen Gegensatz zu den Trauerbäumen bilden jene gleichfalls durch sprungweise Variation entstandenen Baumformen, deren Haupt- und

¹⁾ DUTROCHET, H., Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des Végétaux et des Animaux. Paris 1837, T. II, p. 90.

²⁾ HOFMEISTER, W., Über die durch die Schwerkraft bestimmten Richtungen von Pflanzenteilen. Ber. d. math.-physik. Kl. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. 1860, p. 205.

³⁾ VÖCHTING, H., l. c. II, p. 91.

Nebenäste sich ungemein stark negativ geotropisch aufrichten und dadurch einen zypressen- oder besenartigen Wuchs erhalten. Die Pyramidenpappel, *Populus pyramidalis* Roz., auch Straßen- oder Spitzpappel genannt, die „wie eine grüne Flamme zum Himmel steigt“, die Pyramidenleiche *Quercus pedunculata* var. *fastigiata* oder *pyramidalis*, *Robinia pseudacacia* var. *pyramidalis*, *Ulmus campestris* var. *fastigiata* und andere Gehölze gehören hierher. Bei allen diesen Varietäten erscheint der negative Geotropismus der Seitenzweige aus unbekanntem Ursachen viel stärker ausgebildet als bei denen der normalen Stammart und dadurch entsteht eben die besenartige Form.

b) Der Heliotropismus.

Welch große Bedeutung dem Lichte für das Pflanzenleben zukommt, ist in diesem Buche schon mehrfach betont worden, so bei der Kohlensäureassimilation, beim Wachstum und beim Etiolieren. Sein und Nichtsein einer Pflanze hängt oft vom Lichte und einer genügenden Menge des Lichtes ab. Die Pflanze ist daher bestrebt, ihre Teile dem Lichte gegenüber so zu stellen, daß sie ihrer Aufgabe am besten entsprechen können. Wenn man am Walde rande die verschiedenen Gewächse betrachtet, so fällt auf, daß die Stängel, Blätter und Blüten sich vom Waldesschatten weg zum Lichte hinwenden. Wie kommt es dazu?

Man kann sich den Sachverhalt leicht klar machen, wenn man einen Kohlkeimling zunächst im Finstern im Wasser zieht (Fig. 76). Seine Wurzel ist vertikal nach abwärts, sein Stängel mit den beiden Keimblättern nach aufwärts gerichtet. Wird der Dunkelsturz beseitigt und Licht in der Richtung des Pfeiles einseitig einfallen gelassen, so bemerkt man alsbald, daß sich die Wurzel von der Lichtquelle weg- und der Stängel zur Lichtquelle hinwendet, unter günstigen Verhältnissen so stark, daß Wurzel und Stängel sich in die Richtung des Lichtes einstellen. Auch die Blattstiele haben das Bestreben, sich in die Richtung der Lichtstrahlen zu stellen, die Blattflächen aber stellen sich, genügende Lichtstärke vorausgesetzt, senkrecht dazu. Diese Krümmungsbewegungen vom oder zum Lichte nennen wir heliotropische und die Erscheinung selbst Heliotropismus oder Phototropismus, und so wie man bei Geotropismus drei Arten unterschieden hat, so auch hier: Den zur Lichtquelle sich krümmenden Stängel bezeichnet man als positiv, die vom Lichte wegwachsende Wurzel als negativ und die sich mit ihren Spreiten senkrecht zum Lichteinfall einstellenden Blätter als transversal-heliotropisch.

Die heliotropischen Erscheinungen¹⁾ sind außerordentlich verbreitet: die meisten Stängel, Blattstiele und Fruchträger vieler Pilze sind positiv, viele Wurzeln — sehr schön läßt sich dies an den Haftwurzeln des Efeu, an den Luftwurzeln der Selaginellen, an einseitig beleuchteten Luftwurzeln der Orchideen, ferner an den Wurzelhaaren der Lebermoose und Farnvorkeime beobachten — sind negativ und die meisten Blattflächen transversal-heliotropisch.

¹⁾ WIESNER, J., Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. XXXIX, 1879 und Bd. XLI, 1880.

FITTING, H., Reizerscheinungen der Pflanzen, III. Tropismen. Handwörterbuch d. Naturwissenschaften. VIII. Bd., p. 234.

PRINGSHEIM, E. G., Die Reizbewegungen der Pflanzen. Berlin 1912.

In der Natur erscheint der Heliotropismus für ein ungeschultes Auge oft verschleiert, da ja die Lichtquelle, die Sonne, ihre Stellung zur Pflanze im Laufe eines Tages fortwährend ändert und sozusagen um die Pflanze herumgeht, aber schon an einem Waldrande, wo sich die einseitige Beleuchtung besser geltend macht, springt der Heliotropismus mehr in die Augen, noch mehr in einem einseitig beleuchteten Gewächshaus oder an einem Zimmerfenster. An solchen Orten erhalten die Pflanzen eine

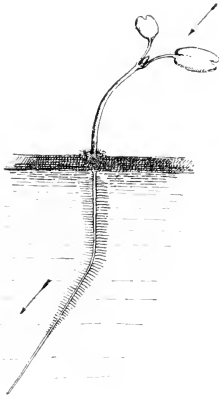


Fig. 76.
Heliotropismus eines
Kohlkeimlings. Wurzel nega-
tiv, Stengel positiv und Blatt-
flächen transversal heliotropisch.
(Original.)



Fig. 77.
Begonia sp. Heliotropismus
der Blätter. Das Licht fällt von
rechts ein. Die Blattstiele stellen
sich annähernd in die Richtung
des Lichteinfalls, die Blattflächen
senkrecht darauf. (Original.)

Vorder- und eine Hinterseite. Man betrachte die am Fenster gezogene Begonia (Fig. 77). Ihre Blattstiele wenden sich alle heliotropisch zum Fenster, d. h. zum Lichte und ihre Blattflächen haben sich zum Lichteinfall so eingestellt, daß sie möglichst viel Licht auffangen. Diese Stellung ist für die Pflanze außerordentlich günstig und daher ist es auch nicht ratsam, die Lage einer solchen Pflanze zum Lichteinfall zu ändern. Haben die Blätter einer Begonia bei einseitiger Belichtung einmal eine heliotropische Lage angenommen, so empfiehlt es sich, sie darin zu belassen, weil sie sonst in eine für die Assimilation höchst ungünstige Lage kämen und auch das Aussehen der Pflanze durch neue auftretende Krümmungen der Blattstiele leiden würde.

Ebenso wie beim Geotropismus läßt sich auch beim Heliotropismus zeigen, daß die heliotropische Krümmungsbewegung durch Wachstum zustande kommt. Der einseitig belichtete, sich positiv heliotropisch krümmende Stengel erfährt an der vom Lichte abgewandten Seite eine Beschleunigung und an der dem Lichte zugewandten Seite eine Ver-

zögerung des Längenwachstums im Verhältnis zu dem allseitig belichteten Stengel. Bei der negativ heliotropischen Wurzel ist es gerade umgekehrt. Ihre stärker belichtete Flanke wird stets konvex und die langsamer wachsende Gegenseite immer konkav. Die Krümmung tritt stets in der wachsenden Region ein und sie ist in der Regel in der Zone des stärksten Wachstums am deutlichsten.

Wie kommt es nun, daß beim positiv heliotropisch sich krümmenden Stengel die stärker belichtete Vorderseite weniger wächst als die schwächer belichtete Rückseite? DE CANDOLLE (1832) erklärte dies durch die Annahme, daß die beschattete Seite gewissermaßen etioliere, also im Längenwachstum weniger gehemmt werde als die belichtete Seite. Nach diesem Autor handelt es sich um Wachstumsunterschiede an der konkaven und konvexen Seite infolge ungleicher Lichtintensität. Später gab man diese Erklärung auf und glaubte, daß die heliotropisch sich krümmende Pflanze nicht den Lichtintensitätsunterschied an den beiden gegenüberliegenden Seiten, sondern die Richtung der Lichtstrahlen empfinde. Fast die ganze einschlägige Literatur der letzten 50 Jahre steht im Banne dieser Theorie.

In neuerer Zeit sind aber Versuche von BLAAUW¹⁾ und BUDER²⁾ gemacht worden, die wohl überzeugend dartun, daß die Pflanze nicht auf die Richtung, sondern auf die Helligkeitsunterschiede reagiere. Man kommt also wieder auf die alte DE CANDOLLESche Erklärung zurück, aber mit viel besserer Begründung.

So konnte BLAAUW zeigen, daß der einzellige Sporangiumträger des Schimmelpilzes *Phycomyces*, wenn er allseitig gleichmäßig belichtet wird, nach wenigen Minuten schon eine Wachstumsbeschleunigung erfährt, während der junge Stengel eines Sonnenblumenkeimlings unter denselben Verhältnissen eine Wachstumsverzögerung erleidet. Beobachtet man nun die Lichtintensität an der Vorder- und an der Rückseite bei einseitiger Belichtung, so erscheint bei *Phycomyces* infolge der Strahlenbrechung die rückwärtige Hälfte viel heller als die vordere und da das stärkere Licht eine stärkere Wachstumsbeschleunigung hervorruft, so muß die Rückseite stärker wachsen, sie muß konvex werden und der *Phycomyces* muß sich zur Lichtquelle krümmen. Ganz entsprechend verhält sich auch der Keimstengel. Hier ist allerdings die vordere Hälfte stärker belichtet, aber da im Gegensatz zu *Phycomyces* der Sonnenblumenstengel bei allseitiger Belichtung eine Wachstumsstärkung erfährt, so muß hier bei einseitiger Belichtung die Vorderseite gleichfalls weniger in die Länge wachsen als die minder belichtete, der Stengel muß sich also auch zur Lichtquelle krümmen.

Das Verhalten der Wurzeln steht gleichfalls mit BLAAUWs Anschauungen im Einklang. Jene Wurzeln, die bei allseitiger Beleuchtung in ihrem Längenwachstum nicht beeinflußt werden (Rettich, Kresse, Hafer), zeigen auch keinen Heliotropismus in Gegensatz zu jenen, deren Wachstum im allseitigen Licht eine Verlangsamung erfährt. Von vornherein möchte

¹⁾ BLAAUW, A. H., Licht und Wachstum. I. und II. Ztschr. f. Bot., 1914, p. 641 und 1915, p. 465 und III. Overdruk mit deel XV der Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool. 1918.

²⁾ BUDER, J., Die Inversion des Phototropismus bei *Phycomyces*. Ber. d. deutsch. botan. Ges., 1918, p. 104.

Derselbe, Neue phototropische Fundamentalm Forschungen. Ebenda 1920, p. 10.

man glauben, daß der Heliotropismus positiv sein müßte, aber ein genaueres Studium der Lichtbrechungsverhältnisse bei der negativ heliotropischen Wurzel des Senfs (*Sinapis alba*) durch BLAAUW ergab, daß gerade die sich krümmende unterste Spitzenzone infolge der eigentümlichen Gestalt der Wurzelspitze und der Lichtbrechung eine Lichtkonzentration in der hinteren Hälfte aufweist. Mithin muß diese weniger wachsen und konkav werden.

In Übereinstimmung mit BLAAUWS Ergebnissen stehen neue Versuche BUDERS. Einer dieser zeigt, daß der positive Heliotropismus von Phycomyces, ohne an der Lichtintensität und Bestrahlungsdauer etwas zu ändern, in negativen umgewandelt werden kann,

wenn man die Sporangiumträger nicht in Luft beläuft, sondern diese

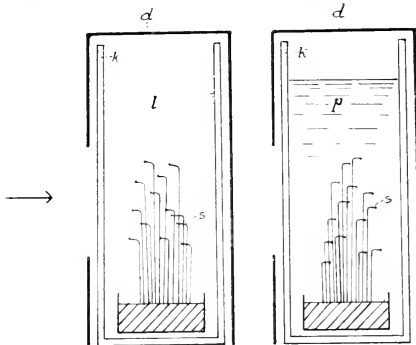


Fig. 78.

Umkehrung des Heliotropismus des Schimmelpilzes *Phycomyces*. Links in Luft *l*, rechts in flüssigem Paraffin *p*. *d* Dunkelsturz mit Öffnung für den Eintritt des Lichtes, *K* Kävette, *s* Sporangiumträger. Frei nach BUDER.

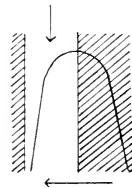


Fig. 79.

Belichtung der linken Spitzenhälfte eines Haferkeimlings von oben. Schematisch. Der obere Pfeil gibt die Richtung des einfallenden Lichtes und der untere die spätereintretende Krümmungsrichtung an. Frei nach BUDER.

durch flüssiges Paraffin (Fig. 78) ersetzt. In Luft ist bei einseitiger Belichtung die größte Lichtintensität an der von der Lichtquelle abgewendeten Seite der Zelle, im Paraffin aber ist es umgekehrt und dementsprechend krümmt sich der Sporangiumträger hier negativ.

Wird die Spitze eines jungen Haferkeimlings durch ein senkrecht von oben kommendes Strahlenbüschel derart belichtet, daß nur die eine Hälfte getroffen wird (Fig. 79), so tritt eine Krümmung ein: die belichtete Hälfte wird konkav und die dunkle konvex. Beide eben angeführten Versuche sprechen gegen die Theorie von der Perzeption der Richtung der Lichtstrahlen, lassen sich aber mit der von der ausschlaggebenden Bedeutung der ungleichen Lichtintensität in der vorderen und hinteren Hälfte des Organs gut in Einklang bringen.

Die heliotropische Empfindlichkeit ist verschieden groß, bei vielen Pflanzen sehr groß, ja in manchen Fällen eine geradezu erstaunliche. Keimlinge des Hafers, der Wicke, Erbe und Linse, im Finstern gezogen, gehören zu den heliotropisch empfindlichsten, die wir kennen. Ein ganz kleines, leuchtendes Flämmchen eines Bunsenbrenners, bei dem man in der Dunkelkammer kaum groben Druck zu lesen vermag, ruft

in einer Entfernung von ein bis zwei Meter bei den genannten Keimlingen positiven Heliotropismus hervor. Starkes direktes Sonnenlicht von nur $\frac{1}{2000}$ Sekunde Dauer und schwaches diffuses Licht von nur $\frac{1}{40}$ Sekunde Dauer genügt schon für die Auslösung einer heliotropischen Krümmung beim Haferkeimling.

Wenn ein Reiz einen sichtbaren Effekt hervorrufen soll, so muß er eine gewisse Zeit hindurch einwirken. Die kürzeste Entwicklungsdauer des Reizes, die unter bestimmten Verhältnissen schon die Reaktion z. B. Heliotropismus oder Geotropismus veranlaßt, nennt man die Präsentationszeit. Je intensiver der Reiz — innerhalb gewisser Grenzen — desto kürzer die Präsentationszeit. Ist die Intensität des Lichtes für eine bestimmte Pflanze einmal J und ein andermal i und sind dementsprechend die Präsentationszeiten t und T , so ist $Jt = iT$ d. h. das Produkt aus Reizintensität und Präsentationszeit ist konstant. Oder mit anderen Worten: gleiche einstrahlende Lichtmengen rufen gleiche Wirkungen hervor (FRÖSCHEL und BLAAUF).

Wenn der aufrechte Stengel sich zur Lichtquelle hinkrümmt, so entfernt er sich immer mehr von der Vertikalen und nähert sich der Horizontalen. Dadurch wird der negative Geotropismus geweckt und dieser sucht den Stengel wieder in die Vertikale zurückzubringen. So entwickelt sich zwischen den beiden Tropismen ein Kampf, der zu einer resultierenden Gleichgewichtslage

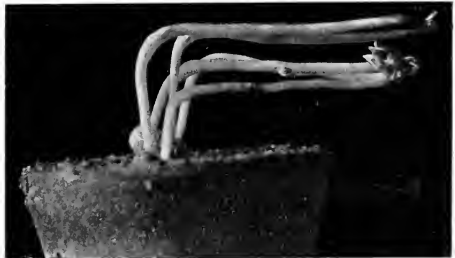


Fig. 80.
Positiver Heliotropismus von Erbsenkeimlingen.
Die Stengel wachsen horizontal auf die Lichtquelle zu.
(Original.)

führt. An dieser können aber noch andere Bewegungen teilnehmen, auf die aber hier nicht eingegangen werden kann. Bei heliotropisch sehr empfindlichen Gewächsen überwiegt der Heliotropismus derart, daß die Stengel sich anscheinend nur vom Lichte leiten lassen und sich genau in die Richtung des Lichtes stellen, wie die Fig. 80 zeigt. Ja, solche Pflanzen können, wenn das Licht von unten kommt, sogar ihre normale Wachstumsrichtung ganz aufgeben und dem Lichte nach abwärts folgen.

Stellt man einen Keimling zwischen zwei Lichtquellen, z. B. zwischen zwei Fenstern oder vor zwei Glühlampen, so stellt er sich in die Resultierende der beiden Lichtstärken ein¹⁾.

Die Art des Heliotropismus muß bei ein und demselben Organ nicht immer dieselbe sein, sie kann wechseln, d. h. ein Organ kann, je nach Umständen, positiv oder negativ sein. Die auf Stadt- und Schloßmauern häufig anzutreffende *Linaria cymbalaria* erzeugt kleine blaßviolette Blüten, deren Stiele vor der Befruchtung positiv heliotropisch zum Lichte gewendet sind. Nach der Befruchtung aber werden sie negativ helio-

¹⁾ HAGEM, O., Über die resultierende phototropische Lage bei zweiseitiger Beleuchtung. Bergens Museums Aarbok 1911. Nr. 3.

tropisch, fliehen das Licht und gelangen dadurch mit den reifenden Früchten in Mauer- und Felsritzen, wo die Samen abgelagert und vor dem Herabfallen bewahrt werden. Die Stengel der Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*) neigen sich, am Südfenster kultiviert, alle zum Fenster hinaus, im Sommer aber, wenn die Dauer und die Intensität des Lichtes größer geworden ist, wachsen sie vom Fenster hinweg in das Zimmer hinein. Hier bestimmt die Größe der Lichtintensität die Art des Heliotropismus. OLTMANN¹⁾ hat gezeigt, daß ein und dasselbe Organ bald positiv, bald negativ oder indifferent sein kann, je nach der Intensität des einwirkenden Lichtes. Die Sporangien(Frucht)träger des Schimmelpilzes *Phycomyces* eignen sich für solche Versuche ausgezeichnet. Kulturen vor einer Bogenlampe, deren Lichtstärke 5300 Hefnerkerzen entspricht, sind in einer Entfernung von 50 bis 60 cm indifferent, in einer Entfernung von 20 bis 25 cm negativ und in einer Entfernung von 65 bis 80 cm positiv heliotropisch. Ähnlich verhielten sich auch Kresse- und Gerstenkeimlinge, mit dem Unterschiede, daß größere Lichtintensitäten notwendig sind, als bei dem Schimmelpilz, um die indifferente Haltung und den negativen Heliotropismus des Keimstengels zu zeigen. Der letztere wurde in OLTMANN'S Versuchen tatsächlich nicht erzielt. Später ist es unter Berücksichtigung der Vorbelichtung und der dadurch hervorgerufenen Stimmungsverhältnisse PRINGSHEIM²⁾ und CLARK³⁾ gelungen, negativen Heliotropismus bei Keimlingen auch bei relativ geringen Lichtintensitäten auszulösen.

Während wir also über die inneren Vorgänge im Plasma sich heliotropisch krümmender Organe nichts Bestimmtes wissen, liegt der Nutzen heliotropischer Erscheinungen klar zutage. Bei der großen Bedeutung des Lichtes für die Pflanze leuchtet der Vorteil ohne weiteres ein. Die Pflanze muß vor allem trachten, ihre Blattflächen in eine für die Durchleuchtung und die Kohlensäureassimilation möglichst günstige Lage zu bringen und dafür ist durch den Heliotropismus in ausgezeichneter Weise gesorgt.

Die Stellung mancher Blätter, z. B. der Fiederblättchen der falschen Akazie (*Robinia*) wechselt im Laufe des Tages je nach der Belichtungsstärke. Ist der Himmel bewölkt und bietet er nur diffuses Licht, so erscheinen die Fiederblättchen horizontal ausgebreitet, fällt aber direktes Sonnenlicht vom Zenith ein, so weichen sie dem zu starken Lichte aus, indem sie sich aufrichten und mit ihren Oberseiten nähern. Auf diese Weise können sie sich den jeweilig zuträglichsten Lichtintensitäten anpassen. Die Lageänderungen vollziehen sich an der Basis der Blätter und Blättchen, bei *Robinia* und anderen Leguminosen in den Gelenken durch Turgoränderungen. Die Mehrzahl der anderen Pflanzen entbehrt solcher Gelenke und ihre Blätter können nur, solange sie noch wachsen, in eine für sie günstige Beleuchtungsstellung gelangen. Haben sie diese einmal angenommen, so verharren sie nach Beendigung ihres Wachstums darin. WIESNER hat diese endgültige Blattlage gegenüber dem Lichte als fixe Lichtlage bezeichnet und gezeigt, daß sie nicht durch das direkte, sondern durch das stärkste diffuse Licht bestimmt wird. Sehr

¹⁾ OLTMANN, F., Über positiven und negativen Heliotropismus. *Flora* 1897, p. 1.

²⁾ PRINGSHEIM, E., Beitr. z. Biol. d. Pflanz. IX. Bd. (1907) und (1909), X. Bd. (1910).

³⁾ CLARK, O. L., *Zeitschr. f. Bot.* 1913, V. Jg., p. 737.

schön kann man die fixe Lichtlage an den an der Wand klimmenden beblätterten Sprossen vom Efeu und von verschiedenen Ficus-Arten und ungemein deutlich im Buchenwalde beobachten. Fällt mitten im Walde das stärkste diffuse Licht hier von oben herab, so erscheinen alle Blätter eines Astes, obwohl sie der Anlage nach um die Sproßachse in einer Schraubenlinie angeordnet sind, genau horizontal gestellt, so daß ein Regentropfen nicht herabkollert, sondern ruhig liegen bleibt.

Von großer Bedeutung erscheint die Tatsache, daß junge Keimlinge gewisser Gräser nicht längs ihrer ganzen wachsenden Strecke heliotropisch empfindlich sind, sondern nur an der Spitze. Hierzu gehören das Borstengras, *Setaria viridis*, die Hirse, *Panicum miliaceum*, und andere Gräser. Hier ist nur die Spitze des Keimblattes befähigt, den Lichtreiz aufzunehmen, während sich die Krümmung in dem darunter liegenden Stengelglied (Hypokotyl) vollzieht.

Beleuchtet man also nur die Spitze des Keimblattes, so tritt die heliotropische Krümmung weiter unten in dem finster gehaltenen Teile ein. Beleuchtet man hingegen das Stengelglied, aber nicht die Spitze, so bleibt die heliotropische Krümmung aus. Wir haben also hier in der Spitze des Keimblattes ein eigenes Organ zur Aufnahme des Lichtreizes gegeben und müssen annehmen, daß von diesem der heliotropische Reiz nach abwärts übertragen wird und hier erst die Krümmung auslöst. Zu diesen auf CH. DARWIN zurückgehenden Versuchen gesellen sich in neuester Zeit nicht minder interessante von BOYSEN-JENSEN¹⁾ und PÄAL²⁾, die beweisen, daß die Reizfortpflanzung von der Spitze nach abwärts auch über eine Schnittfläche hinweg geleitet werden kann, die den Ort der Reizung von dem der Krümmung trennt. Trägt man die oberste Spitze des Haferkeimblattes durch einen Querschnitt ab, klebt man das abgeschnittene Stück mit 10% Gelatine genau in der ursprünglichen Stellung wieder auf den Stumpf auf (Fig. 81a, b, c) und belichtet man nunmehr die äußerste aufgesetzte Spitze einseitig, während der übrige Teil des Keimlings finster gehalten wird, so krümmt sich nach mehreren Stunden der im Finstern befindliche Teil nach der Lichtquelle zu (Fig. 81d). Es ist somit zu einer heliotropischen Reizübertragung ein unversehrter Zusammenhang von Zellen nicht notwendig, sondern diese kann auch über eine Schicht zerstörter Zellen durch Gelatine erfolgen.

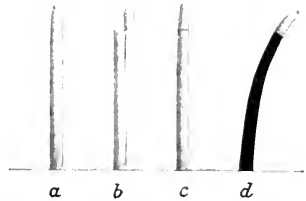


Fig. 81.

Haferkeimlinge, etwas vergrößert, *a* unversehrter Keimling, *b* geköpfter Keimling, *c* Keimling, dem die abgeschnittene Spitze mit Gelatine wieder aufgesetzt wurde, *d* wie *c*, nur die aufgesetzte Spitze beleuchtet, der übrige Teil finster gehalten. Der Lichtreiz wird von der Spitze durch die Gelatine hindurch in den dem Lichte entzogenen Teil des Keimlings übertragen und dieser krümmt sich heliotropisch zur Lichtquelle.

¹⁾ BOYSEN-JENSEN, La transmission de l'irritation phototropique dans l'Avena. Acad. royal de Danemark. Bull. 1911 und: Über die Leitung des phototropischen Reizes: d. Avenakoleoptile. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 31, p. 559.

²⁾ PÄAL, A., Über phototropische Reizleitung. Jahrb. f. wiss. Botan. Bd. 58, 1918, S. 406.

Dadurch wird es wahrscheinlich, daß auch bei der unbeschädigten Pflanze die Reizleitung durch Diffusion von im Wasser löslichen Stoffen erfolgt.

Diese Versuche werden zweifellos der Ausgangspunkt von neuen Arbeiten über Reizfortpflanzung werden und scheinen geeignet, unsere Anschauungen über Reizvorgänge zu vertiefen. Sie haben auch bereits durch STARK¹⁾ eine lehrreiche Erweiterung auf die Übertragung von Wund- und Berührungsreizen erfahren, die die beim Heliotropismus gewonnenen einschlägigen Erfahrungen stützen und erweitern.

Lichtgenuß.

Während man die Beziehungen des Lichtes zu einzelnen Lebenserscheinungen seit langem sehr eifrig und mit bedeutendem Erfolg studiert hat, blieb eine Frage lange wenig beachtet, nämlich die Frage nach dem Verhältnis der Pflanze als Ganzes zur natürlichen Beleuchtung.

Jeder, der die Pflanzenwelt mit offenem Auge betrachtet, wird alsbald bemerken, daß das Lichtbedürfnis der Pflanze sehr verschieden ist. Man spricht von Sonnen- und Schattenpflanzen. Die Sonnenrose (*Helianthus annuus*) und die Hauswurz (*Sempervivum tectorum*) gedeihen am besten an Orten, die das volle Sonnenlicht genießen. Der Sauerklee (*Oxalis acetosella*), zahlreiche Moose und Farne hingegen lieben den Schatten des Waldes. Man braucht nur den Standort beider Arten von Pflanzen zu vertauschen, um sofort zu sehen, daß sie dann nur kümmerlich gedeihen oder zugrunde gehen. Zwischen diesen beiden Extremen gibt es zahlreiche Übergänge, das Lichtbedürfnis ist eben außerordentlich verschieden. Um es anzudeuten, hat man sich lange Zeit mit den Worten sonnig, halbsonnig, schattig, tiefschattig, Nordfenster oder Südfenster begnügt oder angegeben, daß die betreffende Pflanze im Walde am Waldesraude oder unter Gebüsch vorkommt. Solche Bezeichnungen waren aber nur ein Notbehelf, genau so, als ob man, um die Temperatur zu kennzeichnen, Ausdrücke wie warm, kühl oder kalt gebraucht, anstatt die Temperatur durch Temperaturgrade zu kennzeichnen.

Es ist das große Verdienst WIESNERS, durch langjährige, an verschiedenen, weit entlegenen Punkten der Erde vorgenommenen Untersuchungen das Lichtbedürfnis der Pflanze als Ganzes studiert und uns eine einfache Methode an die Hand gegeben zu haben, durch die es leicht gelingt, die Lichtintensität an beliebigen Orten rasch zu bestimmen²⁾. WIESNER ermittelt zahlenmäßig das Verhältnis der der Pflanze zukommenden Lichtstärke zum gesamten Tageslicht, und dieses Verhältnis bezeichnet er als Lichtgenuß (L) der Pflanze. Bezeichnet man mit i die auf die Pflanze (oder eines ihrer Organe) einfallende Lichtstärke und mit J die Intensität des ganzen Tageslichtes, so ist der Lichtgenuß $L = \frac{i}{J}$.

Setzt man in diesem Bruche $i = J$, so erhält man $\frac{1}{J}$ d. i. den relativen Lichtgenuß. Drückt man hingegen die Lichtstärke in einheitlichem Maße aus, so erhält man den absoluten Lichtgenuß. — Das von BUNSEN und ROSCOE eingeführte Verfahren, Lichtintensitäten zu

¹⁾ STARK, P., Studien über traumatropie und haptotrope Reizleitungsvorgänge etc., Jahrb. f. wissensch. Botanik, 60. Bd. 1921, p. 67.

²⁾ WIESNER, J., Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig 1907.

messen, besteht darin, daß man auf ein in bestimmter Weise vorbereitetes photographisches Papier (Normalpapier) Licht einwirken läßt und die eintretende Färbung des Papiers unter Berücksichtigung der erforderlichen Zeit mit einem konstanten Farbenton (Normalton) vergleicht. Dabei gilt das Gesetz: Gleiche Schwärzungen des Normalpapiers entsprechen gleichen Produkten aus Belichtungsdauer und chemischer Lichtintensität. Oder anders ausgedrückt: Für gleiche Schwärzungen des Normalpapiers verhalten sich die zur Geltung kommenden Lichtintensitäten umgekehrt wie die zur Hervorbringung dieser Schwärzung erforderlichen Zeiten¹⁾.

Die Lichtintensität, die in einer Sekunde eine mit dem Normalton übereinstimmende Schwärzung des Normalpapiers hervorruft, wird als Maßeinheit der chemischen Lichtintensität angenommen und kurz als **BUNSEN**-sche Einheit bezeichnet. In Wien ist die Intensität des gesamten Tageslichtes zur Mittagszeit bei völlig unbedecktem Himmel in den ersten Tagen des Mai = 1.

Das von **BUNSEN** und **ROSCOE** ausgearbeitete Verfahren war, weil ziemlich umständlich, für lichtklimatische und pflanzenphysiologische Untersuchungen nicht recht brauchbar, wurde aber von **WIESNER** so vereinfacht, daß man nunmehr mit größter Leichtigkeit an beliebigen Orten Lichtintensitätsbestimmungen machen kann. Erforderlich sind dafür: Normalpapier *p*, Normalton *n*, ein Handinsolator, dessen Einrichtung sich aus der Figur 82 ergibt, und eine Sekundenstoppuhr (Chronograph).

Der Handinsolator besteht aus einem mit schwarzem Papier umkleideten Holzbrettchen *b*, das oben zur Aufnahme der Papiere *p* und *n* einen Schlitz *ss*₁ enthält, und ferner aus einer verschiebbaren gelben Glasplatte *g*, die es gestattet, die Papiere vor der Lichtmessung zu bedecken, um sie vor der chemischen Einwirkung des Lichtes zu schützen.

Soll eine Intensitätsbestimmung gemacht werden, so verfährt man nach **WIESNER** in folgender Weise: „In den Insolator wird ein Streifen des Normaltones hineingeschoben und daneben mit der nötigen Vorsicht ein Streifen des Normalpapiers, das man (mit der gelben Glasplatte) so lange bedeckt hält, bis die Bestimmung beginnt. Man bringt den Insolator in die erforderliche Lage, stellt denselben, z. B. bei Bestimmung des gesamten Tageslichtes, horizontal, setzt die Uhr in Gang und läßt das Licht so lange einwirken, bis auf dem Normalpapier die Farbe des Normaltones erschienen ist. In dem Augenblicke arretiert man die Uhr. Aus der Zeit, welche vom Beginn bis zum Schlusse der Bestimmung verfloß, ermittelt man die Intensität, indem man die Zahl Eins durch die Zahl der zur Färbung erforderlich gewesenenen Sekunden dividiert. Waren z. B. 80⁰ erforderlich, damit

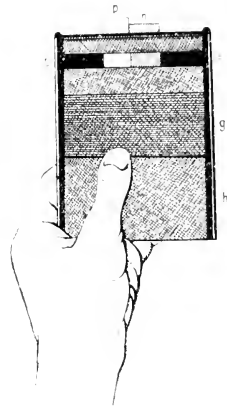


Fig. 82.

WIESNER'S Handinsolator, Holzbrettchen *b*, Schlitz *ss*₁, gelbe, verschiebbare Glasplatte *g*, Normalton *n*, Normalpapier *p*. Verkleinert. (Original.)

¹⁾ **WIESNER**, J., l. c., p. 11.

aut dem Normalpapier die Normalfarbe erschien, so ist die Intensität $J = 1:8 = 0.125$ in BUNSENSCHER Einheit ausgedrückt“ (p. 149). Am Ende der Bestimmung wird die gelbe Glasplatte wieder sofort über die Papiere geschoben. Bei Lichtintensitäten, die größer als 1 sind, wird die Bestimmung mit dem Normalpapier ungenau, da ja schon innerhalb des Bruchteils einer Sekunde die Schwärzung erreicht wird und eine so kurze Zeit sich schwer scharf beurteilen läßt. Um über diese Schwierigkeit hinwegzukommen, bedient sich WIESNER höherer Skalentöne. Wird das Normalpapier bei der Lichtintensität = 1 beispielsweise durch n Sekunden belichtet, so erhält man eine Färbung, aus der man die Lichtstärke ableiten kann, wenn man n durch die zur Erreichung dieser Färbung erforderliche Zeit dividiert. Die auf diese Weise erhaltenen Skalentöne werden mit LEFRANCSCHEN Farben kopiert. Auf weitere Einzelheiten kann hier nicht näher eingegangen werden, da jeder, der sich mit Lichtmessungen abgibt, ohnedies auf WIESNERS erwähntes Buch zurückgreifen muß¹⁾.

Es muß betont werden, daß die geschilderte Lichtmeßmethode nur die sogenannte chemische Lichtintensität angibt, die von den stark brechbaren Strahlen (blau, violett, ultraviolett), also den sogenannten chemischen Strahlen ausgeht und über die Intensität der schwächer brechbaren Strahlen direkt nichts aussagt. Darin liegt zweifellos ein Fehler der Methode, allein es hat doch schon einen großen Wert, wenn man die chemische Intensität kennt; erstens sind ja viele Lebensvorgänge der Pflanze (Wachstum, Heliotropismus usw.) gerade von diesen gemessenen Strahlen abhängig und zweitens haben die bei der Aufsuchung relativer Werte, also des Lichtgemisses, gewonnenen Bestimmungen auch für die ganze Strahlung Geltung. Ideal ist die Methode allerdings nicht, aber trotz ihrer Mängel hat sie großen Nutzen gestiftet und ist für Pflanzengeographen und Pflanzenphysiologen unentbehrlich geworden.

Eine Verbesserung in der Lichtmessung strebt HECHT²⁾ an durch Verwendung neutraler, aus Tuschglyzeringelatine hergestellter, stetig verlaufender Graukeile als lichtabsorbierendes Medium und darunter gelegten Normalpapiers, das mit einer Skala versehen ist und je nach der Dauer und Intensität der Belichtung verschieden tief geschwärzt wird. Diese Art der Messung hat den großen Vorteil, daß die Lichtintensität nicht in längeren Zeitintervallen, sondern kontinuierlich gemessen wird.

WIESNER hat den Lichtgenuß zahlreicher niederer und höherer Pflanzen bestimmt und die folgende, seinem Buche³⁾ entnommene Tabelle gibt einen deutlichen Begriff von den verschiedenen Ansprüchen, die die Pflanzen an das Licht stellen. Die Maxima erreichen bei allen hier angeführten Holzgewächsen den Wert 1. Der Einfachheit halber wurden daher in der Tabelle nur die Lichtminima angegeben. Alle Angaben beziehen sich auf den vollends belaubten Baum:

¹⁾ Der WIESNERSCHE Handinsolator samt dem dazu gehörigen Normalton, Normalpapier, Skalentönen und einer kurzen Anweisung über seine Benutzung ist durch die Firma R. Lechner, Spezialwerkstatt für wissenschaftliche Instrumente, Wien I, Graben 30—31 käuflich zu erhalten. Eine gute Zusammenfassung der Methoden zur Bestimmung der chemischen Lichtintensität für biologische Zwecke findet man bei VOCK V., in Abderhaldens Handb. d. biochem. Arbeitsmethoden, S. 180.

²⁾ HECHT, W., Das Graukeilphotometer im Dienste der Pflanzenkultur. Eine neue Methode zur kontinuierlichen Messung der Lichtintensität. Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Kl. Abt. IIa, 127. Bd. 1918, S. 2283.

³⁾ WIESNER, J., l. c., p. 153.

Lichtgenuß einiger mitteleuropäischer Bäume und Sträucher.

(Nach in Wien und Umgebung angestellten Beobachtungen.)

(L. min.)

Buxus sempervirens	$\frac{1}{10^8}$?)	freistehender Gartenstrauch
Fagus silvatica	$\frac{1}{3^5}$?)	freistehender Baum (Gartenform)
Aesculus hippocastanum	$\frac{1}{8^3}$?)	freistehender Baum (Gartenform)
Fagus silvatica	$\frac{1}{6^6}$		geschlossener Bestand
Aesculus hippocastanum	$\frac{1}{5^7}$		geschlossener Bestand
Carpinus betulus	$\frac{1}{5^6}$		geschlossener Bestand
Acer platanoides	$\frac{1}{5^5}$		geschlossener Bestand
Acer campestre	$\frac{1}{4^3}$		freistehender Baum
Acer negundo	$\frac{1}{2^8}$		geschlossene Baumgruppe
Quercus pedunculata	$\frac{1}{2^6}$		geschlossene Baumgruppe
Ailanthus glandulosa	$\frac{1}{2^2}$		freistehender Baum
Thuja occidentalis	$\frac{1}{2^6}$		freistehender Baum
Populus alba	$\frac{1}{1^5}$		freistehender Baum
P. nigra	$\frac{1}{1^1}$		freistehender Baum
Pinus laricio	$\frac{1}{1^1}$		kleiner, nicht dichter Bestand
Betula verrucosa	$\frac{1}{9}$		üppig entwickelter Gartenbaum
Liriodendron tulipifera	$\frac{1}{7^5}$		einzelstehender Gartenbaum
Salisburya adiantifolia	$\frac{1}{1}$		freistehender Baum
Populus monilifera	$\frac{1}{6}$		Baumgruppe
Fraxinus excelsior	$\frac{1}{5^8}$		Baumgruppe
			ähnlich wie bei Pinus laricio
Larix decidua	$\frac{1}{5}$		freistehender Baum.

Man sieht aus dieser Tabelle ohne weiteres, daß die Minima bei den verschiedenen Bäumen sehr verschieden sind und daß z. B. Buxus, Fagus und Aesculus noch mit viel geringeren Lichtmengen auskommen als Salisburya, Fraxinus oder Larix.

Lichtmessung und Pflanzenkultur. Die Lichtmessung kann auch der Pflanzenkultur Dienste leisten und wertvolle Winke geben. Die Forschungen von CIESLAR, v. WEINZIERL, STEBLER, VOLKART, EWERT, L. LINSBAUER und STRAKOSCH, bezüglich welcher auf WIESNERS²⁾ Buch hingewiesen sei, liefern dafür schöne Belege. Bei der Pflanzung von Gehölzen und krautigen Pflanzen auf einem bestimmten Orte kann die Kenntnis des Lichtgenusses von Nutzen sein. Zwar hat der geschulte Gärtner in dieser Hinsicht ein geübtes und bewährtes Taktgefühl, aber dies reicht doch nur bis zu einer bestimmten Grenze; darüber hinaus wird man sich mit Vorteil an das zahlenmäßig festgestellte halten.

Das Licht im Gewächshaus. Sehr wichtig ist eine genaue Beurteilung der Lichtverhältnisse im Glashauss. Daß man diese früher nicht genügend gewürdigt hat, geht aus den vom Standpunkte der Belichtung höchst unpraktisch gebauten Gewächshäusern hervor, wie man sie in Europa bis etwa zu den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts errichtet hat. Das Gewächshaus der älteren Zeit hatte meist eine undurchsichtige Rückwand, an welche sich die Glasfront ziemlich steil anlehnte. Das

¹⁾ Unter $\frac{1}{3^6}$ werden die Lichtgenußbestimmungen unsicher.

²⁾ WIESNER, J., l. c., p. 275.

Licht fiel der Hauptsache nach nur von vorn ein und auch hier wurde noch zum Schaden der Pflanzen durch ein übermäßig sich breit machendes Fensterrahmenwerk aus Holz viel Licht abgehalten. Solche Häuser konnten wohl zur Überwinterung von Neuholländern, Orangen, Koniferen und anderen Kaltbauspflanzen, die im Winter nicht wachsen und zu dieser Zeit wenig Licht bedürfen, dienen, aber für Primeln, Nelken, Veilchen, Rosen, Treibgurken, kurz für wachsende Pflanzen, die auch in den lichtarmen Monaten Blüten bringen sollen, erscheinen solche Glashäuser einfach untauglich. Der Gärtner lernte mit der Zeit einsehen, daß namentlich für Schnittblumenpflanzen möglichst viel Licht nötig ist, und seitdem diese Ansicht zur herrschenden geworden, datiert der große Umschwung im Gewächshausbau, wie er sich in den letzten 40 Jahren vollzogen hat. Das moderne Gewächshaus muß das Licht von oben und von beiden Seiten einfallen lassen und hat daher ein fast ganz aus Glas bestehendes Satteldach, dessen Gerippe zumeist nicht aus Holz, sondern aus dünnen, wenig Schatten spendenden Eisenschienen geformt ist. Das Gewächshaus besteht heute, abgesehen von den niedrigen Grundmauern, sozusagen ganz aus Glas. Der ganze Bau zielt darauf ab, möglichst viel Licht einzufangen.

In einem so gebauten Gewächshaus wird natürlich in den Sommermonaten bei der großen dargebotenen Lichtmenge das Licht und die Wärme zu stark werden und das Licht muß dann durch entsprechende Schattierung gedämpft werden; aber in den Monaten Oktober bis März kann man für blühende Gewächse nicht genug davon haben; ja manche Gärtner gehen derzeit so weit, daß sie selbst bei einfacher Verglasung des Gewächshauses das Decken mit Brettern und Strohecken über Nacht unterlassen und es vorziehen, lieber mehr zu heizen, als auf das Morgen- und Abendlicht für die Pflanzen zu verzichten. Nur so ist es möglich geworden, viele Pflanzen auch im Winter zur Blüte zu bringen und in der Treiberei Erfolge zu erzielen, die früher in den nach altem Stile gebauten Gewächshäusern nicht gut möglich waren.

Über die Belichtungsverhältnisse eines Gewächshauses gibt uns eine Untersuchung von STONE¹⁾ Aufschluß, in der die Lichtintensitätsbestimmungen mit Glasröhren vorgenommen wurden, die mit bestimmten (leider nicht näher bezeichneten) lichtempfindlichen Flüssigkeiten gefüllt waren. Entsprechend der Intensität des Lichtes war der Grad der Verfärbung. Aus dieser Abhandlung ergibt sich folgendes:

Ein vergleichsweises Studium des Morgenlichtes von 9—12 Uhr und des Nachmittagslichtes von 12—3 während eines ganzen Jahres ergab, daß das Morgenlicht durchschnittlich um etwa 10,7% stärker ist als das Nachmittagslicht. In Gewächshäusern, die in der Richtung Nord-Süd laufen, war die Ernte an der Ostseite um 15 bis 30% größer als an der Westseite. In einem Gurkenhause waren die Unterschiede noch größer. Daraus geht hervor, daß die Lage des Gewächshauses einen großen Einfluß auf die Belichtungsverhältnisse und auf das Gedeihen der Pflanzen hat. Als beste Lage wird von STONE bei Gewächshäusern, die beiläufig von Ost nach West laufen, eine solche empfohlen, die um 15—20 Grad nach Nordosten verschoben ist. Bei einem solchen

¹⁾ STONE, E. G., The relation of light to greenhouse culture. Massachusetts agricultural experiment station. July 1913. *Bullet.* 144. — Vgl. auch NEUMANN, M. u. HARTWIG, J., Grundsätze und Erfahrungen über den Bau und Anlegung von Glashäusern aller Art. Weimar 1875.

Vgl. auch HECHT, W., J. c.

Verlauf genießen die Pflanzen mehr Licht und auch die Gefahr einer Pilzansbreitung infolge des Spritzens soll geringer sein.

Von Wichtigkeit ist die Auswahl des Glases, denn die besseren Glassorten lassen viel mehr Licht durch als die schlechteren; die Unterschiede betragen 15 bis 30%. Mit dem Alter des Glases nimmt die Durchsichtigkeit ab, wobei nicht bloß der aufgelagerte Staub und Schmutz, sondern auch die chemische Veränderung des Glases eine Rolle spielt.

Auch der Winkel, den die Glasfläche mit der Richtung des Lichteinfalls macht, spielt eine wichtige Rolle. Wenn das Licht senkrecht zur Glasfläche einfällt, geht am meisten Licht durch. In einem bestimmten Falle ließen Gläser, die mit der Horizontalen verschiedene Winkel bildeten, bei horizontalem Lichteinfall durch:

bei einem Winkel von	durchgelassenes Licht
90°	100%
60°	95%
30°	84%
10°	71%

Bei einem Vergleich zweier Glashäuser, die von Ost nach West liefen, und von denen das Glasdach des einen einen Winkel von 32° und das andere einen von 46° mit der Horizontalen bildete, ergab sich im Februar eine Differenz im Lichtdurchlaß von 18%, der größere Winkel bedingte den stärkeren Durchtritt.

In inniger Beziehung mit dem Auffangen des Lichtes steht auch die Erwärmung des Gewächshauses. Das Sonnenlicht durchdringt das Glas sehr leicht, wird von den im Glashaus befindlichen, meist dunklen Gegenständen (Boden, Balkenwerk) verschluckt und in Wärme umgesetzt. Diese Wärme wird im Gewächshause zurückgehalten, da Glas für Wärmestrahlen wenig durchlässig ist. Das kalte Gewächshaus und das kalte Mistbeet wird daher bei Besonnung geheizt.

Man ist gegenwärtig, namentlich bei dem Großbetrieb, wie er in Amerika oft zu finden ist, bestrebt, anstatt zahlreicher, kleiner Gewächshäuser wenige, aber größere zu bauen und da taucht sofort die Frage auf, ob nicht in den breiten Häusern die Pflanzen zu weit vom Glase zu stehen kommen und ob sie darin nicht zu wenig Licht empfangen; denn die herrschende Meinung geht dahin, daß die Pflanze um so weniger Licht genießt, je weiter sie vom Glas entfernt steht. Nach STONES Untersuchungen trifft dies nicht zu, sondern er behauptet, daß das Licht in einer Entfernung von fünf Fuß vom Glas ebenso intensiv ist wie in der von dreißig Fuß. Dies kann aber nur in Gewächshäusern zutreffen, die das volle Himmelslicht von allen Seiten genießen. In einseitig beleuchteten Gewächshäusern, die das Licht nur von vorn erhalten, muß wohl das Licht mit der Entfernung vom Glas abnehmen, analog wie in einem Zimmer. Daher hat es seinen guten Grund, wenn die Gärtner in solchen Gewächshäusern sehr lichtbedürftige Pflanzen möglichst nahe dem Glase aufstellen.

Eine gleichfalls viel erörterte Frage ist die, ob ein Gewächshaus einfache oder doppelte Verglasung haben soll. Der Hauptvorteil der doppelten liegt wohl im Wärmeschutz. Demgegenüber aber stehen der große Kostenpunkt, die schädliche Ansammlung von Staub, Ruß und Algen, die schwer zu entfernen sind, und die starke Verschluckung

von Licht durch die doppelte Schichte von Glas. Diese beiden letzten Nachteile fallen bei der einfachen Verglasung weg. Daß die Blätter unter einfachem Glase mehr Stärke im Lichte bilden als unter doppelter Glasdecke, läßt sich schon bei der SACHSschen Jodprobe (vgl. p. 42) erweisen. Dies ist insbesondere für wachsende, blühende und fruchtende Pflanzen von großer Bedeutung. Daher neigt man im Kreise der Praktiker heute mehr zur einfachen Verglasung.

c) Der Hydrotropismus.

Der feuchte Boden ist für die Wurzel so wichtig, daß man sich nicht wundern darf, daß sie auch mit der Fähigkeit ausgestattet ist, der Feuchtigkeit zuzustreben. Durch Versuche von LEFEBVRE, KNIGHT, JOHNSON, SACHS u. a.¹⁾ wurde die Kenntnis der Tatsache angebahnt und gesichert, daß eine vertikal hängende Wurzel, sofern sie von einer Seite feuchte, von der Gegenseite trockene Luft erhält, sich zur feuchten Luft hinkrümmt. Man kann diese „Hydrotropismus“ genannte Erscheinung in verschiedener Weise zur Anschauung bringen. Nach JOHNSON und SACHS mit Hilfe eines schief (30 bis 45°) hängenden, mit Sägespänen gefüllten Siebes. Wird das Sieb mit Samen beschildet und hängt es, nachdem es gut begossen worden, in verhältnismäßig trockenem Raume, so schmiegen sich die Würzelchen, sobald sie das Sieb durchwachsen, den feuchten Sägespänen an, in dunstgesättigtem Raume findet hingegen keine Ablenkung von der normalen Wachstumsrichtung statt, sie wachsen dann vertikal abwärts.

Nach meinem Vorschlag kann der Hydrotropismus in folgender Weise sehr anschaulich demonstriert werden. Ich bediene mich hierzu eines etwa 13 bis 19 cm langen und 14 bis 15 cm breiten soliden Tontrichters, dessen von zahlreichen, zur Seite blickenden Löchern durchbohrter Rand sich etwa 1 cm senkrecht aufwärts erhebt. Der Rand bildet eine Art Ringwall, der einerseits den Wurzeln durch die Löcher den Durchtritt gestattet, andererseits aber das Herabgleiten der die Samen bedeckenden Sägespäne verhindert. Der Trichter wird zuerst ins Wasser gestellt, damit er sich hier vollsaugt, und dann mit seinem Stiel in ein mit Wasser vollständig gefülltes Hyazinthenglas getaucht. Es ist zweckmäßig, den äußeren Trichtermantel samt Stiel noch mit Filtrierpapier zu umgeben, um die Aufsaugung des Wassers durch den Trichter noch zu unterstützen und seine Oberfläche recht feucht zu erhalten. Nun werden die Keimlinge mit ihren 1 bis 3 cm langen Würzelchen so auf die obere Fläche des Trichters gelegt, daß gerade nur die Wurzelspitzen aus den Löchern des Randes hervorlugen. Hierauf werden die Keimlinge — sehr schön gelingt der Versuch mit Zea mais — mit einer 1 bis 2 cm hohen, nassen Sägespänschichte bedeckt und das Ganze schließlich in einem finsternen Kasten bei einer Temperatur von etwa 20° aufgestellt. Der Versuchsraum darf nicht zu trocken und nicht zu feucht sein, ein Feuchtigkeitsgrad von etwa 72 ist sehr vorteilhaft. Im Laufe des Versuches kommen die Würzelchen aus den Löchern hervor, krümmen sich zuerst geotropisch nach abwärts und dann im scharfen Bogen dem feuchten Trichter zu, um, demselben sich an-

¹⁾ MOLISCH, H., Untersuchungen über den Hydrotropismus. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien 1883, I. Abt., 88. Bd., p. 897.

schmiegend, weiter zu wachsen (Fig. 83a). Nach einigen Tagen treten an den Hauptwurzeln Nebenwurzeln erster und höherer Ordnung auf, die, mögen sie an welcher Seite der Hauptwurzeln immer angelegt sein, sich stets der feuchten Oberfläche des Trichters zuwenden.

Wird derselbe Versuch unter einem durch eine dünne Wasserschicht abgesperrten Glassturz, also in einem dunstgesättigten Raume gemacht, so bietet die Wachstumsrichtung der Wurzeln ein wesentlich anderes Bild dar; sie streben nicht dem feuchten Trichter zu, sondern wachsen einfach vertikal abwärts (Fig. 83b). Man kann den Einfluß des Feuchtigkeitsunterschiedes und der allseitig gleichmäßigen Luftfeuchtigkeit auf wachsende Wurzeln auch an ein und demselben Trichter zeigen, indem

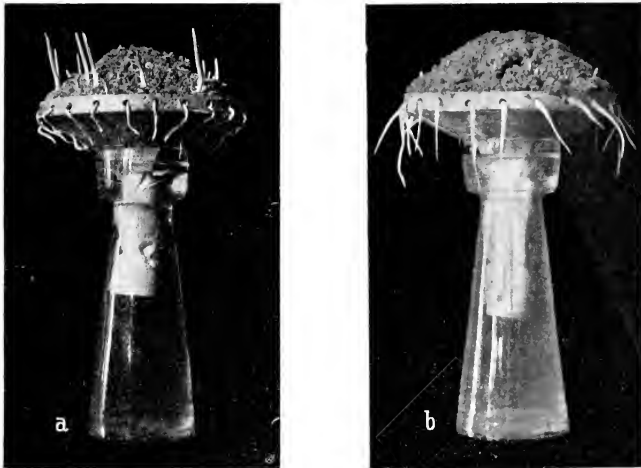


Fig. 83a u. b.

Hydrotropismus der Wurzeln.

- a) Die Wurzeln in mäßig feuchtem Raume wachsen dem feuchten Trichter zu.
 b) Die Wurzeln im dunstgesättigten Raume wachsen nach abwärts. Siehe Text.
 (Original.)

man die Wurzeln auf diesem hydrotropisch werden läßt und dann einen Glassturz darüber deckt. Von diesem Augenblicke verlassen sie die feuchte Fläche und wachsen vertikal nach abwärts. — Die Wurzelhaare von Lebermoosen und Farnvorkieimen zeigen das gleiche Verhalten wie die Wurzeln, sind also positiv hydrotropisch. Es gibt aber auch negativ hydrotropische Pflanzenteile, d. h. solche, die sich unter dem Einflusse eines Feuchtigkeitsunterschiedes von der feuchten Seite wegwenden: die Fruchträger von Schimmelpilzen (*Mucor*, *Phycomyces*) und von *Coprinus*. —

Der Hydrotropismus ist eine Wachstumserscheinung und auffallenderweise wächst bei der Wurzel ganz gegen die Erwartung gerade diejenige Seite, die der trockenen Luft ausgesetzt ist, stärker als die der feuchten

Luft genäherte. Der Nutzen dieser Einrichtung liegt klar vor Augen, ihre Mechanik aber bleibt vorläufig rätselhaft. —

Im Gewächshause kann man den Hydrotropismus an Wurzeln, die aus der Blumentopferde hervorkommen, oder an den Luftwurzeln der Orchideen leicht beobachten. Einer Feuchtigkeitsdifferenz ausgesetzt, legen sie sich der feuchten Erde oder der Blumentopfoberfläche innig an und kriechen, ihre normale Wachstumsrichtung aufgebend, über die Unterlage dahin.

Die hydrotropische Krümmung hat für die Pflanzen eine große Bedeutung, denn sie bringt die Wurzeln in den feuchten Boden, also dahin, wohin sie gehören. Keimt ein Same auf der Erde im Lichte, so wirken positiver Geotropismus, negativer Heliotropismus und positiver Hydrotropismus in gleichem Sinne zusammen, um die Wurzel in den feuchten Boden zu führen — ein schönes Beispiel dafür, wie zweckmäßig das Bewegungsvermögen der Wurzel ausgebildet ist.

d) Der Aërotropismus.

Schließlich sei noch bemerkt, daß die Wurzeln auch durch andere Gase und Dämpfe als Wasserdampf zu bestimmten Krümmungen veranlaßt werden, die ich als aërotropische bezeichne¹⁾. Sie reagieren auf Sauerstoff, Kohlensäure, Chlor, Chlorwasserstoffsäure, Leuchtgas, Ammoniak, Chloroform, Äther u. a. Je nach der einseitig dargebotenen Menge des Gases krümmt sich die Wurzel zu der Gasquelle hin oder von ihr weg. Schädliche Gase werden, wenn sie in verdünnter Form dargeboten werden, gewöhnlich geflohen. Bezüglich des für die Wurzel sehr nützlichen und notwendigen Sauerstoffs ist die Sache etwas komplizierter, im allgemeinen aber kann man sagen, daß die Wurzeln sauerstoffarme Orte meiden. Pollenschläuche²⁾ weichen einer Sauerstoffkonzentration, wie sie z. B. die atmosphärische Luft bietet, aus und wachsen infolgedessen in die Narbe des Griffels hinein (Fig. 84). Das Bestreben der Wurzel, sauerstoffreiche Orte aufzusuchen und sauerstoffarme zu fliehen, dürfte dazu beitragen, sie vor einem allzu tiefen Eindringen in den Boden zu bewahren und ihr den Weg zu weisen, nach sauerstoffreichen Orten des Bodens zu wachsen. Daß mit der Tiefe des Bodens der Sauerstoffgehalt abnimmt, geht schon daraus hervor, daß beim Säen der meisten Nutzpflanzen eine gewisse Saattiefe nicht überschritten werden darf, weil sonst wegen Mangel an Sauerstoff die Keimung unterbleibt.

Über Organbildung.

Schon frühzeitig haben sich die Gärtner bemüht, die Organbildung der Pflanze nicht als etwas Unveränderliches zu betrachten, sondern, wenn möglich, bis zu einem gewissen Grade in bestimmte Bahnen zu lenken. Die Kultur der Formbäume, der bei der Obstkultur in großartigem Maßstabe angewendete Baumschnitt, die Stecklingszucht, das Pfropfen und Okulieren lehren, daß der Gärtner die Organbildung seit anger Zeit vielfach zu beeinflussen verstanden hat. Manches, was heute

¹⁾ MOLISCH, H., Über die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch Gase (Aërotropismus). Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. I. Abt. 1884, XC. Bd., p. 111.

²⁾ MOLISCH, H., Zur Physiologie des Pollens usw. Ebenda 1893. Bd. CII, p. 423.

als Bestandteil der Physiologie und der experimentellen Morphologie gilt, war von dem Praktiker schon früher beobachtet worden.

In streng wissenschaftlicher Weise wurde die Entstehung und Entwicklung der Organe unter dem Einflusse äußerer Kräfte mit großem Erfolge, insbesondere von VÖCHTING, v. GOEBEL¹⁾, KLEBS²⁾ und anderen gefördert und vertieft. Und VÖCHTING hat in erster Linie das Verdienst, die mit der Gärtnerei in Zusammenhang stehenden Fragen der Organbildung schon vor etwa 40 Jahren einer näheren Untersuchung³⁾ unterworfen zu haben, auf die sich das Folgende teilweise stützt. — Wenn man auch vielfach auf diesem Gebiete noch am Anfange steht, so lassen sich doch bereits viele Fortschritte verzeichnen und es wird immer deutlicher, daß sich die Organbildung durch das Experiment bis zu einem gewissen Grade beherrschen läßt. Schon der Gärtner hat uns gelehrt, wie man durch einen bestimmten Kunstgriff einen Seitenzweig zum Hauptzweig oder einen Hauptzweig zum Seitenzweig, wie man werdende Knospen je nach Belieben zu Laub- oder Fruchtprossen, wie man die Anlage eines Dornes

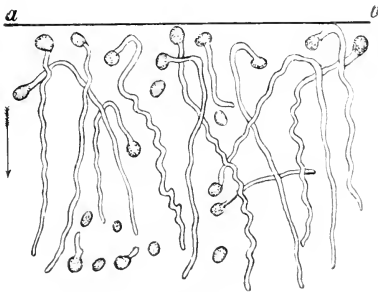


Fig. 84.

Negativer Aërotropismus der Pollenschläuche von *Narcissus Tacetta*. Die Schläuche wachsen unter dem Deckglase in (7 °) Zuckerlösung und wenden sich vom Deckglasrande *a b*, d. i. von der atm. Luft weg. (Original.)



Fig. 85.
Polarität eines Weidenzweiges. Er bildet an der Spitze Sprosse, an der Basis Wurzeln. Nach VÖCHTING.

in einen Laubproß oder eine Laubproßanlage in einen Dorn umzuwandeln vermag, mit anderen Worten, wie man die Natur einer Anlage in hohem Grade beeinflussen kann. KLEBS sagt mit Recht: „Die For-

¹⁾ GOEBEL, K., Organographie der Pflanzen. Jena 1898 u. 2. Aufl. 1913 etc. Derselbe, Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen. Leipzig-Berlin, 1908.

²⁾ KLEBS, G., Willkürliche Entwicklungsänderungen bei Pflanzen. Jena 1903.

³⁾ VÖCHTING, H., Über Organbildung im Pflanzenreich. I. Teil 1878. II. Teil 1884. Bonn.

schung muß sich das Ziel setzen, jede Formbildung durch die Kenntnis ihrer Bedingungen beherrschen zu lernen . . . Diese Beherrschung des Pflanzenlebens wird, wie ich hoffe, die Signatur der kommenden Botanik sein¹⁾.

Jeder physiologische Vorgang, auch die Organbildung, beruht auf zweierlei Ursachen, auf inneren und auf äußeren. Die inneren sind in dem Bau der lebenden Substanz, des Protoplasmas, begründet und entziehen sich der direkten Beobachtung. Zwischen den äußeren und inneren Ursachen herrscht unter konstanten äußeren Verhältnissen ein gewisses Gleichgewicht, das aber durch Änderung der äußeren Bedingungen geändert werden kann.

Unsere nächste Aufgabe soll es sein, die Faktoren zu bestimmen, die auf die Organbildung Einfluß haben, und den Anteil festzustellen, den die inneren und die äußeren Ursachen daran haben.

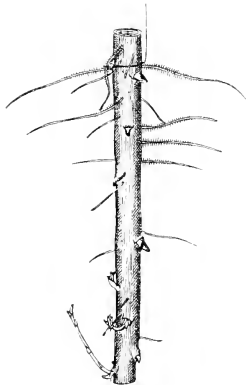


Fig. 86.

Polarität eines umgekehrten Weidensprosses. Er bildet trotz der verkehrten Lage an der Spitze (unten) Sprosse und an der Basis (oben) Wurzeln. Nach VÖCHTING.

Die Polarität.

Es soll untersucht werden, welchen Einfluß die Lage, das Licht, die Schwerkraft, das Wasser, die Verletzung und noch andere Faktoren auf die Organbildung nehmen, doch alles nur so weit, als es mit der Gärtnerei in Beziehung steht.

Wird ein Stück eines entblätterten, diesjährigen Weidenzweiges (*Salix viminalis*) von 20 bis 40 cm Länge in seiner natürlichen Lage, also mit seiner Spitze nach oben und mit seiner Basis nach unten, im finsternen dunstgesättigten Raume aufgehängt, so entwickeln sich nahe der Spitze Sprosse und nahe der Basis Wurzeln (Fig. 85).

Die oberste Knospe treibt am stärksten, die zweite und die nach unten folgenden mit abnehmender Stärke. Zwischen diesen austreibenden Augen und den am unteren Ende hervorkommenden Wurzeln liegt eine indifferente Zone, wo sich weder Triebe noch Wurzeln bilden.

Der erste Gedanke, den man bei Überlegung dieses Versuches hat, ist der, daß die Schwerkraft (analog wie beim positiven und negativen Geotropismus des Stengels und der Wurzel) die Spitze und die Basis des Zweigstückes derart beeinflußt, daß sie am oberen Pol das Austreiben der Knospen und am unteren das Hervorbrechen der Wurzeln veranlaßt.

Wäre dieser Gedanke richtig, dann müßte ein Zweigstück, das unter denselben Verhältnissen umgekehrt, also mit seinem natürlichen oberen Ende nach unten gehängt wird, sich bezüglich der Organbildung verkehrt verhalten. Aber das ist nicht der Fall (Fig. 86). Trotzdem der Zweig verkehrt hängt, entstehen die Triebe wieder an der natürlichen Spitze und die Wurzeln an der natürlichen, jetzt nach oben liegenden Basis. Es kann

¹⁾ KLEBS, G., l. c., p. 23.

also die Schwerkraft nicht die unmittelbare Ursache der Erscheinung sein und da auch sonst keine andere äußere Kraft dafür verantwortlich gemacht werden kann, so müssen wir schließen, daß hierfür eine innere erhebliche Ursache wirken muß. VÖCRRING hat sie Polarität genannt.

Wird ein Weidenzweig mit seiner Endknospe vom Muttersprosse abgetrennt, so wächst die Spitze weiter und an der Basis bilden sich Wurzeln, und wird die Endknospe entfernt, so bilden sich ein oder mehrere Seitenknospen an der Spitze zu neuen Trieben aus. In jedem Falle wird ein solches Stück zu einer neuen Lebens-einheit oder, wie es VÖCRRING nennt, zu einem „physiologischen Individuum“. Darunter versteht man jedes pflanzliche Gebilde, das entweder die zu seiner Existenz notwendigen Organe schon hat oder zu erzeugen vermag. Durch das folgende Experiment läßt sich leicht zeigen, daß man einen Zweig in mehrere solcher Lebens-einheiten zerlegen kann und daß jede einzelne wieder die Erscheinung der Polarität aufweist.

Bringt man an einem Weidenzweig von ungefähr 40 cm Länge etwa in seiner Mitte einen Ringelschnitt an, d. h. macht man zwei rings um den Zweig laufende kreisförmige Einschnitte, die bis auf das Holz gehen und etwa 5 bis 6 mm voneinander entfernt sind (Fig. 87), und hebt man die Rinde zwischen diesen beiden Kreisschnitten ab, so daß der Holzkörper an dieser Stelle nackt zutage liegt, so entsteht nach längerem Verweilen im feuchten, finstern Raume über dem Ringelschnitt gewöhnlich an der oberen Wundlippe ein kleiner Kalluswulst und gleich darüber kommen Wurzeln hervor. Unterhalb der Ringelung aber treiben die Augen. Durch den Ringelschnitt wird daher das Zweigstück in zwei durch Holz und Mark verbundene Lebens-einheiten geteilt, von denen jede einzelne wieder Spitze und Basis erkennen läßt. Ist der Zweig etwa 40 cm lang und bringt man 3, 4, 5 oder noch mehr Ringelungen an, so bilden sich ebenso viele Einheiten. Man kann die Ringelschnitte so nahe aneinander rücken, daß sie schließlich nur durch je ein Auge und das zugehörige Stengelstück voneinander getrennt sind. Ja selbst das bloße, knospenlose Stengelstück kann an seiner Basis Wurzeln entwickeln. Mit anderen Worten: der polare Gegensatz zwischen Spitze und Basis offenbart sich nicht bloß an einem ganzen Zweige, sondern auch an kleineren Teilen. Das Resultat bleibt dasselbe, ob man den Zweig ringelt oder ganz durchtrennt und ob man ihn normal oder verkehrt aufhängt.

Derartige und andere mit verschiedenen Pflanzen ausgeführte Versuche haben gezeigt, daß die Polarität allgemein verbreitet ist und Erwägungen machen es wahrscheinlich, daß in jeder dünnen Querscheibe des Sprosses, selbst in einer, die nur eine Kambiumzelle hoch ist, der polare Gegensatz vorhanden ist. Wenn er in so dünnen Schnitten nicht mehr zum Ausdruck gelangt, so ist dies nach VÖCRRING auf den Mangel an Reservestoffen und auf Wundstörungen zurückzuführen¹⁾.

¹⁾ VÖCRRING, H., l. c., I. T., p. 35.



Fig. 87.
Polarität
eines ge-
ringelten
Weiden-
zweiges.
Durch den
Ringelschnitt
r wird der
Zweig in zwei
Einheiten ge-
teilt, von
denen jede
wieder Spitze
und Basis er-
kennen läßt.
Nach
VÖCRRING.

Bekanntlich vermögen die Wurzeln zahlreicher Pflanzen Sprosse zu erzeugen und die Gärtner haben von dieser Tatsache schon lange Zeit praktischen Gebrauch gemacht.

Es läßt sich nun zeigen, daß auch in einem Wurzelstück ein polares Verhalten Platz greift, dahingehend, an der dünneren Spitze Wurzeln und an der dickeren Basis Sprosse zu bilden, gleichgültig ob das Wurzelstück normale oder umgekehrte Stellung einnimmt. Man kann sich von dieser Tatsache leicht an den Wurzeln von *Populus dilatata*, *Ulmus campestris* und *Paulownia imperialis* überzeugen.

Es wirkt also im Stengel und in der Wurzel eine innere erbliche Kraft, die an den beiden Enden sich am stärksten geltend macht. Die Begrenzung dieser Polarität hängt aber ganz von unserer Willkür ab, denn durch einen Schnitt können wir, vorausgesetzt daß nicht schon fertige Anlagen von Organen vorhanden sind, jeden beliebigen Ort entweder zur Spitze oder zur Basis einer neuen Lebensinheit machen. Wir haben es daher ganz in unserer Hand, ob eine Gruppe von Zellen zur Grundlage einer Sproß- oder Wurzelbildung wird. Die Entscheidung darüber gibt der Ort an, den die Zellgruppe an der Lebensinheit einnimmt. Aber selbst wenn schon spezifische Anlagen vorhanden sind, wird die Energie ihrer Entwicklung auch durch den Ort an der Lebensinheit bestimmt. —

Wenn es auch nach dem Gesagten unzweifelhaft erscheint, daß innere Ursachen einen ausschlaggebenden Einfluß auf den Ort der Entstehung von Wurzel und Sproß haben, so kann doch leicht gezeigt werden, daß auch äußere Einflüsse neben inneren Ursachen von Bedeutung sein können. Unter den äußeren sind in erster Linie

Schwerkraft und Licht

zu nennen. Man kann leicht beweisen, daß die Entstehung von Wurzeln gewöhnlich durch das Licht gehemmt und durch die Dunkelheit gefördert wird. Einseitig beleuchtete Efeu- und Weidensprosse bilden an der von der Lichtquelle abgewandten Seite ausschließlich oder viel reichlicher Wurzeln aus als auf der Gegenseite.

Der Einfluß des Lichtes auf die Entwicklung von Anlagen der Knospen und die ersten Anfänge ihres Auswachsens bedarf noch eingehenden Studiums, jedenfalls ist er aber nach den bisher bekannten Erfahrungen entweder nicht nachweisbar oder überhaupt nur gering¹⁾.

Mit Weidenzweigen läßt sich auch der Einfluß der Schwerkraft veranschaulichen. Ein in feuchtem Raume mit seiner Spitze nach oben aufrecht hängender Zweig bildet, wie wir bereits wissen, an seiner Spitze Triebe und an seiner Basis Wurzeln.

Wenn man nun Zweige unter verschiedener Neigung zwischen der Vertikalen und Horizontalen aufhängt, so zeigt sich nach VÖCHTING²⁾ im allgemeinen folgendes: „Je kleiner der Winkel ist, den der Zweig mit der Lotlinie bildet, um so mehr wachsen die Knospen an der Spitze, und zwar ringsum auf allen Seiten aus; je größer der Winkel wird, um so mehr bilden sich die Triebe ringsum an der Spitze und außerdem, von

¹⁾ VÖCHTING, H., l. c., p. 162.

²⁾ Derselbe, l. c., p. 169.

dieser ausgehend, auf der Oberseite, bis endlich, wenn der Zweig eine horizontale Stellung hat, die Triebe unmittelbar an der Spitze noch ringsum, von dieser aus aber nur auf der Oberseite entstehen.“

Auf einem vertikal gewachsenen, mit gleichförmig entwickelten Knospen besetzten Zweig wird, sobald er in eine geneigte oder in die horizontale Lage gebracht wird, die Wirkung zweier Kräfte deutlich, die der Spitzenwirkung (Polarität) und die der Schwerkraft. Obwohl die Schwerkraft und auch das Licht eine sichtliche Einwirkung auf Zweige äußern, so vermögen sie doch den Einfluß der Polarität nicht zu verwischen.

So wie sich der einzelne Zweig oder ein Zweigstück oder ein Wurzelstück bezüglich der Polarität verhält, so verhält sich auch ein Zweig- oder ein Wurzelsystem. An allen sproßenden entwickeln sich die den Spitzen am nächsten liegenden Knospen zu Trieben, gleichgültig, ob das System normal oder verkehrt aufgehängt ist. Wurzeln aber entstehen nur an dem basalen Ende des Mutterzweiges, so daß dieses sich physiologisch als gemeinsame Basis des ganzen Zweigsystems zu erkennen gibt. Nicht der einzelne Zweig, sondern der ganze Komplex stellt die Einheit dar¹⁾. Abgesehen von Schwerkraft und Licht, hat auch der Wassergehalt der Luft und die Berührung mit Wasser — vorausgesetzt daß hierdurch der Sauerstoffzufluß nicht unter eine gewisse Grenze sinkt — einen Einfluß auf das Auswachsen vorhandener Anlagen. Beide wirken begünstigend.

Aus den bisherigen Darlegungen erklären sich verschiedene Verfahren, die die Gärtner seit uralter Zeit bei Stecklingen, Ablegern und dem Baumschnitt in Anwendung bringen. Man vergleiche darüber die späteren Abschnitte.

Das Zweigsystem unter dem Einfluß innerer und äußerer Kräfte.

Im vorhergehenden wurde die Einwirkung der Polarität und äußeren Kräfte an abgeschnittenen Zweigen und Zweigsystemen untersucht und jetzt soll es unsere Aufgabe sein, den Einfluß der einzelnen Kräfte auf das am Baume befindliche unversehrte Zweigsystem zu prüfen.

Bezüglich der Verzweigung lassen sich bei Bäumen zwei Typen unterscheiden. Die einen zeigen das Bestreben, nur eine Hauptachse zu bilden, von der die Seitenzweige unter mehr oder minder schiefen Winkeln oder horizontal abstehen (Coniferen). Die anderen weisen zwar der Anlage nach auch eine Hauptachse auf, allein diese muß nicht bewahrt werden, sie kann durch einige oder mehrere Hauptachsen ersetzt werden (die meisten Laubbäume und Sträucher). Dazwischen gibt es Übergänge.

Im Verzweigungssystem der letzten Kategorie fallen die starken, aufrechten Zweige auf, die als Lang- oder Leit-zweige bezeichnet werden. Sie stehen gewöhnlich an der Spitze ihres Trägers, nehmen ihren Ausgang von der Endknospe oder den darauf nach unten zu folgenden Seitenknospen des vorjährigen Zweiges. Es können ein, zwei oder mehrere solcher Langtriebe entwickelt werden, in letzterem Falle nehmen sie von der Spitze des Mutterzweiges nach unten an Größe ab.

Auf die Langzweige folgen kürzere Sprosse, die gleichfalls von oben nach unten an Länge abnehmen. Sie heißen Kurz-zweige. Die Zweige

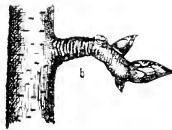
¹⁾ VÖCHTING, H., l. c. II. Bd. p. 18.

können allmählich, aber auch unvermittelt ineinander übergehen. Für unsere künftigen Betrachtungen erscheint es wichtig zu wissen, daß die Langtriebe in hohem Grade negativ geotropisch sind, während die Kurz- zweige von der Schwerkraft nur wenig oder gar nicht beeinflußt werden.

Die Langtriebe wachsen infolge der Schwerkraft aufrecht. Je kürzer die Triebe werden, desto weniger richten sie sich nach oben, und die echten Kurztriebe verbleiben in der Richtung ihrer Anlage, also mehr oder minder horizontal. Die Langtriebe bilden Blätter und lange Stengelglieder und formen das Gerüst des Baumes. Die Kurztriebe bilden zwar auch Blätter, aber nur kurze (gestauchte) Stengelglieder. Sie liefern Blüte, Frucht und sorgen für die geschlechtliche Fortpflanzung. Die nebenstehende Fig. 88



Fig. 88.
Zweige vom Birnbann (*Pyrus communis*). *a* Zweigsystem mit Lang- und Kurztrieben, stark verkl. *b* Ein Kurztrieb (Fruchtholz) in natürlicher Größe. Vgl. den Text. (Original.)



eines Birnenzweigsystems im Zustande der Winterruhe versinnlicht das Gesagte. Der Endzweig ist der stärkste Langtrieb, dann folgen schwächere Langtriebe und die noch tiefer stehenden gehen schließlich in echte Kurztriebe über, von denen einer daneben in natürlicher Größe abgebildet erscheint.

Bei schwächeren Zweigsystemen können die Mittelbildungen auch fehlen und es besteht dann das System aus einem Leitzweig, dessen sämtliche seitliche Knospen Kurzzweige darstellen. Die Kurz- zweige verdicken sich oft stark und werden dadurch sehr auffallend.

In der Obstbaumzucht spielt die genaue Kenntnis der verschiedenen Zweige eine große Rolle insbesondere beim Baumschnitt.

Man hat daher den Zweigen in der Praxis auch besondere Namen gegeben. Der Obstzüchter nennt den Langtrieb auch Leitzweig und den fruchttragenden Kurzweig Fruchtholz.

Nun wollen wir untersuchen, wie sich die Zweige am Baume in der freien Natur beim Beschneiden eines Lang- und eines Kurztriebes verhalten, weil dies für die Beurteilung des Baumschnittes von großer Bedeutung ist. Wird in der Fig. 88 der kräftige Leitzweig bei *c* abgeschnitten, so entwickeln sich die der Schnittfläche zunächst gelegenen Knospen zu Laubtrieben, die von oben nach unten an Größe abnehmen. Gewöhnlich übernimmt der nun entstehende höchstgelegene Zweig die Richtung und die Rolle des abgeschnittenen Langtriebes. Durch das Abschneiden des Leitzweiges werden die darunter liegenden Knospen, die an dem unverletzten Sproß nur eine mäßige oder gar keine Triebentwicklung bekundet hätten, zu kräftigen Triebbildung angeregt.

Wird der Schnitt anstatt bei *c* etwas tiefer bei *d* geführt, dann werden die unter dem Schnitte liegenden Knospen, die sich unter gewöhnlichen Verhältnissen zu Kurztrieben entwickelt hätten, zu Laubtrieben und

bei genügender Stärke der Knospen zu Leittrieben. Bei ungenügender Stärke der Knospen bilden sich nur schwache Laubtriebe und es übernehmen die Endknospen der zunächst stehenden Seitenzweige die Rolle von Langtrieben.

Vor dem Austrieb waren die Knospen indifferent. Durch den Schnitt gewissermaßen an einen anderen Ort (nach oben) gestellt, nehmen sie einen bestimmten Charakter an und entwickeln sich zu Langtrieben. Wir haben es daher vollständig in der Hand, eine Knospe zu einem längeren oder kürzeren Trieb auswachsen zu lassen und dies spielt beim Baumschnitt, besonders in der Obstbaumzucht, eine hochwichtige Rolle.

Wird ein Kurzweig seiner Spitze beraubt, so entstehen aus den vorhandenen, oft sehr kleinen Knospen neue Endknospen, die Blüten liefern. —

Zweige, die einen Übergang zwischen Lang- und Kurztrieben darstellen, verhalten sich nach dem Schnitt intermediär, sie ähneln in ihrem Verhalten bald den Lang-, bald den Kurztrieben, je nachdem sie mehr die Natur des einen oder des anderen besessen hatten. Der beschnittene Zweig sucht in allen Fällen den ursprünglichen Zustand herzustellen.

Wie sich schließlich Bäume verhalten, wenn sie an starken Ästen zurückgeschnitten oder gar am Hauptstamm geköpft werden, ist allgemein bekannt. Es entstehen dann aus unter dem Schnitte befindlichen schlafenden Knospen oder aus sich erst bildenden Vegetationspunkten oder sogar aus der Wurzel mehrere, oft viele Triebe, die sich durch ungemein üppiges Wachstum und aufrechten (negativ geotropischen) Wuchs auszeichnen. Einzelne dieser Triebe, die auch als Stockausschlag bezeichnet werden, übernehmen die Rolle von Leittrieben und können das abgeschnittene Zweigsystem wieder neu erzeugen. —

Ähnlich wie der Stamm verhält sich bei gleichartigen Versuchen die Wurzel. Kappt man eine verholzte, im Boden befindliche Wurzel eines Baumes, so entstehen, nachdem man die Wurzel wieder in den Boden gebettet hat, unterhalb der Wundfläche oder auf ihr selbst mehrere Adventivwurzeln, von denen eine oder mehrere eine vorherrschende Entwicklung erfahren und das abgeschnittene Stück ergänzen. Die Wurzel verhält sich also ähnlich wie der Stamm.

Die Erklärungen, die man den geschilderten Tatsachen zugrunde legte und auf denen die Lehre vom Obstbaumschnitt wesentlich beruht, wurde von älteren Botanikern bald dem aufsteigenden Saft, bald der Wärme, bald der Schwerkraft zugeschrieben, allein erst VÖCHTING¹⁾ hat gezeigt, daß neben äußeren Kräften, von denen Licht und Schwerkraft in erster Linie in Betracht kommen, hauptsächlich eine innere Kraft, die Polarität, eine wichtige Rolle spielt.

Die Bedeutung der Neigung und Krümmung des Zweiges für das Wachstum.

In der Obstbaumzucht kommt der Lage des Zweiges mit Rücksicht auf die Stärke oder Langsamkeit seines Wachstums und auf die Entwicklung von Laub- und Fruchttrieben eine große Bedeutung zu. Daher

¹⁾ VÖCHTING, II., Organbildung II, I. c. p. 32.

erscheint es zweckmäßig, das Wachstum verschieden geneigter oder gekrümmter Langzweige etwas genauer zu prüfen.

Wie sich abgeschnittene Langzweige, wenn sie in horizontale oder eine geneigte Lage gebracht werden, verhalten, wurde bereits auf p. 160 erörtert. Hier sei nur ergänzend bemerkt, daß der Zweig am Baum sich diesbezüglich ebenso verhält wie der abgeschnittene.

Wird ein Zweig am Baum in eine abwärts geneigte, zwischen der horizontalen und vertikalen Richtung befindliche Lage gebracht, so zeigt

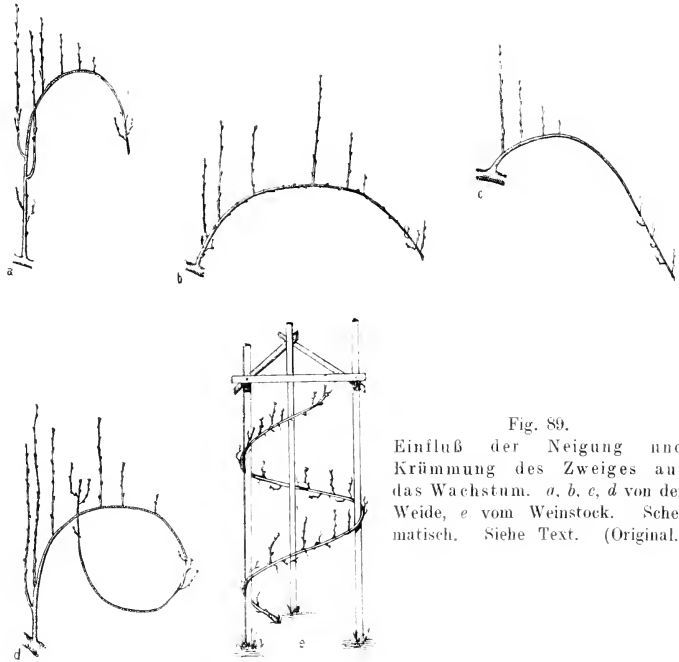


Fig. 89.

Einfluß der Neigung und Krümmung des Zweiges auf das Wachstum. *a, b, c, d* von der Weide, *e* vom Weinstock. Schematisch. Siehe Text. (Original.)

sich nach Untersuchungen von VÖCHTING, daß mit vorschreitender Annäherung an die Vertikale die Bevorzugung der Oberseite im Austreiben der Knospen aufhört und daß der schließlich vertikal umgekehrte Zweig seine Knospen zunächst an der Spitze ringsum, aber auch darüber bis zur Basis entstehen läßt, ohne daß jedoch eine Längskante dabei bevorzugt wäre. So gestaltet sich die Sache in der Zeit der ersten Stadien der Knospenbildung. Später erfahren die Triebe der Oberseite bei mehr oder minder geneigten und horizontalen Zweigen ein bevorzugtes Wachstum, wobei ihre Länge von der Spitze aus allmählich abnimmt. Es kann aber auch in der Mitte oder an der Basis des Zweiges ein Trieb die Oberhand gewinnen. Die Triebe der Unterseite bleiben im Vergleich zu denen der

Oberseite zurück und haben bei Obstbäumen die Neigung, Fruchtholz zu bilden. — Die bisherigen Angaben bezogen sich alle auf Zweige, die, mögen sie welche Neigung immer gehabt haben, gerade gestreckt waren. Nun sei das Verhalten von Sprossen erörtert, die in gekrümmter Linie befestigt sind¹⁾.

Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden: der Zweig bildet einen nach oben konvexen oder einen nach oben konkaven Bogen. Es soll hier nur der erste Fall behandelt werden, da sich daraus das Verhalten des Zweiges im zweiten Falle ohne weiteres ergibt.

Wird ein Zweig einer *Salix*-Art Anfang März seiner Spitze beraubt, im Bogen gekrümmt und so befestigt, so können bezüglich der Ausführung der Krümmung wieder mehrere Fälle unterschieden werden, die in der Fig. 89 schematisch versinnlicht werden.

1. Es wird nur der mittlere Teil des Zweiges gekrümmt, ein längeres basales Stück und ein Endstück bleiben gerade (*a*).

2. Der Zweig stellt nach der Biegung seiner ganzen Länge nach einen weiten, ziemlich gleichförmigen Bogen dar, doch so, daß die Endknospe sich über oder höchstens auf dem Niveau der Ansatzstelle des Zweiges befindet (*b*).

3. Der Zweig wird so gekrümmt wie bei 2, jedoch so, daß der gekrümmte Teil des Zweiges verschieden tief, mitunter so tief unter das Niveau gezogen wird, daß die Ansatzstelle und das darauffolgende Stück die höchstengelegenen Punkte des Zweiges bilden (*c*).

4. Der Zweig wird im Kreise so gebogen, daß die Endknospe den höchsten Punkt einnimmt (*d*).

Ans der schematischen Fig. 89 geht deutlich hervor, daß bei allen Zweigen, mögen sie wie immer gekrümmt sein, die Oberseiten im Austreiben der Knospen begünstigt sind gegenüber denen der Unterseite und daß die Knospen, die den absolut höchsten Punkt am gebogenen Zweig einnehmen und die oberen Knospen des geraden Zweigstückes, das sich zwischen der Basis und dem höchsten Punkte befindet, am stärksten wachsen. So verhalten sich Weidenzweige, aber die Versuche VÖCRRINGs haben auch für andere Bäume, z. B. für Obstbäume (Birne) dasselbe ergeben. Auch hier hat sich wieder gezeigt, daß die an der Unterseite entspringende Sprosse langsam wachsen und das Bestreben haben, sich zu Fruchtsprossen zu entwickeln.

5. Der Langzweig wird an einem passenden, aus mehreren Stämmen bestehenden Gestelle schraubenförmig herumgewunden und befestigt (*e*). Sind die Windungen sehr steil, so verhalten sich die Zweige annähernd wie vertikal aufrechte. Die Knospen entwickeln sich meist auf der ganzen Zweiglänge, die an den Spitzen sind gegenüber denen an der Basis im Wachstum bevorzugt. Verlaufen die Windungen aber weit und niedrig, also mehr horizontal, so treiben zwar auch die Endknospen rascher, allein bald macht sich ein begünstigtes Wachstum der Triebe der Oberseite der unteren Windungen geltend. Die Hemmung des Wachstums an den Trieben der oberen Windungen führt bei Obstbäumen und dem Weinstock hier zur reichlichen Bildung von Blüten und Früchten.

Verhalten aufrechter und geneigter Zweigsysteme.

Im vorhergehenden wurde das Wachstum des einzelnen Zweiges unabhängig vom System bei verschiedener Neigung und Krümmung geschildert. Und nun soll das entsprechende Verhalten des Zweigsystems selbst behandelt werden.

¹⁾ VÖCRRING, H., l. c., II. Bd., l. c. p. 45.

VÖCHTING¹⁾ hat auch diesen Gegenstand untersucht und kommt dabei zu folgenden allgemeinen Sätzen:

„Haben zwei langentwickelte Langzweige an vertikal-aufrechter Mutterachse gleiche Insertionshöhe und gleiche Neigung, so hält ihr Wachstum im allgemeinen gleichen Schritt.

Ist dagegen die Neigung der Zweige bei gleicher Insertionshöhe eine verschiedene, so erfahren dieselben auch ein verschiedenes Wachstum. Ihre Entwicklung ist um so schwächer, je größer die Neigung, um so stärker, je geringer die Neigung, je mehr sich der Zweig der vertikal-aufrechten Stellung nähert. In der letzteren selbst erreicht die Energie des Wachstums den höchsten Grad. Die Differenz im Wachstum zweier Zweige ist im allgemeinen der Differenz ihrer Neigungen proportional.“

„Das Gesamtwachstum zweier Langzweige von verschiedener Stärke und Insertionshöhe an der Mutterachse steht in geradem Verhältnis zu ihrer Stärke und Insertionshöhe und im umgekehrten Verhältnis zu ihrer Neigung (die letztere von der Vertikalen gerechnet).“

Im allgemeinen kann man daher sagen, daß bei aufrecht wachsenden Bäumen das Wachstum der Zweige um so mehr begünstigt erscheint, je direkter ihre Verbindung mit der Hauptwurzel ist. Je mehr genähert die Sprosse der auf der Mitte der Hauptwurzel errichteten Vertikale stehen, desto stärker ist ihr Gesamtwachstum, je weiter davon entfernt, desto schwächer und langsamer.

Die Ursache davon liegt in der Polarität und der Schwerkraft. Ist der Laubzweig vertikal aufrecht, so wirken diese beiden Kräfte im gleichen Sinne und daher bilden solche Zweige an der Spitze die kräftigsten Triebe und zwar ringsum. In dem Maße, als der Zweig geneigt wird, macht sich die Wirkung der Schwerkraft auf der Oberseite geltend und erreicht bei horizontaler Stellung des Zweiges ein Maximum.

Bei gekrümmten Zweigen kommen aber nach VÖCHTING noch andere Umstände in Betracht. In einem nach oben im Bogen gekrümmten Zweig wird die Oberseite gedehnt, die Unterseite gedrückt. Die Dehnung wird allmählich in Wachstum umgesetzt und der dadurch gesteigerte Nahrungszufluß begünstigt die hier vorhandenen Knospen- und Wurzelanlagen im Wachstum. Dieses Mehr an zufließender Nahrung, das der gekrümmten, gedehnten Hälfte zukommt, wird den Spitzen entzogen, und daher bleiben die Knospen hier im Wachstum zurück.

Ob die Verhältnisse wirklich so liegen, wie VÖCHTING annimmt, scheint mir nicht sicher, da die geäußerten Ansichten bisher experimentell nicht erhärtet wurden. Man könnte sich auch denken, daß die Holz- und Siebgefäße an der konvexen Seite zwar gedehnt, an der konkaven aber gequetscht werden. Gequetschte Gefäße müssen aber die Wasser- und Saftleitung schlechter besorgen als nicht gequetschte und die Folge davon müßte sein, daß die Saftleitung durch die Krümmung im ganzen zwar erschwert wird, daß aber die konvexe Seite des gekrümmten Stengels in der Ernährung begünstigt ist. Daß es sich hier um Änderungen der Ernährungsverhältnisse an den entgegengesetzten Seiten handelt, wird wohl richtig sein und nimmt auch GOEBEL²⁾ an.

¹⁾ VÖCHTING, H., l. c. II, p. 53.

²⁾ GOEBEL, K., Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen. 1905, p. 84.

Man darf ferner annehmen, daß in einem geraden Zweig die Säftebewegung leichter erfolgt als in einem gekrümmten. Dies, als richtig vorausgesetzt, legt den Schluß nahe, daß die Säftebewegung in dem vor der Krümmung liegenden basalen, geraden Teil des Zweiges und in der oberen Hälfte des gekrümmten Zweigstückes gefördert ist, während sich in dem nach abwärts geneigten Bogenstück schon die Erschwerung der Saftbewegung geltend macht.

Dementsprechend finden wir das Wachstum der Knospen und Triebe im geraden basalen Stück und an der Oberseite der Krümmung begünstigt, in dem nach abwärts gebogenen Teil aber gehemmt.

Wird ein Zweig umgekehrt, so daß die Spitze nach abwärts sieht, so tritt eine Hemmung des Längenwachstums ein. VÖCHTING¹⁾ hat beobachtet, daß die hängenden Zweige der Trauerbäume langsamer wachsen als die aufrechten und sogar bei manchen Arten an ihren Spitzen absterben.

Nach RACIBORSKI²⁾ wird bei vielen tropischen Lianen das Wachstum der herabhängenden Langtriebe gehemmt und nach dem Absterben der Spitze entstehen Kurztriebe. —

Bei manchen Lianen führt das Hängen der Langtriebe nicht zum Absterben ihrer Spitzen, wohl aber zu einer Hemmung des Wachstums und einer Umwandlung der Langtriebe in Kurztriebe.

HERING³⁾ kam auf Grund verschiedener Versuche mit Schimmelpilzen, Keimpflanzen und Trauerbäumen zu dem Schlusse, „daß die Überführung geotropischer Organe in die inverse Vertikallage eine Hemmung des Längenwachstums zur Folge hat“. HERING hat nur die inverse Lage untersucht, aber aus VÖCHTINGS Versuchen und den Erfahrungen der Obstzüchter geht hervor, daß nicht bloß die umgekehrte, sondern auch die geneigte oder horizontale Lage eines Zweiges eine Hemmung des Längenwachstums zur Folge hat. Von dieser Tatsache wird bei der Obstkultur vielfach Gebrauch gemacht, denn Neigung des Zweiges hemmt das Wachstum und diese Hemmung begünstigt die Fruchtholzbildung.

VÖCHTING hat an Weiden, der Jungfernebe, dem Efeu, der Araucaria und Opuntia die Folgen, die verkehrt eingesetzte Individuen erkennen lassen, durch viele Jahre auch nach der anatomischen Seite genau verfolgt und darüber in einem eigenen Werke berichtet⁴⁾. Die Ergebnisse bestätigen im wesentlichen VÖCHTINGS Ansichten über die Polarität. Die Erscheinungen, die die „verkehrten“ Pflanzen darbieten, sind verschieden: die Opuntia-Sprosse sterben ab, Araucaria wird im Wachstum sehr gehemmt und zeigt knotenartige Verdickungen an der Achse. Im allgemeinen wachsen die verkehrten Pflanzen schlechter als die normal gestellten, die Holzzellen bleiben kleiner und die Sprosse erfahren durch die Umkehrung abnormes Dickenwachstum. An umgekehrten Weiden sterben manchmal umfangreiche Zweigstücke ab oder es gehen schmale Gewebestreifen zugrunde.

Der Einfluß des Lichtes ist, wenn überhaupt vorhanden, auf

¹⁾ VÖCHTING, H., Organbildung, I. c., II. p. 78.

²⁾ RACIBORSKI, M., Morphogenetische Versuche. Flora, 87. Bd., Jg. 1900, p. 34.

³⁾ HERING, G., Untersuchungen über das Wachstum invers gestellter Pflanzenorgane. Jahrb. f. wiss. Bot., 40. Bd., 1904, p. 499.

⁴⁾ VÖCHTING, H., Untersuchungen zur experimentellen Anatomie und Pathologie des Pflanzenkörpers. II. Die Polarität der Gewächse. Tübingen 1918.

die ersten Wachstumsstadien sehr gering, hingegen sehr bedeutend auf die weitere Entwicklung der Triebe. Durch das Licht wird die Assimilation begünstigt und damit auch das Wachstum. Im allgemeinen kann man sagen: je besser die Beleuchtung, desto kräftiger die Entwicklung der Sprosse. —

Beim aufrechten Zweig werden die Triebe infolge der Polarität und des günstigen Lichtes in ihrem Wachstum bevorzugt. Beide Kräfte wirken gleichsinnig. Beim horizontalen Zweig unterstützen sich, falls die beste Beleuchtung von oben kommt, Licht und Schwerkraft und die Triebe entwickeln sich vorzugsweise oberseits. Ist aber das Unterlicht stärker, wie dies an dichtbelaubten Bäumen bei den unteren Ästen der Fall sein kann, dann kann auch das Licht den Einfluß der Schwerkraft überwinden, so daß sich die Triebe an der Unterseite stärker oder auch allein entwickeln.

Zweige endlich, die sich im Innern der Krone befinden und einen zu geringen Lichtgenuß haben, bleiben im Wachstum zurück oder gehen sogar zugrunde.

Der Baumschnitt.

Jeder, der eine moderne Obstbaumschule aufmerksam durchwandert und die verschiedenartigen Formbäume mit ihren natürlichen und gekünstelten Gestalten betrachtet, wird sich des Staunens kaum erwehren können. Welche tausendfältige Erfahrung mußte im Laufe der Jahrhunderte gemacht werden, welche innige Vertrautheit mit dem Wachstum und der ganzen Natur des Baumes mußte sich der Praktiker aneignen, bis er imstande war, den Baum wie eine plastische Masse in die Form eines Pyramiden-, eines Spalier-, eines Schnurbaumes, einer Palmette oder eines Kesselbaumes zu zwingen! Aber nicht bloß die Form weiß der Gärtner zu regeln und zu bändigen, er hat auf Grund einer mehrhundertjährigen Erfahrung auch gelernt, den Obstbaum zu zwingen, frühzeitig und überaus reichhaltig Früchte zu tragen. Die Obstbaumkultur ist das Ergebnis eines mehrtausendjährigen Experimentierens in der Praxis und liefert ein glänzendes Zeugnis für die glückliche Beobachtungsgabe des einfachen Mannes. Wie in so vielen anderen Fällen zeigt sich auch hier, daß der Naturmensch der Wissenschaft höchst wertvolle Pionierdienste geleistet hat, die die Grundlage zu wissenschaftlichen Untersuchungen abgeben¹⁾.

Bei der Zucht der Formbäume und der Förderung des Fruchttragens spielt der Baumschnitt eine außerordentlich wichtige Rolle, ja ohne Baumschnitt wäre moderne Obstkultur überhaupt nicht zu denken.

Wenn wir nun die in der Praxis zur Anwendung kommenden Methoden des Baumschnittes und andere Manipulationen von unseren in den vorigen Kapiteln dargelegten experimentellen Erfahrungen überschauen, so zeigt sich eine völlige Übereinstimmung zwischen Theorie und Praxis, wie sich aus dem Folgenden noch genauer ergeben wird.

Der Baumschnitt oder, allgemeiner gesagt, das Schneiden, wird in der Praxis angewendet

1. zur Herstellung der Form,
2. zur Förderung der Blüten- und Fruchtbildung

¹⁾ MOLISCH, H., Der Naturmensch als Entdecker auf botanischem Gebiete. Populäre biologische Vorträge. Jena 1920. p. 165.

und zur Herstellung eines harmonischen Verhältnisses zwischen Wurzel und Krone,

3. zur Verjüngung.

1. Herstellung der Form. Bekanntlich entwickeln sich die Endknospen stärker als die Seitenknospen. Die Endknospen lenken den Nahrungsstrom auf sich zu und von den Seitenknospen bis zu einem gewissen Grade ab. Entfernt man die Endknospe oder das Ende eines beläuterten Zweiges — eine Prozedur, die man Entspitzen (Pinzieren) nennt — so kommt die Nahrung in erhöhtem Maße den Seitenknospen, namentlich aber den der Endknospe und Zweigspitze genäherten zugute und diese treiben entweder aus oder sie erstarken. Will man daher einer Topfpflanze eine buschige Form geben, so kneipt man die Enden der Haupttriebe ab. Dadurch werden die Seitenknospen zum Austreiben veranlaßt und indem man nun die Seitentriebe wieder entspitzt und dieses Verfahren, wenn notwendig, mehrmals wiederholt, erhält man schließlich ein dichtes Verzweigungssystem: eine buschige Form.

Die Form der mit der Schere zugeschnittenen Hecken und die im Gartenstile LEXÖRRE's gezogenen geradlinigen und wandartig zugestutzten Baumalleen, die Kugellorbeer- und Kugelbuchs-bäume beruhen gleichfalls auf dem Entspitzen der Endknospen und dem Wecken der Seitenknospen. Die Japaner und Chinesen lieben es sogar, gewisse Pflanzen so zuzustutzen, daß sie die Form eines Vogels, eines Hundes oder eines anderen Tieres erhalten. Wenn auch dieses gerade nicht nachahmenswerte Kunststück keine Verbreitung verdient, so zeigt es doch, wie leicht man einer Pflanze eine bestimmte, selbst komplizierte Form aufzwingen kann.

Eine besonders wichtige Rolle spielt aber der Baumschnitt bei den Formbäumen der Obstkultur. Hier gilt es, dem Baum eine bestimmte Form und gleichzeitig eine starke und frühe Fruchtbarkeit aufzuzwingen. Es kann nicht meine Aufgabe sein, die mannigfaltigen vom Gärtner angewendeten Methoden für die einzelnen Arten der Formbäume zu schildern; wer sich dafür interessiert, findet in den vortrefflichen aus der Praxis und für die Praxis geschriebenen Büchern von GACCHER¹⁾ und LUCAS²⁾ alles Wissenswerte erörtert. Mir kommt es nur darauf an, die Beziehungen zwischen Theorie und Praxis zu beleuchten. — Jeder Baum hat von Haus aus eine bestimmte Gestalt. So wie die Form der Blüte, des Blattes, der anatomische Bau in der Natur des Baumes begründet ist, so auch seine Gestalt (Habitus). Wenn aber der Obstzüchter einen Birnen- oder Pfirsichbaum als Wandspalier ziehen will, so muß er dem Baume wider seine Natur eine bestimmte Form aufzwingen, denn es handelt sich ja um nichts Geringeres, als sämtliche Zweige und Äste, die sonst nach allen Richtungen des Raumes streben, sozusagen in eine Ebene zu bringen. Um dies zu erleichtern, wird man alle der Wand zu- und von ihr abgekehrten Triebe unterdrücken und nur die ober- und unterseits entstehenden, der Wand angelehnt, aufkommen lassen.

Auch die Form des Schnurbaums (Kordon) ist ganz gegen die Natur. Wir verstehen darunter die Formen, bei denen der Baum einen oder höch-

¹⁾ GACCHER, N., Handbuch der Obstkultur. Berlin 1908. 4. Aufl.

²⁾ LUCAS, E., Vollständiges Handbuch der Obstkultur. Stuttgart 1911. 5. Aufl., p. 133.

Derselbe, Die Lehre vom Baumschnitt usw. Stuttgart 1891. 6. Aufl.

stens zwei Hauptäste bildet, die sich ihrer ganzen Länge nach nur mit Fruchtzweigen bedecken sollen. Außerdem handelt es sich hier darum, die Äste entweder lotrecht, wagrecht, schräg, wellenförmig, zickzack oder schraubig zu ziehen und sie in diesen Linien dauernd zu erhalten.

Schon eine auf den früher gewonnenen Erfahrungen beruhende Überlegung lehrt, daß der negative Geotropismus insbesondere der Leittriebe, die Unterdrückung oder gänzliche Beseitigung störender Knospen und Triebe, ihre bevorzugte Ausbildung an der Oberseite horizontaler oder stark geneigter Zweige infolge der Schwerkraft, die Stärkung und Weckung gewisser Knospen zum Austreiben durch Entspitzen und manches andere bei der Herstellung eines Formbaumes ganz besonders in Betracht gezogen werden muß.

Es wird dies noch viel klarer werden, wenn ich an einem bestimmten Beispiele die Heranzucht eines Formbaumes, z. B. eines Schnurbaumes, schildere.

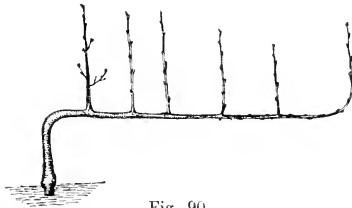


Fig. 90.

Verhalten eines horizontal gelegten, sich selbst überlassenen Langtriebes. Siehe Text. (Original.)

Wird ein Langtrieb zur Herstellung eines Schnurbaumes horizontal gestellt und sich selbst überlassen, so verhält er sich etwa so, wie die Fig. 90 es versinnlicht. Das Ende des Zweiges richtet sich negativ geotropisch auf, die darauf folgenden, besonders die oberseits entspringenden gleichfalls und der an der Bugstelle — er ist oft der kräftigste — erst recht. Dies steht alles im Einklang mit unseren bekannten Erfahrungen.

Diesem natürlichen Verhalten des wagrecht liegenden Astes läuft aber unser Bestreben ganz entgegen, denn wir wollen ja bei dem Schnurbäumchen, daß der Hauptast horizontal bleibt und sich nicht mit Holztrieben, sondern mit Fruchtholz bedeckt. Was hat also zu geschehen, um den Geotropismus schon dadurch etwas vorgebaut, daß man die zu Schnurbäumen verwendeten Kernobstbäume auf Zwergunterlagen veredelt, die beim Reis ein schwächeres Wachstum und damit einen schwächeren Geotropismus bedingen.

Zum Schnurbäumchen wählt man eine einjährige Veredelung. Ihr Trieb wird 40 cm über dem Wurzelhals möglichst rechtwinklig gebogen und der gebogene Teil auf einen horizontal gespannten Draht gebunden, jedoch so, daß das Ende in einer Ausdehnung von etwa 30 cm zunächst frei bleibt und dann an einem schief in die Erde gesteckten Stab schräg in die Höhe gerichtet wird (Fig. 91). Die Schiefstellung des Endes hat den Zweck, das Wachstum im Gegensatz zu dem horizontalen Teil zu begünstigen.

Infolge der Horizontalstellung des Zweiges entwickeln sich die Triebe oberseits stärker als unterseits, auch haben sie das Streben, aufwärts zu wachsen. Durch Entspitzen und Zurückschneiden wird dieser Neigung ein Hemmschuh entgegengesetzt. Im zweiten Jahre verfährt man

ebenso und sorgt gleichzeitig dafür, daß ein Teil des schief nach aufwärts gewachsenen Zweiges horizontal an den Draht gebunden und das 30 cm lange äußerste Ende wieder wie im Vorjahre schief aufwärts an dem Stab befestigt wird. Durch die Horizontalstellung und das Kürzen der Seitenzweige wird das Längenwachstum der Triebe verlangsamt und all die Assimilate der Blätter verteilen sich daher vorwiegend auf die Seitenknospen, die dadurch zu Blütenknospen werden. Sowie stark treibende Seitentriebe entstehen sollten, wird ihr Längenwachstum durch Zurückschneiden, Drehen und Brechen der Zweige (vgl. p. 82) im Wachstum gehemmt und ihre Ausbildung zu Fruchtholz gefördert.

Zwischen dem Wurzelhals und der Bugstelle besteht die Neigung zur Bildung von Langtrieben, aber diese würden nur unnötige Nahrung an sich reißen und die Form stören, daher werden sie gleich bei ihrer Entstehung glatt entfernt.

Zieht man statt des einarmigen einen zweiarmigen Schnurbaum (Fig. 92), so muß aus dem einjährigen Trieb auch der zweite Arm gewonnen werden. Dies kann in verschiedener Weise geschehen, z. B. dadurch, daß man den noch weichen Trieb 40 cm über dem Boden dreht. Der Bug und die Drehung bewirkt, daß das Knapp unterhalb der Biegestelle an der konvexen Seite liegende

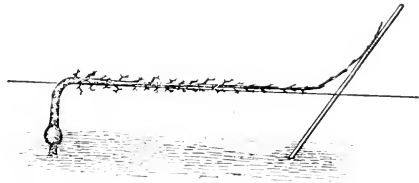


Fig. 91.
Einarmiger Schnurbaum mit schief nach aufwärts befestigtem Ende. (Original.)

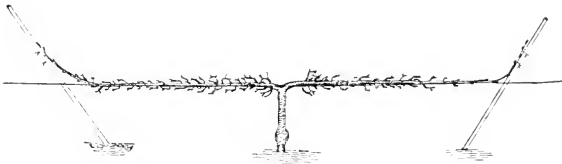


Fig. 92.
Zweiarmer Schnurbaum. In Anlehnung an GAUCHER, etwas schematisiert. (Original.)

Auge austreibt. Der daraus entstehende Trieb liefert den zweiten Arm. Im übrigen wird der zweiarmige Schnurbaum genau so behandelt wie der einarmige.

Apfel, Birne und Rebe eignen sich besonders zu Kordons. Indem man sich der beschriebenen und der gleich zu erwähnenden Kunstgriffe bedient, gelingt es schließlich, sehr komplizierte Formbäume zu gewinnen, z. B. solche, wie ihn die Fig. 93 zeigt.

Die schwach wachsende Unterlage (Birne auf Quitte, Apfel auf Doucin (Heckapfel)), die horizontale Lage des Hauptzweiges, das Entspitzen, Drehen und Brechen mäßigen das Wachstum und fördern infolge

der Aufteilung der Assimilate auf ein relativ kleines Volumen die Blüten- und Fruchtbildung.

Bei der Kultur der Formbäume kommt es sehr häufig vor, daß man einen bestimmten Ast in seinem Wachstum beschleunigen oder hemmen muß. Über die Mittel, derer man sich zu diesem Zwecke bedient, wurde bereits manches gesagt, hier sei noch ergänzend bemerkt, daß durch Einschnitte in die Rinde der erwähnte Zweck gleichfalls erreicht werden kann. Wächst der Sproß zu langsam, so wird der Einschnitt etwa $\frac{1}{2}$ cm oberhalb seiner Insertions(Ausgangs-)stelle ausgeführt, wächst er aber zu stark, dann wird der Einschnitt unterhalb der Insertion gemacht. Der Schnitt wird entweder mit dem Gartenmesser oder mit einer Taschensäge ausgeführt und ist entweder quer, halbmond-, dach- oder ringförmig (Fig. 94). Durch den Schnitt oberhalb des schwachen Zweiges werden die Holzgefäße durchschnitten, der nach oben fließende Wasserstrom erfährt eine Hemmung und kommt daher dem darunter befindlichen schwachen Zweige zugute. Ist der Schnitt unterhalb des Zweiges, so wird aus gleichen Gründen dem darüber stehenden Sproß ein Teil des Wassers entzogen und sein Wachstum gehemmt.

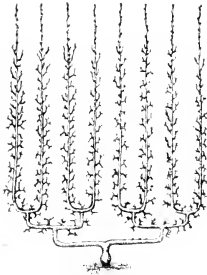


Fig. 93.
Schanrbaum in vierfacher
U-Form. Nach GAUCHER.

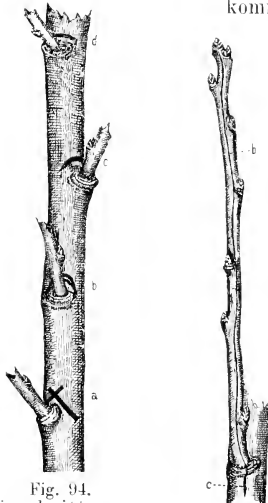


Fig. 94.
Einschnitte zur
Regulierung des
Wachstums. a Dach-
förmiger Einschnitt mit
der Säge, b und c halb-
mondförmiger Einschnitt
mit dem Garten-
messer, d Querschnitt.
Nach GAUCHER.

Fig. 95.
Schröpfen des
Zweiges. Der
Schnitt b geht von
der Spitze des Zweiges
bis unter seine
Ansatzstelle nach c.
Nach GAUCHER.

Durch solche Einschnitte kann auch das Austreiben ruhender Knospen leicht bewerkstelligt werden, wofern man knapp über den Knospen den Einschnitt anbringt. Dieses Wecken der Knospen spielt in der Zucht der Formbäume eine wichtige Rolle.

Sowohl bei Kernobst als auch bei Steinobst bringt man an schwach wachsenden Zweigen mit einem scharfen Messer bis auf das Holz reichende Längsschnitte an, die von der Spitze des Zweiges bis unter seine Ursprungstelle reichen können. Man nennt dieses Verfahren „Schröpfen“ (Fig. 95).

Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß solche Längsschnitte auch ausgeführt werden, wenn ein Ast oder Stamm an Krebs oder Gummifluß leidet oder knorrig und von abgestorbenen Rindenschich-

ten bedeckt erscheint. Man beginnt in solchen Fällen mit dem Längsschnitt 20 cm über der Wunde und endigt ebenso tief unter der Wunde. Bei Stämmen mit knorriger, runzeliger Rinde werden je nach der Stärke des Stammes 1—5 Längsschnitte vom Beginn der Krone bis hinunter zum Wurzelhals möglichst gerade und gleich weit entfernt voneinander gezogen.

Der Wundreiz und die durch den Schnitt herbeigeführte Entspannung der Rinde führt zu einer bedeutenden Erstarkung. Daß es sich wirklich um eine Aufhebung einer Spannung handelt, geht deutlich aus dem Klaffen der beiden Wundränder hervor; auch ist es ja bekannt, daß, wenn man von einem Stamme einen Rindenring ablöst und dann wieder auf seine ursprüngliche Stelle zu legen sucht, die beiden Enden sich nicht mehr berühren, sondern ziemlich weit voneinander abstehen.

2. Förderung der Blüten- und Fruchtbildung. Schon früher (p. 78—83) wurde darauf hingewiesen, wie die Fruchtbarkeit eines Baumes durch Ringelung, Biegen, Brechen oder Quetschen des Zweiges gefördert werden kann. Ähnliches kann auch durch den Baumschnitt erzielt werden.

Es ist allgemein bekannt, daß stark wachsende Bäume hauptsächlich Holztriebe machen oder, wie der Gärtner sich ausdrückt, „ins Holz wachsen“, schwächer wachsende aber mehr zur Bildung von Fruchtholz neigen. Der Baumschnitt ermöglicht es, dazu beizutragen, hier das richtige Verhältnis zu schaffen und die Fruchtbarkeit zu begünstigen.

Im allgemeinen kann man sagen: kurzgeschnittene Zweige entwickeln kräftigere Triebe als langgeschnittene. Schneidet man einen Zweig auf zwei oder drei Augen zurück, so kommt der Nahrungsstrom, der sonst dem ganzen Zweige zuteil geworden wäre, nur den wenigen übrig gebliebenen Knospen zugute und daher treiben sie stark. Bei langgeschnittenen Zweigen verhält es sich umgekehrt. Kurzgeschnittene Zweige neigen daher zu Holztrieben, langgeschnittene zu Fruchtrieben. Trägt also ein Baum so überreich Früchte, daß er dadurch geschwächt wird, so ist ein kurzer Schnitt am Platze, wächst hingegen der Baum zu stark und trägt wenig Früchte, so gelangt der lange Schnitt zur Anwendung.

Wir wissen, daß eine Hemmung der Saftbewegung das Wachstum verzögert, die Blütenanlage aber fördert. Von diesem Grundsatz erklären sich verschiedene gärtnerische Verfahren: langer Schnitt, Drehen und Biegen der Zweige.

Desgleichen wissen wir, daß ein Zweig um so rascher wächst, je mehr er sich der Lotrechten nähert. Sowie er in eine schräge oder gar horizontale Lage kommt, wird sein Wachstum verlangsamt und die Blütenbildung gefördert. Durch die geeignete Lage wird sowohl der Transpirationsstrom als auch der Assimilationsstrom oder der in der Rinde absteigende Strom erschwert, daher verbleibt ein großer Vorrat der Assimilate in dem Zweig und begünstigt die Blütenbildung. Von der schrägen Lage der Zweige wird bei der Zucht der Formbäume, insbesondere der Spalierbäume, ausgiebiger Gebrauch gemacht und dementsprechend müssen, wenn es gilt, die Fruchtbarkeit zu heben, die aufrechten Triebe, namentlich die Wassertriebe, durch den Schnitt möglichst entfernt werden. Indem man die Zweige durch Anbinden in der geneigten und horizontalen Zwangslage erhält, wird für die Entstehung von Blüte und Frucht gesorgt, wie wir dies auch bei der Kultur des wagrechten Schnurbaums gesehen haben.

Ein anderes Mittel, die Fruchtbarkeit zu heben, besteht in der Verletzung und Beschneidung der Wurzeln. Es kann dies in verschiedener Weise geschehen.

a) Die Hauptwurzeln des Stammes werden 1 m vom Stamme freigelegt und über den Sommer der Luft und dem Licht ausgesetzt.

β) Der Baum wird unter möglicher Schonung seines Wurzelsystems ausgegraben und dann sofort wieder sorgfältig eingepflanzt. Dieses Mittel eignet sich nicht für alle Bäume, sondern hauptsächlich für solche Zwergbäume der Birne und des Apfels, die nicht zu alt sind.

γ) Wenn der Baum schon eine gewisse Größe und ein höheres Alter erreicht hat, so läßt sich die Verpflanzung nicht mehr leicht durchführen und dann empfiehlt es sich, um den Baum in der Breite der Krone einen Graben zu ziehen, die freigelegten Wurzeln quer abzubauen und dann den Graben wieder mit Erde auszufüllen. Es ist darauf zu achten, daß nicht zu viele von den alten Wurzeln verletzt werden, weil der Baum sonst darunter leiden würde. —

Zwischen der Baumkrone und dem Wurzelsystem besteht ein gewisses Abhängigkeitsverhältnis, beide bestimmen wechselseitig ihr Wachstum. Leidet die Krone, so macht sich dies alsbald in der Schwächung der Wurzeln geltend und ebenso auch umgekehrt. Wie innig diese Beziehungen sind, geht schon daraus hervor, daß eine einseitige Schädigung des Wurzelsystems auch eine schwächere Entwicklung der Krone an der entsprechenden Seite nach sich zieht.

Es besteht zwischen Wurzel und Krone einer jeden Art und Gattung ein bestimmter Gleichgewichtszustand. Man beachte nur einmal das Zwergobst. Wird die Birne auf die Quitte veredelt, so bleibt der Birnbaum im Wachstum zurück, er nimmt die Form eines Zwergbaumes an. Die Quitte ist ein Strauch und entwickelt naturgemäß ein viel schwächeres Wurzelsystem als die Birne. Daher bildet die Birne als Reis auf der schwachwurzelligen Quitte auch nur eine kleine Krone. Daß dies zweckmäßig ist, leuchtet ohne weiteres ein. Schon aus mechanischen Gründen muß ein Baum mit mächtiger Krone ein starkes Wurzelsystem haben und ebenso aus Gründen der Ernährung. Hinzu kommt höchstwahrscheinlich noch eine innere Ursache, eine Wechselbeziehung erblicher Natur, über deren Wesen wir aber Genaueres nicht wissen.

Topfkultur. Bekanntlich werden die meisten Glashauspflanzen in Töpfen kultiviert. Jede Pflanze wird dadurch gezwungen, ihre Wurzeln, die sich unter normalen Verhältnissen im Boden weit ausgebreitet hätten, in dem beengten Raume des Blumentopfes zu entwickeln. Daher das zwerghafte Aussehen so vieler Topfpflanzen. Man vergleiche nur die im Topfe gezogenen Pflanzen mit solchen der gleichen Art, die im freien Grunde stehen. Welch riesiger Unterschied in Größe und Wachstum! Also auch hier geht mit einer Hemmung des Wurzelsystems eine entsprechende Hemmung der Krone und eine verstärkte Blütenbildung Hand in Hand. Der relativ reiche Fruchtertrag der im Topfe gezogenen Zwergobstbäume und der überreiche Blütenansatz der im Topfe kultivierten Pelargonien, Primeln, Cyclamen, Calceolarien, Azaleen, Eriken und anderer Gartenpflanzen hängt damit innig zusammen. Auf Kosten der vegetativen Tätigkeit wird die Geschlechtstätigkeit beschleunigt und gesteigert. —

Das Verpflanzen. Topfgewächse bilden an der inneren Oberfläche des Topfes mit der Zeit einen so dichten Wurzelfilz, daß es dem

Wurzelballen in dem Gefängnisse zu enge wird und dann neue Erde und ein größerer Topf geboten werden muß. Dies geschieht beim Verpflanzen oder Versetzen. Der Ballen wird ausgetopft und der Wurzelfilz teilweise aufgelockert, entweder mit den Fingern oder, wie bei alten Neuholländern, mit dem Messer entfernt.

Im allgemeinen wird man streben müssen, die feinen Faserwurzeln, die ja bei der Aufnahme der Bodennahrung in erster Linie in Betracht kommen, möglichst zu erhalten. Bei der Topfkultur ist das aber nicht immer möglich, da man sonst im Laufe der Zeit die Pflanzen in allzu große Töpfe setzen müßte. Verzichtet man auf die Entfernung des Wurzelfilzes, so muß man beim Verpflanzen bedeutend größere Töpfe verwenden, schneidet man den Filz weg, dann schädigt man bis zu einem gewissen Grade die Pflanze, erspart aber große Töpfe. Unter diesen Umständen wählt man das kleinere Übel und entfernt einen Teil des Wurzelfilzes, wodurch wieder die Blütenbildung beschleunigt und gefördert wird.

Eine bedeutende Rolle spielt in der Gärtnerei das sogenannte Pikieren, das Umpflanzen junger Keimlinge. Da die Samen meist zu dicht ausgesät werden, so stehen die jungen Pflänzchen bald zu dicht, sie nehmen sich gegenseitig die Nahrung und hemmen sich in der Entwicklung; man muß ihnen mehr Platz geben und daher pflanzt man sie in größeren Entfernungen voneinander um. Dadurch werden die Haupt- und Nebenwurzeln vielfach verletzt, die übrigbleibenden treiben Nebenwurzeln und die pikierte Pflanze erhält in der Folge einen dicht verzweigten Wurzelballen. So wird das Wurzelsystem für den Blumentopf gewissermaßen vorbereitet und es ist sehr wahrscheinlich, daß, namentlich wenn das Pikieren zwei oder gar mehrmals ausgeführt wird, die Wurzeln also öfter verletzt werden, die Neigung zum Blühen gefördert wird.

3. Verjüngung. Wenn ein Baum ein gewisses Alter erreicht hat, dann geht er im Wachstum zurück und die Früchte werden unvollkommener. Diesem Zustande kann für einige Zeit durch starkes Zurückschneiden aller Äste und Zweige auf ein bis zwei Drittel ihrer Länge abgeholfen werden. Schlafende oder ruhende Knospen, Adventivbildungen¹⁾ werden dadurch geweckt, bilden kräftige Triebe und tragen auf diese Weise zum neuen Aufbau der Krone, zur Verjüngung bei.

Mit Vorteil bedient man sich in der Obstbaumzucht auch dazu der sogenannten Wasserschosse oder Räuber, ungemein kräftig wachsender, stark geotropischer Sprosse, die aus Adventivknospen entstehen. Das energische Wachstum der Wasserschosse, die den Nahrungsstrom in ganz auffallender Weise an sich reißen und den schwächeren Nachbartrieben rauben, trägt, wenn sie geschont werden, sehr zur Verjüngung des Baumes bei.

Die Verjüngung wird auch durchgeführt, wenn die Baumkrone vernachlässigt ist, durch Sturm oder Hagelschlag gelitten hat; wenn der Baum eine minderwertige Sorte trägt und ungepfropft werden soll oder wenn er unfruchtbar ist.

¹⁾ Der Begriff der Adventivbildungen wird in der Literatur nicht eindeutig gebraucht. Gewöhnlich versteht man darunter entweder alle neu entstehenden Wurzel- und Sproßgebilde, die nicht in normaler Weise, sondern ordnungslos an beliebigen älteren wie jüngeren Orten antauchen oder man faßt den Begriff enger und bezeichnet nur jene Neubildungen als adventive, die sich aus Dauergeweben und nicht schon aus einem vorhandenen Vegetationspunkt entwickeln.

Manche Bäume lassen sich sogar ein radikales, alljährliches oder oftmaliges Zurückschneiden bis nahe auf den Grund der Hauptäste (*Aesculus*, *Robinia*) oder ein regelrechtes Köpfen (*Weide*) gefallen und beantworten dieses in wahren Sinne des Wortes einschneidende Verfahren mit dem Austreiben aufrechter, starker Triebe, die in kurzem eine neue stattliche, verjüngte Krone aufbauen. Diese rasche Wiederherstellung des Zweig- und Astsystems erklärt sich aus dem großen Vorrat an Reservestoffen in Form von Stärke, Fett und Eiweiß, der im Stamme aufgestapelt war und nun auf einmal den jungen Zweigen zugute kommt.

Bei dieser Gelegenheit darf aber nicht verschwiegen werden, daß der Baumschnitt, so nützlich er sich, wenn richtig angewendet, in der Obstbaumkultur erweist, bei Alleen und Parkbäumen oft in einer Weise betrieben wird, die den Baum schädigt und den ästhetischen Formensinn beleidigt. Krone und Wurzel werden von unkundiger Hand in ganz unnötiger Weise derart zurückgeschritten, als ob man darauf losarbeiten würde, möglichst viel Holz zu ernten. Der Baum geht dann an seinen großen Wunden, die dem Eindringen des Regens, der Pilze und Insekten Tür und Tor öffnen, zugrunde. Gegen dieses maßlose, sinnlose Abästen hat schon vor etwa 40 Jahren GOEPPERT¹⁾ seine warnende Stimme erhoben, aber wie es scheint, nicht mit viel Erfolg.

Erst vor kurzem hat der Amerikaner STRINGFELLOW²⁾ in einem Buche der Meinung Ausdruck gegeben, daß der Grundsatz „je mehr Wurzeln ein Baum hat, desto besser“ falsch und das Gegenteil davon richtig sei. Er rät, den Obstbäumen vor ihrer Pflanzung alle Wurzeln abzuschneiden und glaubt dadurch den Obstbau zu fördern und eine segensreiche Revolution in der Baumpflanzung herbeizuführen. Das sind Übertreibungen, die sich von selbst richten. Es ist selbstverständlich, daß man beim Pflanzen eines Baumes die Krone mit dem Wurzelsystem in ein gewisses harmonisches Verhältnis bringen und, wenn notwendig, die Transpirationsfläche der Krone durch Stützen eingen und Hand in Hand damit auch das Wurzelsystem entsprechend zuschneiden wird. Aber man wird nicht mit einem Axthieb die Wurzeln völlig entfernen. Soweit ich die Sache überblicke, haben sich die Praktiker zu dem von STRINGFELLOW empfohlenen kurzen Wurzelschnitt sehr kühl verhalten, im Einklang mit bewährten praktischen und theoretischen Erfahrungen.

5. Ruheperiode, Treiberei und Laubfall.

a) Ruheperiode.

Das Wachstum der Pflanze kann in vielen Fällen ununterbrochen vor sich gehen, in anderen aber zeigt sich eine deutliche Periodizität oder Rhythmik, ein Wechsel von Wachstum und Ruhe³⁾. Wir kennen viele tropische und einheimische Pflanzen, die, günstige Bedingungen vorausgesetzt, fortwährend wachsen. Bestimmte *Tradescantia*-Arten, *Abutilon Thompsonii*

¹⁾ GOEPPERT, H. R. Innere Zustände der Bäume nach äußeren Verletzungen, besonders der Eiche und Obstbäume. Jahrb. d. schles. Forst-Vereins für 1872, p. 216.

²⁾ STRINGFELLOW, H. M. Der neue Gartenbau. Frankfurt a. O. 1901. p. 63. Deutsche Übersetzung.

³⁾ KNIEP, H. Über rhythmische Lebensvorgänge bei den Pflanzen. Sammelrefer. Verhandl. der phys.-med. Ges. z. Würzburg 1915.

LAKON, G. Über den rhythmischen Wechsel von Wachstum und Ruhe bei den Pflanzen. Biol. Zbl. 1915, p. 401—741.

sprossen in unseren warmen Gewächshäusern das ganze Jahr hindurch, ja auch unsere einheimische *Stellaria media* blüht und fruchtet vom Frühjahr bis zum Winter, und würde ihr die niedere Temperatur nicht eine Ruhe aufzwingen, so würde auch sie ununterbrochen wachsen.

In der gemäßigten Zone, wo der Wechsel der Jahreszeiten oft mit großer Schroffheit auftritt, hat der regelmäßig einsetzende Gegensatz von warmer und kalter Jahreszeit im Laufe der Jahrtausende einen nachhaltigen Einfluß auf viele Gewächse ausgeübt, der sich in einer ausgesprochenen Periodizität ihrer Entwicklung kundgibt. Die meisten heimischen Gehölze verlieren im Herbst ihren Laubschmuck, gehen in einen Ruhezustand über und belauben sich im kommenden Frühjahr wie mit einem Zauberschlag in kurzer Zeit wieder. Solche Gewächse machen also eine Ruheperiode durch, während welcher ihre Lebenserscheinungen zwar nicht vollständig unterbrochen, aber doch auf ein gewisses Minimum beschränkt sind. Ihre Ruhe ist oft so fest, daß sie in ihr auch dann weiter verharren, wenn sie unter günstige Wachstumsbedingungen gebracht werden. Folgende Beispiele werden dies noch klarer machen:

Zweige der Linde (*Tilia parvifolia*) Anfang Oktober unmittelbar nach dem herbstlichen Laubfall in ein Wasserglas gestellt und ins Warmhaus gebracht, treiben, obwohl sie sich hier unter guten Wachstumsbedingungen befinden, oft selbst Ende Februar noch nicht aus. Wenn man aber die Zweige im Frühjahr, nachdem sie ihre Ruheperiode beendet haben, abschneidet, dann treiben sie selbst bei milder günstigen Verhältnissen willig aus. —

Ähnliches läßt sich auch bei Zweigen unserer Obstbäume beobachten. Es ist eine alte Sitte, um Barbara herum, d. i. am 4. Dezember, Zweige der Kirsche, Aprikose und anderer Obstbäume in ein Gefäß mit Wasser zu stellen und dann im warmen Zimmer zu halten. Die Blütenknospen öffnen sich dann oft schon zu Weihnachten. Stellt man die Zweige aber bereits unmittelbar nach dem herbstlichen Laubfall, also in der ersten Hälfte des Oktober, in das warme Zimmer, so öffnen sich die Knospen zu Weihnachten nicht. Die meisten Holzgewächse müssen eben eine gewisse Zeit ruhen, und erst wenn sie diese Ruheperiode durchgemacht haben, zeigen sie das Streben zu treiben. Im Einklang damit stehen auch gewisse gärtnerische Erfahrungen.

Man hört häufig darüber klagen, daß die Hyazinthen, die der Gärtner gerade zu Weihnachten auf den Markt bringen will, ihre Blüten nicht vollkommen entwickeln, ihren Blütenschaft nicht zur genügenden Streckung bringen und infolgedessen, wie der Praktiker sich ausdrückt, „sitzen“ bleiben. Im Jänner verschwindet diese höchst unliebsame Erscheinung und die Treiberei hat keine Schwierigkeiten mehr. Um das Sitzenbleiben der Hyazinthen zu verhindern, werden sie in neuester Zeit vor dem Einpflanzen bei höherer Temperatur getrocknet oder sie werden das letzte Jahr nicht in Holland, sondern in dem viel wärmeren Klima Südfrankreichs kultiviert, um die Zwiebel früher zum „Ausreifen“ zu bringen.

Auch die Maiglöckchen zeigen zu Weihnachten nicht selten die Erscheinung des Sitzenbleibens zum großen Verdrusse des Gärtners, da ihre Ruheperiode am Beginne des Treibens noch nicht abgelaufen war.

Eine Ruheperiode hat man auch bei Knollen, Samen, Sporen und anderen Teilen der Pflanze beobachtet.

Gewisse Sorten von Kartoffelknollen, die im September erntereif

dem Boden entnommen werden, keimen, unter günstige Wachstumsbedingungen gebracht, nicht gleich wieder, hingegen leicht im Februar und den darauf folgenden Monaten.

Einheimische Knollen- und Zwiebelgewächse wie *Crocus*, *Galanthus*, *Gagea*, *Scilla*, *Narcissus* ruhen sogar im Sommer, also im allgemeinen zur Zeit günstiger Wachstumsbedingungen und treiben bei relativ niedriger Temperatur schon gegen Ende des Winters oder im Vorfrühling. —

Von Samen, die eine Ruheperiode haben, seien genannt: *Fraxinus excelsior*, *Draba verna* und *Corydalis*-Arten.

In all den geschilderten Verhältnissen ist die Ruheperiode so fest, daß die genannten Objekte durch Schaffung günstiger Wachstumsbedingungen, etwa Einstellen ins Warmhaus, in der Regel nicht zum Austreiben veranlaßt werden können. Wir wollen diese Art der Ruhe als freiwillige bezeichnen.

Neben dieser unterscheiden wir aber noch eine andere Art der Ruhe. Die Ruheperiode der männlichen Kätzchen der Haselnuß (*Corylus*), der Blütenknospen der *Forsythia* und anderer Pflanzen klingt schon ziemlich früh, im Dezember, aus. Wenn sich daher die Blüten oder Zweige von Pflanzen, deren Ruheperiode bereits ausgeklungen ist, im Winter unter natürlichen Verhältnissen nicht weiter entwickeln, so trägt die niedere Temperatur des Winters daran schuld. Eine solche Ruhe nennen wir eine unfreiwillige. Die Blütenanlagen der genannten Gewächse befinden sich daher zuerst in freiwilliger und später, nach Neujahr, in unfreiwilliger, durch die Kälte aufgezwungener Ruhe. In solcher Ruhe befinden sich auch keimfähige Samen, die lufttrocken aufbewahrt werden. Sobald sie befeuchtet und unter sonst günstige Wachstumsbedingungen gebracht werden, keimen sie.

Die Ruhe besitzt bei verschiedenen Pflanzen und bei ein und derselben Pflanze je nach verschiedenen Organen ungleiche Tiefe. Verhältnismäßig bald klingt die Ruheperiode bei *Syringa*, *Forsythia*, sehr spät bei *Tilia* und der Rotbuche, *Fagus sylvatica*, aus. Bei *Corylus* beendigen die männlichen Kätzchen ihre Ruhe schon im November, die weiblichen etwas später und die Laubknospen erst im März.

b) Treiberei.

Schon in der freien Natur kann man die Beobachtung machen, daß die Ruheperiode mitunter zu ganz ungewohnten Zeiten ausklingt und die Knospen zu treiben beginnen. Nach sehr trockenen Sommern öffnen sich die für das nächste Frühjahr bestimmten Apfelblütenknospen schon im Herbst und auch die Roßkastanienbäume stehen nicht selten im September ein zweites Mal im Blütenschmuck.

Viele Holzgewächse, die im Frühjahr durch Raupenfraß oder künstlich ihrer Blätter beraubt wurden, schicken sich alsbald an, ihre für das nächste Frühjahr bestimmten Laubknospen auszutreiben. Einschlägige Versuche, die ich mit Flieder während einer ganzen Vegetationszeit in Prag gemacht habe, lehrten, daß von Ende Mai bis etwa 1. Juli vollends entlaubte Sträucher sich wieder reichlich, wenn auch mit kleineren Blättern belauben, daß aber später das Treiben fast oder ganz unterbleibt. SPÄTH beobachtete Belaubung noch bis in den September hinein, es scheinen sich die Pflanzen also nicht überall gleich zu verhalten¹⁾.

¹⁾ SPÄTH, H. L., Der Johannistrieb. Berlin 1912. p. 47.

Mit fortschreitender Kultur hat der Mensch ein immer stärkeres Verlangen danach gezeigt, Pflanzen zu ganz ungewohnten Zeiten blühend und fruchtend zu erhalten und seine Wohnungen auch im Winter mit Blumen zu schmücken. Und da eine Frühlings- oder Sommerblume, im Winter auf den Markt gebracht, viel besser bezahlt wird, so kamen die Gärtner den Wünschen des Publikums gerne entgegen und schenkten der Kunst, Pflanzen zu treiben, große Aufmerksamkeit.

Nicht durch planmäßige Untersuchungen, sondern zumeist durch zufällige Erfahrungen oder aufmerksame Beobachtung lernten sie verschiedene Kunstgriffe kennen, um die Ruheperiode zu verschieben: Langsamem Wasserentzug, Einfrierenlassen, künstliche Auslese, Züchtung frühblühender Individuen und Kreuzung von solchen. —

Auch haben die Gärtner gelernt, gewisse Pflanzen fast zu jeder Zeit blühend zu erhalten, einfach dadurch, daß sie das Austreiben der betreffenden Gewächse, z. B. des Flieders und der Maiglöckchen, durch Kälte künstlich lange Zeit verhindern. In den meisten Großstädten stehen jetzt große Kühlräume für die Aufbewahrung von Lebensmitteln zur Verfügung. Hier können nun auch gewisse ruhende Pflanzen eingestellt und viele Monate aufbewahrt werden. Bei der knapp um den Eispunkt herum liegenden Temperatur werden die Lebensvorgänge künstlich niedergehalten. Entnimmt man einem solchen Kühlraum im Sommer oder Herbst die aufbewahrten Fliedersträucher und Maiglöckchenkeime, die unter normalen Verhältnissen im verflossenen Frühling zur Blüte gekommen wären, so treiben sie, von der unfreiwilligen Ruhe erlöst, in kurzer Zeit mit großer Geschwindigkeit aus: Viele Fliederbäumchen und alle Cavallarien, die wir im Oktober und November in den Blumenläden bewundern, werden auf die geschilderte Weise gewonnen. —

So haben die Gärtner zunächst unabhängig von der Wissenschaft bemerkenswerte Erfahrungen auf dem Gebiete der Gärtnerei gemacht und die Wissenschaft hat, auf diesen Erfahrungen weiter bauend, wertvolle und auch der Praxis zugute kommende Tatsachen festgestellt, die die Kunst des Pflanzentreibens mit einem Ruck mächtig vorwärts gebracht haben. Das Wichtigste sei darüber hier mitgeteilt. —

Kälte. H. MÜLLER [Thurgau]¹⁾ fand beim Studium über das Süßwerden der Kartoffelknollen die interessante Tatsache, daß man die Ruheperiode der Kartoffel dadurch beseitigen kann, daß man sie unmittelbar nach der Ernte in einen Eiskeller bringt und hier 14 Tage knapp über dem Eispunkt beläßt. Bei dieser niederen Temperatur häufen sie in ihrem Innern Zucker an, werden süß und vermögen nun, unter günstige Wachstumsbedingungen gebracht, sofort auszutreiben. Macht man dieses Experiment mit Frühkartoffeln Ende Juni, so kann man im Herbst noch eine zweite Ernte einheimen.

Das Austreiben ruhender Knospen erfolgt in Übereinstimmung mit den Beobachtungen von PFEFFER²⁾, ASKENASY³⁾, HOWARD⁴⁾, Mo-

¹⁾ MÜLLER, H. (Thurgau), Beitrag z. Erklärung der Ruheperioden d. Pflanzen. Landw. Jahrb. Bd. 14, 1885, p. 883.

²⁾ PFEFFER, W., Pflanzenphysiologie. II, Aufl., 1904, 2. Bd., p. 266.

³⁾ ASKENASY, E., Über die jährliche Periode der Knospen. Bot. Ztg. 1877, p. 824.

⁴⁾ HOWARD, W. L., Untersuchung über die Winterruheperiode der Pflanzen. Diss. 1906. Halle a. d. S.

LISCH¹⁾ u. a. im Warmhaus um so rascher, je länger sie vorher Gelegenheit hatten, im Freien niedere Temperatur zu genießen. Zweige von *Syringa vulgaris* und *Salix caprea* treiben, wenn sie schon Anfang Oktober ins Warmhaus gestellt werden, selbst im März noch nicht aus, andere werden, wenn sie früh angetrieben und dauernd warm gehalten werden, geschädigt oder getötet. Hingegen treiben viele Pflanzen sehr willig, nachdem sie längere Zeit der Kälte ausgesetzt waren.

Ätherisieren. W. JOHANNSEN²⁾ machte die Entdeckung, daß Flieder und einige andere Holzgewächse, wenn sie in der Ruheperiode 1–2 Tage Ätherdampf ausgesetzt und dann wie gewöhnlich weiter kultiviert werden, aus ihrer Ruhe erwachen und rasch zu treiben beginnen. Man bringt zu diesem Zweck die Topfpflanzen (Flieder) in einen dichten Holzkasten, der mit einer verschiebbaren, ebenfalls gut gedichteten Türe versehen ist, damit kein Ätherdampf entweicht. Die Töpfe werden dicht nebeneinander gestellt und mit trockenem Sand entweder ganz oder bis zur halben Höhe bedeckt, weil die Wurzeln sonst leiden.

Der verwendete Äther ist der auch in der Medizin zu Narkose benützte, gewöhnliche wasserhaltige Äther, auch Äthyläther oder Aether sulfuricus genannt. Er wird in einem flachen Gefäß in der Kiste untergebracht und seine Menge wird nach dem vorhandenen Luftraum berechnet. Für Sträucher verwendet man 30–40 g pro Hektoliter Luftraum.

In diesem Ätherdampf werden die Gewächse meist 48 Stunden bei einer Temperatur von etwa 17° bis 19° belassen. Nach Ablauf dieser Zeit werden sie sofort gut gegossen, bespritzt und ins Warmhaus zum Treiben gestellt. —

Der Einfluß des Äthers ist ein so auffallender, daß die Fliederknospen gegen Ende der Ruheperiode schon während des Ätherisierens aufzubrechen anfangen. Flieder braucht von Mitte November 3–4 Wochen, *Prunus triloba* von Ende November etwa 12–16 Tage.

JOHANNSEN konnte auf diese Weise nach Ätherisieren in den ersten Tagen August schon in der ersten Hälfte September Fliedertopfpflanzen (Charles X) zur Blüte bringen. Indem ich bezüglich Einzelheiten auf JOHANNSENS erwähnte Schrift verweise, wende ich mich nun zu einem von mir genauer studierten Verfahren.

Das Warmbad³⁾, auf das ich etwas ausführlicher eingehen werde, gewährt großes physiologisches Interesse und spielt in der Praxis unter allen Treibverfahren die größte Rolle. Die Warmbadmethode besteht im wesentlichen darin, daß man die noch in Ruhe befindlichen Pflanzen mehrere (9–12) Stunden in lauwarmem Wasser von etwa 30–35° untergetaucht läßt und dann wie gewöhnlich treibt. Man mache folgende Versuche: Frisch abgeschnittene Zweige der Haselnuß (*Corylus*) und der *Forsythia suspensa* werden Anfang November in Wasser von etwa 30° untergetaucht und hier 9–12 Stunden belassen. Nach Ablauf

¹⁾ MOLISCH, H., Über ein einfaches Verfahren, Pflanzen zu treiben (Warmbadmethode). 1. T. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. 1909, Bd. CXVIII, Abt. I, p. 660.

²⁾ JOHANNSEN, W., Das Ätherverfahren usw. Jena 1900.

³⁾ MOLISCH, H., Über ein einfaches Verfahren, Pflanzen zu treiben (Warmbadmethode) I. u. II. Teil. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Mathem.-naturw. Kl. Abt. I. 1908 u. 1909.

Derselbe, Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Jena 1909. Verl. v. G. Fischer.

dieser Zeit werden sie aus dem Bade genommen, mit ihrer Basis in mit Wasser gefüllte Gläser gestellt und sodann im Warmhaus am Lichte bei einer Temperatur von 15—18° weiter kultiviert. Daneben stelle man Zweige derselben Art zur Kontrolle auf, die dem Laubbad nicht unterworfen wurden. Nach 8 Tagen erscheinen die nicht gebadeten Zweige von *Corylus* unverändert, während die Kätzchen der gebadeten Zweige sich von 2,5 cm auf 5,5—7 cm verlängerten und sich in voller Blüte befinden. Auch die gebadeten Forsythiazweige beginnen alsbald ihre Blütenknospen weiter zu entwickeln und schon nach 11 Tagen stehen sie, im Gegensatz zu den ungebadeten, die sich erst 14 Tage später öffnen, in reicher Blüte. Derartige Versuche wurden auch mit mehr oder minder gutem Erfolg gemacht mit *Syringa vulgaris*, *S. persica*, *Cornus mas*, *C. alba*, *Ribes grossularia*, *Larix decidua*, *Rhamnus frangula*, *Salix*-Arten, *Betula alba*, *Alnus glutinosa* (Kätzchen), *Acer pseudoplatanus*, *Prunus avium* und *Azalea mollis*.

Das Warmbad wirkt auf die verschiedenen Gewächse nicht in gleicher Weise. Auf manche wirkt es ausgezeichnet, auf manche mäßig, auf einzelne gar nicht oder erst gegen Ende der Ruheperiode.

Das Gelingen des Versuchs hängt von verschiedenen Umständen ab, insbesondere: 1. von der Dauer des Bades, 2. von der Temperatur des Bades und 3. von der Tiefe der Ruheperiode.

a) Die Dauer des Bades. Ein Bad von 9—12 Stunden hat sich bei den meisten der genannten Pflanzen bewährt. Doch darf man nicht nach der Schablone arbeiten und glauben, daß dies für alle Pflanzen gilt. So erwies sich bei den männlichen Kätzchen von *Corylus* ein Bad von 30° durch 10 Stunden als das beste, schwächer wirkte ein neun- und dreistündiges. Im Herbst und am Anfang des Winters muß man im allgemeinen länger baden als mitten im Winter oder bei ausklingender Ruheperiode.

Beim Flieder kann man das Bad auch auf 15 Stunden ausdehnen, doch darf man es nie länger als gerade nötig ist wirken lassen, weil die Knospen infolge der verhältnismäßig hohen Temperatur zu energischer Atmung angeregt werden, ihr Atmungsbedürfnis aber unter Wasser, wo der Sauerstoffzufluß bedeutend gehemmt ist, nicht befriedigen können. Sie leiden dann an Atemnot und fangen vielleicht an, intramolekular zu atmen. Dies halten die Knospen aber nicht lange aus; kommen sie dann nicht rechtzeitig aus dem Wasser heraus, so werden sie geschädigt und sterben unter Braunfärbung ab.

b) Die Temperatur des Bades. Auch bezüglich der Temperatur muß man den günstigsten Grad für jede Pflanze ausprobieren. Für die meisten Pflanzen, mit denen ich experimentierte, bewährte sich ein Bad von 30° C. So für die männlichen Kätzchen von *Corylus*, für die Knospen von *Forsythia suspensa*, *Ribes grossularia*; ein Bad von 30—35° ergab bei Flieder die besten Erfolge, bei *Betula alba*, *Cornus alba* und *Rhamnus frangula* aber versagte ein Bad von 30°, hingegen wirkte ein solches von 35—40° günstig.

c) Die Tiefe der Ruheperiode. Bei Flieder konnte ich schon im Monat Juli an den angelegten, für das nächste Frühjahr bestimmten Knospen, also lange vor dem herbstlichen Laubfall, einen deutlichen Einfluß des Warmbades bemerken und die Knospen zum Austreiben veranlassen. Dagegen konnte ich im September gebadete *Corylus*-

Kätzchen nicht zum Auswachsen und Stäuben bringen, obwohl sie sich gegen Ende Oktober schon recht gut, im November und Dezember aber ausgezeichnet treiben lassen. Bei *Aesculus* und *Fraxinus* versagt das Warmbad im Vorherbst, hingegen wirkt es im Dezember und Jänner, besonders wenn man ein Laubbad von etwas höherer Temperatur, von 35–40° C. anwendet.

Ist die Ruheperiode ihrem Ende nahe, so nimmt die günstige Einwirkung des Badens bei den Pflanzen, die sich relativ leicht früh treiben lassen, mehr und mehr ab. ja im Februar wirkt das Warmbad auf gewisse Gewächse wie auf die männlichen *Corylus*-Kätzchen, gewisse *Salix*-Arten, die Laubknospen von *Cornus alba*, hemmend ein, während es vorher einen ausgezeichneten Einfluß ausübt. Sehr schwer läßt sich die Buche (*Fagus silvatica*) und die Linde (*Tilia parvifolia*) treiben, hier gibt das Bad erst kurze Zeit vor dem normalen Austreiben gute Resultate.

Zur Veranschaulichung des großen Einflusses des Warmbades auf die Pflanze dienen die beigelegten Figuren.

Die Fig. 96 zeigt zwei Fliederstöcke. Die Krone des Exempla es links wurde am 4. Dezember 1907 durch 12 Stunden im Wasser von 31 bis



Fig. 96.

Syringa vulgaris. Exemplar links gebadet, rechts nicht gebadet, beide am Lichte kultiviert. 40 Tage nach dem Bade steht das gebadete in voller Blüte, während das nicht gebadete fast unverändert ist. (Original.)

37° C gebadet, der andere Stock nicht. Sodann verblieben beide bei mäßiger Temperatur (15–18° C) im Warmhaus im Licht. Der gebadete Stock stand 40 Tage nach dem Bade in vollem Laub- und Blütenschmucke, während der ungebadete noch kaum trieb.

Die Fig. 97 lehrt, daß das Warmbad die Ruheperiode nicht bloß aufhebt, sondern daß es auch ganz lokal wirkt. Nur die gebadeten Teile treiben, die ungebadeten nicht. Das Zweigsystem der Haselnuß — Fig. 97 — wurde am 27. November 1907 nur halbseitig, d. h. auf der rechten Seite gebadet. Am 3. Dezember, also 6 Tage nach dem Bade, waren die gebadeten Kätzchen in voller Blüte, stäubten und hatten eine durchschnittliche Länge von 5 bis $7\frac{1}{2}$ cm erreicht, während die nicht gebadeten sich noch nicht merklich verändert hatten.

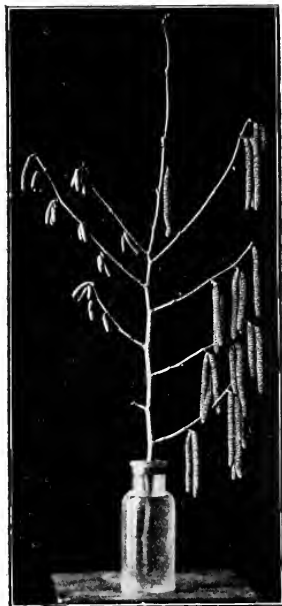


Fig. 97.

Corylus avellana (Haselnuß). Die Photographie zeigt den lokalen Einfluß des Bades. Die rechte Hälfte des Zweigsystems wurde gebadet und steht 9 Tage nach dem Bade in voller Blüte, während die nicht gebadete Kontrollhälfte noch unverändert erscheint. (Original.)

Die Fig. 98 stellt ein Fliederbäumchen dar, dessen Krone am 17. November 1908 zur Hälfte (rechts) einem zwölfstündigen Warmbad von 29 bis



Fig. 98.

Syringa-Bäumchen. Die rechte Hälfte wurde gebadet, die linke nicht. 40 Tage nach dem Bade treibt die ungebadete kaum, die gebadete aber steht in voller Blüte. (Original.)

31° C ausgesetzt worden war. Wie aus der Photographie, die am 27. Dezember von dem Bäumchen aufgenommen wurde, ersichtlich ist, stand die gebadete Hälfte schon in Blüte, während die ungebadete nur etwas schwellende Knospen aufwies.

Die Fig. 99 bezieht sich auf *Salix caprea*. Sie zeigt einen Gabelzweig, dessen rechter Ast am 25. November 1908 12 Stunden lang im Wasser von $30-35^{\circ}$ C gebadet und dann wie gewöhnlich weiter kultiviert wurde. Am 12. Dezember 1908 blühten die Kätzchen am rechten Zweig,

am linken hingegen waren die Knospen noch ganz unverändert. An diesem Tage erfolgte die photographische Aufnahme.

Solche halbseitig gebadete Pflanzen bieten einen ganz überraschenden Anblick dar und lehren, wie unabhängig die physiologischen Vorgänge in benachbarten Zweigen vor sich gehen können. Es muß doch in hohem Grade auffallen, daß man an einer Knospe eines Zweiges jene Revolution des Stoffwechsels, die zum Treiben führt, hervorrufen kann, während in der ungebadeteten Nachbarknospe alles in winterlicher Ruhe verharret.



Fig. 99.

Salix caprea, Salweide. Der rechte Ast des Gabelzweiges wurde gebadet, der linke nicht. 17 Tage nach dem Bade blüht der gebadete Ast, der ungebadete erscheint hingegen noch unverändert. (Original.)

Von großem Interesse erscheint auch die Tatsache, daß der Einfluß des Bades in versteckter Form wochenlang erhalten bleibt. Wenn man gebadete Zweige von *Corylus*, *Forsythia*, *Salix* und anderen Pflanzen nach dem Bade ins Freie bringt, sie hier der gewöhnlichen Temperatur des Nachherbstes oder des Winters aussetzt, sie daselbst 1—6 Wochen beläßt und erst dann in die Treiberei stellt, so verhalten sie sich im großen und ganzen so, wie sie sich verhalten hätten, wenn sie unmittelbar nach dem Bade ins Warmhaus gestellt worden wären. Die Einwirkung des Bades bleibt, einmal hervorgerufen, lange Zeit erhalten, sie bleibt latent. Diese Tatsache hat vielleicht auch eine praktische Bedeutung. Man könnte, falls eine Gärtnerei ihre Pflanzen nicht selbst baden will, diese an einem anderen Orte, wo das Warmbad im Großbetrieb durchgeführt wird, baden lassen und dann von dort beziehen.

Die praktische Durchführung des Warmbades¹⁾. Wenn es sich nicht um einen Großbetrieb handelt und wenn die Durchführung der Warmbadmethode möglichst wenig kosten soll, so ist es am zweckmäßigsten, die zu treibenden Pflanzen direkt im Warmhaus unter Zuhilfenahme der Warmwasserheizung zu baden.

Heute sind wohl die meisten Warmhäuser mit Wasserheizung versehen und solche Gewächshäuser enthalten auch gewöhnlich ein oder mehrere Wasserbecken, die durch eingeleitete Rohre leicht auf eine bestimmte Temperatur erwärmt werden können (Fig. 100). Hat das Wasser den erwünschten Wärmegrad angenommen, so taucht man die Pflanze bloß mit der Krone ein und läßt den Wurzelballen, der seiner Empfindlichkeit wegen nicht gebadet werden darf, in die Luft ragen. Nachher wird das ganze Bassin mit Brettern oder Strohecken zugedeckt (Fig. 100), wodurch die Wassertemperatur während der Badezeit nur wenig sinkt. Das Verfahren ist, wie man sieht, höchst einfach, nur muß man sorgfältig darauf achten, daß man nicht zu warmes Wasser anwendet, weil die Knospen sonst leicht Schaden leiden. Besondere Vorsicht erheischt dieser Punkt bei Gewächsen, die man noch nicht ausprobiert hat, und beim Treiben wintergrüner, also beblätterter Pflanzen, wie z. B. gewisser empfindlicher *Azalea indica*-

¹⁾ MOLISCH, H., Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Jena 1909.

Sorten, da ihre Blätter bei manchen Hybriden schon bei einem sechsständigen Aufenthalt im Wasser von 30° infolge der gehemmten Atmung sichtlich leiden und vornehmlich an der Oberseite braunfleckig werden.

Das Warmbad kann, falls man nur gärtnerisch wichtige Gewächse im Auge hat, empfohlen werden für *Syringa*, *Forsythia*, *Azalea mollis*, *Spiraea palmata*, *Sp. japonica* und *Convallaria*.

Flieder ist eine Treibpflanze ersten Ranges, wird zum Treiben im großen kultiviert und liefert mit dem Laubad ausgezeichnete Resultate.

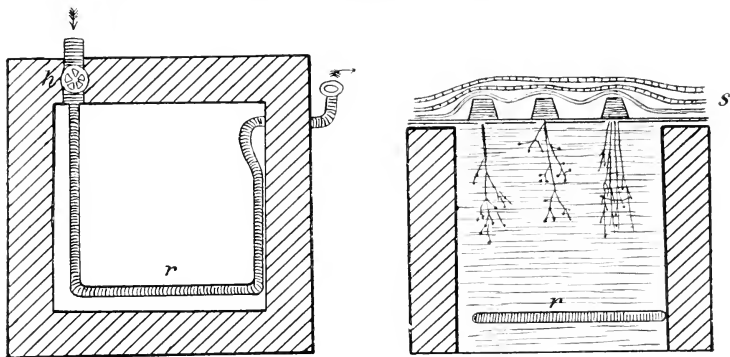


Fig. 100.

Bassin in der Daraufrsicht mit dem Heizrohr *r*, links der Wasserhahn *h*. Rechts, Bassin in senkrechtem Durchschnit, gefüllt mit Wasser. Unten das Heizrohr, oben auf Latten gestellt die Blumentöpfe, darüber Strohmaten *s*. (Original.)

Sehr gute Erfolge gibt auch das Warmbad mit *Convallaria*. Keime, die Mitte November einem 16stündigen Warmbad von 31° C ausgesetzt werden und dann, mit Moos bedeckt, bei einer Bodentemperatur von 20–25° C im Warmhaus getrieben werden, kommen sehr gleichmäßig, bringen schönes Laub und noch vor Weihnachten gut entwickelte Blütentrauben. Nicht gebadete blühen später und bleiben häufig „sitzen“¹⁾.

In jüngster Zeit wurde gezeigt²⁾, daß auch die Wurzelentstehung zur Ruhezeit durch verschiedene Treibmittel in Gang gebracht werden kann. Werden Zweige von *Salix*, *Populus*, *Philadelphus coronarius*, *Viburnum opulus* in den Monaten September bis einschließlich November einem Warmbad oder dem Rauche von Papier oder Tabak (s. S. 187) in der beim Treiben von Laub- und Blütenknospen üblichen Weise ausgesetzt, so entstehen nachher an den gebadeten oder geräucherten Zweigen die Adventivwurzeln gewöhnlich bedeutend früher als an den unbehandelten Kontrollzweigen. Es lassen sich also nicht bloß Laub- und Blütenknospen, sondern auch die Anlagen von Adventivwurzeln treiben. Damit ist wahrscheinlich gemacht, daß die bei Gehölzen mehrfach beobachtete Periodizität des Wurzelwachstums nicht immer eine unfrei-

¹⁾ Über ähnliche Erfahrungen berichtet LÖBNER in der „Flora“, Kgl. sächs. Ges. l. Bot. u. Gartenb. 12.–13. Jg., p. 117.

²⁾ MOLISCH, H., Über das Treiben der Wurzeln. Sitzber. d. Wiener Akad. d. Wissenschaft. Mathem.-naturw. Kl. Abt. I. 126. Bd. 1917, p. 11.

willige, durch ungünstige Wachstumsbedingungen hervorgerufene, sondern in manchen Fällen eine freiwillige sein dürfte wie die der Knospen unserer heimischen Bäume und Sträucher.

Andere Treibmethoden¹⁾. In letzter Zeit sind noch einige andere Treibverfahren bekannt geworden, auf die hier kurz hingewiesen werden soll, obwohl sie bisher in der Praxis keine Bedeutung erlangt haben.

WEBER²⁾ hat die interessante Beobachtung gemacht, daß Knospen, die mit der Nadel einer Injektionspritze an ihrer Basis angestochen werden und denen dabei gewöhnliches Wasser eingespritzt wird, aus ihrer Ruheperiode geweckt werden und austreiben. Knospen von *Syringa* und *Tilia* werden auf diese Weise leicht zum Frühreiben gebracht, so daß sie etwa 3 Wochen in der Entwicklung den nicht verletzten voraneilen.



Fig. 101.

Einwirkung der Radiumemanation auf Sprosse von *Aesculus hippocastanum*. Sprosse links in reiner Luft, rechts 24 Stunden der Emanation unterworfen. 1 Monat nach Beginn wurde der Versuch photographiert. Die mit Emanation behandelten Knospen treiben, die Kontrollsprosse fast gar nicht. Der Versuch wurde Anfang Dezember gemacht. (Original.)

Es kommt hierbei hauptsächlich auf die Verletzung an, doch scheint das eingespritzte Wasser nicht ohne Bedeutung zu sein. WEBERS Entdeckung stimmt in Übereinstimmung mit der Tatsache, daß Verwundungen so häufig Wachstum anregen. Ich erinnere nur an die Wundkork- und Kallusbildung³⁾ und an JOSTS⁴⁾ Versuche über die Anregung der Kambiumtätigkeit durch Verletzung zur Zeit der Ruhe.

Vor kurzem konnte WEBER⁵⁾ auch zeigen, daß die Ruheperiode von Zweigen und Topfexemplaren verschiedener Pflanzen durch einen etwa 48stündigen Aufenthalt in mit

Azetylen stark verunreinigter Luft wesentlich abgekürzt wird. Er hofft damit auch der Praxis einen Dienst geleistet zu haben.

Der Aufenthalt in sauerstofffreien Medien (Stickstoff-, Kohlensäure-, Wasserstoffatmosphäre) oder die Behandlung mit atemungshemmenden Stoffen z. B. mit Ammoniak, Formaldehyd oder Cyankali wirken nach WEBER gleichfalls treibend.

JESENKO⁶⁾ zeigte, daß durch Einspritzen von verdünnten Alkohol- oder Äther-

¹⁾ BURGERSTEIN, A., Fortschritte in der Technik d. Treibens der Pflanze. *Progressus rei botanicae*, 4. Bd., 1911.

²⁾ WEBER, F., Über die Abkürzung der Ruheperiode der Holzgewächse durch Verletzung der Knospen usw. *Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Abt. I*, 1911, Bd. CXX, p. 179.

³⁾ KÜSTER, E., *Pathologische Pflanzenanatomie*. Jena 1903. p. 153.

⁴⁾ JOST, L., *Bot. Ztg.* 1893, p. 102.

⁵⁾ WEBER, F., Über ein neues Verfahren, Pflanzen zu treiben. Azetylenmethode. *Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Abt. I*, 125. Bd. p. 190. (1916.)

⁶⁾ JESENKO, FR., Einige neue Verfahren, die Ruheperiode der Holzgewächse abzukürzen. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* 1911, Jg. 29, p. 273; 1912, Jg. 30, p. 81.

lösungen in abgeschnittene Zweige verschiedener Holzgewächse und durch Baden von Zweigen in verdünnten Alkohol- und Säurelösungen ruhende Knospen gleichfalls zum Austreiben veranlaßt werden können.

Merkwürdigerweise hat die von Radiumpräparaten ausgehende Strahlung die Eigenschaft, die Ruheperiode der Winterknospen verschiedener Gehölze in einer gewissen Phase (November, Dezember) aufzuheben und die bestrahlten Knospen zum Austreiben zu bringen¹⁾. Besser als feste Radiumpräparate wirkt die aus diesen fortwährend entstehende, gasförmige Radiumemanation (Fig. 101).

Auch durch Röntgenstrahlen läßt sich die Ruheperiode des Flieders abkürzen²⁾.

Es liegen bereits einige Beobachtungen vor, die deutlich zeigen, daß das Licht auf ruhende Knospen einen sichtlichen Einfluß ausüben kann. Schon JOST³⁾ hat gefunden, daß das Licht für das Austreiben der Rotbuchenknospen von Wichtigkeit ist. MOLISCH⁴⁾ wies dasselbe für *Syringa* und eine Gartenform von *Prunus chamaecerasus* nach.

Am 31. Dezember 1908 stellte MOLISCH Zweige dieser Pflanze hell und finster im Warmhaus auf. Nach 25 Tagen waren bei den Lichtzweigen die Blütenknospen geöffnet, bei den Finsterzweigen war das Treiben kaum zu bemerken. Auch bei *Prunus avium*, *P. spinosa* und *Cornus alba* war Anfang Februar ein entschieden günstiger Einfluß des Lichtes auf das Austreiben zu bemerken.

In jüngster Zeit machte uns KLEBS⁵⁾ mit der Entdeckung bekannt, daß Winterknospen der Buche (*Fagus sylvatica*) durch konstante Bestrahlung mit genügend starkem elektrischem Licht zum Austreiben zu bringen sind. Es ist dies um so bemerkenswerter, als gerade die Buche selbst den besten bekannten Treibmethoden große Schwierigkeiten bereitet.

In einer Weißblechkiste (82 cm hoch, 94 cm lang und 75 cm breit), vorn längs der ganzen Höhe mit einer Öffnung versehen, wurden Osramlampen aufgehängt, die eine Lichtintensität von 200 Kerzen ausstrahlten. In anderen Versuchen diente ein Dunkelzimmer als Lichtraum, der durch eine Metallfadenlampe von 1000 Kerzen erleuchtet war. Die Temperatur war durchschnittlich etwa 22—23° C.

Ein am 11. September 1913 in den Lichtraum (200 K.) gestelltes eingetopftes Buchenexemplar zeigte schon am 21. September Streckung und 5 Tage später schon Entfaltung der Knospen. Etwa einen Monat nach Beginn des Versuchs hatten von 48 Knospen 32 getrieben. Als diese Pflanze nun ins Kalthaus gestellt wurde, stand das Wachstum alsbald still, doch bildeten sich Ruheknospen, und als die Pflanze am 25. Dezember in den Lichtraum (2000 K.) gebracht wurde, bildete sie ihre zweite Belaubung und Mitte März entfalteten sich die Achselknospen des zweiten Triebes zu einer dritten Belaubung.

Diese und zahlreiche andere Versuche von KLEBS beweisen, daß die Buche durch konstante Bestrahlung aus ihrer Ruhe geweckt werden kann. KLEBS betont aber (p. 95), daß bei keiner von ihm untersuchten Pflanze das Licht von so wesentlicher Bedeutung für das Treiben ist wie bei der Rotbuche — vielleicht abgesehen von *Carpinus betulus* — die aber noch der näheren Untersuchung bedarf.

Im Winter 1914/15 habe ich beobachtet, daß Zweige von *Aesculus hippocastanum*, die im Gewächshaus unter Glassturz bei Tage gewöhnlichem, diffusum Tageslicht, bei Nacht durch 13 Stunden dem Lichte einer Metallfadenlampe von 200 Kerzen in einer

¹⁾ MOLISCH, H., Über das Treiben von Pflanzen mittels Radium. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. 1912, Bd. CXXI, p. 121.

²⁾ WEBER, F., Frühreiben ruhender Pflanzen durch Röntgenstrahlen. Biochem. Zeitschr., Berlin 1922, p. 495.

³⁾ JOST, L., Über Beziehungen zwischen der Blattentwicklung und der Gefäßbildung in der Pflanze. Bot. Ztg. 1893, p. 108.

⁴⁾ MOLISCH, H., Über ein einfaches Verfahren usw. H. T., I. c., p. 653.

⁵⁾ KLEBS, G., Über das Treiben der einheimischen Bäume, speziell der Buche. Abhandl. d. Heidelberger Akad. d. Wiss. Math.-naturw. Kl. 1914, 3. Abhandlung.

Entfernung von etwa 100 cm ausgesetzt waren, um 2—3 Wochen früher austrieben als entsprechende Kontrollexemplare, die unter sonst gleichen Bedingungen nur Tageslicht genossen. Ähnliches gilt von *Syringa vulgaris* und *Ailanthus glandulosa*. Dies, zusammengehalten mit den schon früher von mir erwähnten Flieder-Lichtversuchen, legt den Schluß nahe, daß der Einfluß des Lichtes auf die Ruheperiode der Gewächse nicht bloß auf die Buehe beschränkt ist, sondern sich höchstwahrscheinlich noch auf zahlreiche andere Pflanzen erstreckt.

Jüngst hat MOLISCH¹⁾ gezeigt, daß auch Rauch ein sehr gutes Treibmittel darstellt. Wenn man Zweige verschiedener Gehölze zur Zeit ihrer

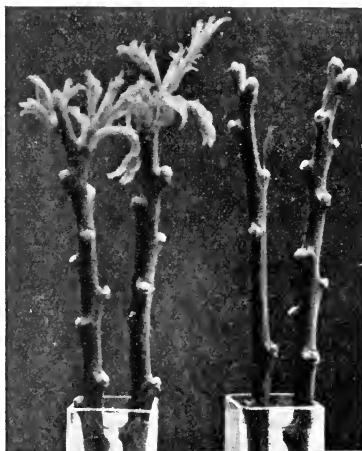


Fig. 102.

Rhus typhina (Essigbaum). Einfluß des Tabakrauchs auf ruhende Zweige. Links Sprosse, die 24 Stunden Tabakrauchluft ausgesetzt waren, rechts die Kontrollsprosse. Die „geräucherten“ Zweige (links) treiben nach 21 Tagen die „ungeräucherten“ noch nicht. (Original.)

Ruhe in einen geschlossenen Raum bringt, der mit Rauch erfüllt wurde, darin 24 Stunden beläßt und dann im Warmhause im Lichte weiter kultivierte, so treiben die „geräucherten“ Zweige oft um 1—3 Wochen früher aus als die ungeräucherten Kontrollzweige. Diese Treibmethode ergab gute positive Resultate bei *Syringa vulgaris*, *Rhus typhina*, *Forsythia* sp., *Corylus*, *Aesculus*, *Cornus*, *Spiraea* u. a. Siehe Fig. 102.

Es macht keinen wesentlichen Unterschied, ob man sich des Rauches aus Papier, Sägespänen oder Tabak bedient. Bei Versuchen im Kleinen unter Glasglocken empfiehlt sich Papier- oder Tabakrauch, bei Versuchen in größerem Maßstabe, z. B. für Raucherfüllung eines Kastens oder eines kleinen Gewächshauses, eignet sich vortrefflich Rauch aus Sägespänen.

Welcher Stoff oder welche Stoffe des komplizierten Gasgemisches, das wir Rauch nennen, den wirksamen „treibenden“ Faktor darstellen, weiß man derzeit noch nicht. Vielleicht spielen dabei Azetylen und Äthylen die Hauptrolle. Meine Erfahrungen sprechen dafür, daß die Rauchmethode der Gärtnerei gute Dienste leisten wird, denn das Verfahren läßt, ebenso wie das Warmbad, an Einfachheit und Billigkeit nichts zu wünschen übrig. Es wird daher dem Gärtner sicher willkommen sein, Näheres darüber zu erfahren, wie das Treiben mit Rauch praktisch anzustellen wäre.

Zunächst handelt es sich um einen passenden Raum, in dem der Rauch entwickelt werden soll. Als solchen kann man eine Kiste mit Schiebtür, eine Kammer, ein Klosett,

¹⁾ MOLISCH, H., Über das Treiben ruhender Pflanzen mit Rauch. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Abt. I, 125. Bd., 1916, p. 141.

einen Heizraum oder ein kleines, leerstehendes Gewächshaus verwenden, vorausgesetzt, daß diese Räume gut verschließbar sind und den Rauch nicht entweichen lassen.

Will man eingetopften Flieder treiben, so stellt man die Stöcke in den zu räuchernden Raum, z. B. auf den Boden und die Stellagen, und erzeugt dann den Rauch.

Als Rauchentwickler seien als bequem beschaffbares und fast kostenloses Material Sägespäne empfohlen. Diese werden in einem kleinen Kohlenofen auf etwas zusammengeknittertes Zeitungspapier in genügender Menge gestreut und dann entzündet. Die Handhabung ist also eine ganz ähnliche, wie sie beim Räuchern der Gewächshäuser mit Tabakrauch üblich ist, wenn man in einem Rosen- oder Pelargonien-Haus die Blattläuse vertilgen will. Der Ofen muß knapp neben der Tür stehen, damit der Arbeiter, sobald er die Sägespäne entzündet hat und die Rauchentwicklung einsetzt, sich rasch außerhalb des Rauchraumes aufstellen und von hier aus bei mäßigem Öffnen der Türe die Rauchentwicklung regeln und schließlich unterbrechen kann.

Als Vorschrift mag gelten, soviel Rauch zu entwickeln, daß der Raum seiner ganzen Ausdehnung nach von einer dichten, weißen Wolke erfüllt ist und die Pflanzen dadurch ganz unsichtbar werden. Dies ist, wenn die Räucherung gut durchgeführt wurde, in 10–30 Minuten erreicht. Man nimmt dann den Ofen, ohne die Türe mehr als nötig ist, zu öffnen, heraus, verschließt die Türe und beläßt nun die Pflanzen 24 bis 48 Stunden in der Rauchluft.

Der Gärtner wird die Beobachtung machen, daß sich der Rauch nach etwa 2 Stunden verzieht, doch ist damit nicht gesagt, daß die Rauchluft jetzt nicht mehr wirkt und daß man die Gewächse schon unmittelbar nach dem Verziehen des Rauches herausnehmen soll. Dies wäre ein Fehler, denn man darf nicht vergessen, daß die Rauchteilechen in Wirklichkeit nicht verschwunden sind, sondern sich nur gesenkt haben und nunmehr als außerordentlich kleine Tröpfchen an den Pflanzen, Stellagen, Wänden und dem Boden, kurz an der ganzen Oberfläche des Innenraumes haften. Diese Flüssigkeitströpfchen enthalten verschiedene flüchtige Stoffe, dunsten ab und wirken damit auf die Pflanze.

Ist die Räucherung durchgeführt und der Rauchherd abgelöscht oder entfernt, dann hält man den Rauchraum 24–48 Stunden möglichst geschlossen. Nach dieser Zeit werden die Pflanzen für ein paar Stunden zwecks der Abdunstung der anhaftenden Rauchteilechen ins Freie gebracht, dann in die Treiberei gestellt und hier in der üblichen Weise behandelt.

Die Zahl der Stoffe, die ruhende Pflanzenteile zu raschem Austreiben veranlassen können — wir wollen sie kurz als „Treibstoffe“ bezeichnen —, ist jedenfalls eine viel größere als man bisher vermutet hat, denn nach MOLISCH besitzen Leuchtgas, Dämpfe von Thymol, Chloralhydrat, Kampfer, Naphthalin und Azeton diese merkwürdige Fähigkeit in mehr oder minderem Grade. Für die Praxis kommen diese Stoffe aber nicht in Betracht.

Theoretisches.

Wie kommt es, daß durch das Ätherisieren, das Warmbad, die Verletzung und die anderen Treibverfahren die ruhenden Knospen zum Austreiben veranlaßt werden? Was geht in den Knospen vor?

Berücksichtigen wir zunächst das Warmbad, so müssen wir uns vor allem vor Augen halten, daß mit dem Bade nicht bloß der Temperaturgrad der Knospe verändert wird, sondern daß ein ganzer Komplex von neuen Bedingungen auf die Pflanze einwirkt: die höhere Temperatur, die Erschwerung der Atmung unter Wasser, die vielstündige Berührung mit lauem Wasser und die dadurch hervorgerufene Quellung der Zell-

wände und des Zelinhaltcs. Wie ich seinerzeit¹⁾ genauer auseinandersetzte, ist die höhere Temperatur allein nicht das Maßgebende für das Austreiben, da zur Zeit der tiefen Ruhe das Warmbad durch ein entsprechendes Luftbad gewöhnlich nicht ersetzt werden kann, sondern es ist wahrscheinlich, daß die vielstündige Berührung mit lauem Wasser als Reiz wirkt, der in den Knospen jene Vorgänge auslöst, die zum Treiben führen.

In jüngster Zeit hat HANSTEEN²⁾ den ansprechenden Gedanken geäußert, daß das Warmbad stark verflüssigend auf die die Zelle begrenzenden Phosphatidschichten wirken dürfte und daß die Ruhe der Zellen durch eine periodisch eintretende Verfestigung dieser kolloidalen Schichten herbeigeführt wird.

Ob die Wirkungen, die durch die verschiedenen Treibverfahren hervorgerufen werden, spezifische, ähnliche oder die gleichen sind, wissen wir heute nicht. Aus den Untersuchungen von JOHANNSEN geht hervor, daß das Atherisieren hauptsächlich eine Überführung von Stärke in Zucker und eine Spaltung stickstoffhaltiger, organischer Körper veranlaßt, wodurch der Knospe wichtige Baustoffe zur Verfügung gestellt werden.

Ob dies auch beim Warmbad und den anderen Treibverfahren der Fall ist, bedarf namentlich mit Rücksicht auf das Verhalten der Fermente weiterer Untersuchungen. —

Über die Frage, ob die Ruheperiode auf äußeren oder inneren, erbten Ursachen beruht, herrscht derzeit noch keine vollständige Einigkeit. Die herrschende Meinung (BERTHOLD, DRUDE, JOST, JOHANNSEN, MAGNUS, W. PFEFFER, SIMON, NEGER, SPÄTH, VOLKENS, WEBER u. a.) geht dahin, daß der Rhythmus der Periodizität, wie ihn die meisten einheimischen Holzgewächse zeigen, auf inneren Ursachen beruht. Man stellt sich vor, daß der regelmäßige Wechsel der Jahreszeiten oder anderer Faktoren seit vielen Jahrtausenden auf die Pflanze gewirkt hat und daß die dadurch in der Pflanze erzeugten Nachwirkungen schließlich zu einer erblichen Periodizität geführt haben.

KLEBS³⁾ hingegen ist der Ansicht, daß der periodische Wechsel in der Entwicklung in allen Fällen durch die Beziehung der Pflanze zur Außenwelt zustande kommt, daß der Ruhezustand der Knospen, Knollen und dergleichen nur ein Zwangszustand sei, der durch äußere Faktoren erzeugt wird.

VOLKENS⁴⁾ und KLEBS haben die einschlägigen Verhältnisse auch in den Tropen verfolgt, kommen aber zu einer prinzipiell verschiedenen Auffassung. Nach VOLKENS kann man ohne innere Ursachen nicht auskommen, nach KLEBS und LAKON hingegen hängt die Periodizität nur von der Außenwelt ab und erblich fixiert ist nur die spezifische Struktur des Plasmas mit allen ihren zahllosen Fähigkeiten (Potenzen).

¹⁾ MOLISCH, H., Über ein einfaches Verfahren usw. H. T., I. c. p. 681.

²⁾ HANSTEEN CRANNER, B., Zur Biochemie und Physiologie der Grenzschichten lebender Pflanzenzellen. Meldinger fra Norges Landbrucks hoi skole. Bd. 2. Heft 1—2. p. 145.

³⁾ KLEBS, G., Über die Rhythmik in der Entwicklung der Pflanzen. Sitzber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss. Mathem.-naturw. Kl. 1911, 23. Abhandlg.

Derselbe, Über die periodischen Erscheinungen tropischer Pflanzen. Biol. Zbl. 1912, p. 257.

Derselbe, Über das Treiben der einheimischen Bäume, speziell der Buche. Abhandl. d. Heidelberger Akad. d. Wiss., 3. Abhandlg., 1914.

Derselbe, Über das Verhältnis von Wachstum und Ruhe bei den Pflanzen. Biol. Zbl. 1917, Bd. 37, p. 373—415.

⁴⁾ VOLKENS, G., Laubfall und Lauberneuerung in den Tropen. Berlin 1912.

Es kann nicht gelengnet werden, daß die Zahl derjenigen Pflanzen, deren Ruheperiode durch die verschiedenen Treibmittel willkürlich aufgehoben werden kann, immer größer wird, und in neuester Zeit konnte KLEBS sogar die Buche, deren Ruhe als besonders fest galt, durch konstante Beleuchtung zum Austreiben, ja selbst zu fast ununterbrochenem Wachstum durch längere Zeit veranlassen. Bei der Buche bedingt — abgesehen von der niederen Temperatur — die geringe Lichtintensität, die während des Herbstes und Winters herrscht, die Ruheperiode. Die zu schwache Beleuchtung hält die Buchenknospen im Winter in dem Zwangszustand der Ruhe.

Ähnliches konnte HEINRICHER¹⁾ für die Mistelsamen feststellen. Die Beeren des Mistelstrauches (*Viscum*) enthalten je einen Samen, von klebrigem Fruchtfleisch umgeben. Bringt man diese im Monat April auf ein Holzbrettchen, eine Glasscheibe oder einen lebenden Ast, so keimen sie leicht. Macht man aber denselben Versuch schon im Herbst oder mitten im Winter, so keimen sie gewöhnlich nicht. Es gelang aber HEINRICHER, die Samen von *Viscum album* im Dezember schon am 3. Tage nach der Aussaat dadurch zum Keimen zu bringen, daß er sie in einem nahezu dunstgesättigten Raume konstantem elektrischem Lichte von 1500 K Intensität aussetzte. Aus diesem Grunde spricht der Genannte dem Mistelsamen eine in inneren Bedingungen gelegene, früher angenommene Ruheperiode ab. Die in der Natur eingehaltene 5monatliche Ruheperiode ist also nicht durch innere Ursachen, sondern durch die Außenwelt bedingt.

Allein, auch wenn zugegeben werden soll, daß lediglich die Außenwelt die Ruheperiode der Buche und anderer Gehölze, sowie der Samen, Knollen und Zwiebeln beherrscht, so kann doch die Ruheperiode zahlreicher Bäume in jenen tropischen Gegenden, deren Klima sozusagen gleichmäßig ist, heute noch nicht befriedigend durch die Außenbedingungen erklärt werden.

Auf Java gibt es zahlreiche Bäume, die ihr Laub zu gewissen Zeiten völlig abwerfen, ein paar Tage bis zwei Monate völlig kahl stehen und sich dann wieder belauben. Der Blattfall und das Treiben kann bei ein und derselben Art 1—3mal innerhalb eines Jahres eintreten. Man könnte einwenden: Allerdings ist das Klima Javas, insbesondere die Temperatur, sehr gleichmäßig, aber die Regenmenge ist während eines Jahres, doch so verteilt, daß man eine trockene und eine feuchte Periode, wenn auch nicht immer mit gleicher Deutlichkeit erkennen kann. Es wäre daher möglich, daß die Periodizität des Blattfalles und des Austreibens auf Java von der regenreichen und regenarmen Periode abhängt. VOLKENS²⁾ aber, der speziell auf diesen Punkt geachtet hat, fand keine Beziehung zwischen Blattfall und regenarmer und regenreicher Periode. Welche Außenbedingungen sollen es nun sein, die hier die Periodizität bestimmen? Der Wechsel von Feucht und Trocken ist es nicht, Lichtintensität und Temperatur sind während eines Jahres gleich, die Bodennährstoffe erleiden ebenfalls keine Veränderung, welche Außenbedingungen sollen da den Wechsel von Wachstum und Ruhe erklären? Solange auf diese Frage keine durch einwandfreie Experimente gestützte, befriedigende Antwort

¹⁾ HEINRICHER, E., Über den Mangel einer durch innere Bedingungen bewirkten Ruheperiode bei den Samen der Mistel (*Viscum album* L.). Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Abt. I, 125. Bd., 1916, p. 163.

²⁾ VOLKENS, G., l. c. p. 99.

gegeben werden kann, wird man derzeit nicht behaupten können, daß die Periodizität des Pflanzenlebens in allen Fällen nur von äußeren Bedingungen abhängig ist. —

KLEBS glaubt, daß, wenn in den Tropen Bäume trotz gleichbleibender äußerer Verhältnisse ruhen, dies darauf zurückzuführen sei, daß der Baum unbegrenzt Kohlehydrate erzeugt, aber nur begrenzte Mengen von Nährsalzen zur Verfügung habe und daß dadurch ein Mißverhältnis zwischen organischer und unorganischer Nahrung bestehe. Auch sollen die Fermente durch die Anhäufung der Kohlehydrate außer Tätigkeit gesetzt werden. Doch dies sind vorläufig Annahmen, die noch der experimentellen Begründung entbehren.

Leider kann auf die verschiedenen Versuche, die Einwirkung der Treibstoffe und Treibverfahren auf die Erweckung aus der Ruhe zu erklären, hier nicht näher eingegangen werden, doch sei diesbezüglich auf die kritischen und beachtenswerten Überlegungen WEBERS¹⁾ hingewiesen.

Obwohl zugestanden werden muß, daß wir in der Theorie der Treibverfahren noch vielfach am Anfang stehen, so muß doch andererseits zugegeben werden, daß die praktischen Erfolge der Treiberei in letzter Zeit einen großen Aufschwung genommen haben. Es ist heute möglich, z. B. im Monat April gewisse Frühlings-, Sommer-, Herbst- und Winterpflanzen, also Gewächse, die unter normalen Verhältnissen zu ganz verschiedenen Jahreszeiten blühen und fruchten, gleichzeitig in Blüte und Frucht vorzuführen. Auch sind Märzveilchen, Maiglöckchen, Flieder und gewisse Lilien fast das ganze Jahr erhältlich. In einem Vortrage²⁾ sagte ich schon — und dies verdient vielleicht mit Rücksicht auf KLEBS' neueste Treibversuche mit der Buche durch andauernde Belichtung hervorgehoben zu werden — vor 11 Jahren: „Würde die Lichtintensität im Herbst und Winter in Mittel- und Nordeuropa nicht so gering und der Tag nicht so kurz sein, so könnten die Treibmethoden noch auf viele andere Pflanzen angewendet werden, die zur Entwicklung ihrer Blüten einer relativ großen Lichtmenge bedürfen. Hier wird vielleicht einmal die Elektrotechnik helfend einspringen, denn wenn sie uns in der Zukunft für den Gartenbau das Bogenlicht in genügender Intensität und billig liefern sollte, dann wird auch die Pflanzentreiberei neuen Erfolgen und Triumphen entgegengehen: wir werden dann, wenn draußen alles in Eis und Schnee starrt und die Bäume des Waldes in tiefer Ruhe verharren, uns mitten im Winter den Frühling oder Sommer in die Stube zaubern und im Anblicke dieses zu dieser Zeit uns doppelt erfreuenden Blütenreichtums werden wir mit Umland rufen:

„Die Welt wird schöner mit jedem Tag,
Man weiß nicht, was noch werden mag,
Das Blühen nimmt kein Ende.“

c) Der Laubfall.

Wenn mit dem scheidenden Sommer die Blätter der Bäume sich zu verfärben anschicken und der Wald in den herrlichsten Farbtönen

¹⁾ WEBER, F., Studien über die Ruheperiode der Holzgewächse. Sitzber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Mathem.-naturw. Kl. Abt. I. Bd. 127. 1918, p. 57.

²⁾ MOLISCH, H., Warmbad und Pflanzentreiberei. Populäre biologische Vorträge. Jena 1920, p. 71.

unser Auge erfreut, dann beginnen alsbald die Blätter zu fallen, lösen sich bald langsamer, bald schneller ab, und gegen Ende Oktober oder Mitte November stehen in Mitteleuropa die meisten sommergrünen Bäume kahl da. —

Schon einige Wochen vor dem Abfall des Blattes bildet sich im Blattgrunde, da, wo das Blatt am Stamme befestigt ist, aus dem vorhandenen Dauergewebe ein Meristem, die sogenannte Trennungsschicht (Fig. 103), deren Zellen schließlich wieder in Dauergewebe übergehen, sich abrunden und meist ohne Verletzung sich mit glatten Wänden voneinander trennen. Jetzt hängt das Blatt nur noch durch das Gefäßbündel mit dem Stamme zusammen. Aber auch dieses wird infolge des Turgordruckes, den die Zellen der Trennungsschicht entwickeln, zerrissen und nun fällt das Blatt ab. Daraus ist zu ersehen, daß der herbstliche Laubfall eine Lebenserscheinung darstellt und nicht etwa eine mechanische Abtrennung, hervorgerufen durch die Gewalt herbstlicher Stürme.

Der herbstliche Laubfall hängt mit dem Wechsel der warmen und kalten Jahreszeit innigst zusammen und macht die Rhythmik des Pflanzenlebens in unserer Zone selbst dem Laien deutlich. Es wäre aber eine falsche Vorstellung, wenn man glauben würde, daß es in jenen tropischen Gegenden, wo das Klima im Laufe eines Jahres keine wesentlichen Änderungen erleidet, keinen Laubfall gibt. Wir wissen aus den Untersuchungen von WRIGHT, VOLKENS, DINGLER, KLEBS und anderen, daß auch in den Tropen der periodische Laubfall eine sehr häufige Erscheinung ist. Während sich die Erscheinungen des Laubwechsels in Europa verhältnismäßig leicht überschauen lassen, bieten sie in den Tropen, z. B. auf Westjava, ein höchst mannigfaltiges Bild. Es liegt dies zum Teil darin begründet, daß sich die verschiedenen Bäume sehr verschieden verhalten, zum Teil darin, daß sogar die Äste eines und desselben Baumindividuum ein ungleiches Verhalten aufweisen.

Nach VOLKENS¹⁾ sind die meisten Bäume auf Westjava immergrün. Sie werfen ihre Blätter nach und nach während des ganzen Jahres ab oder der Blattwurf erfolgt periodisch, gewöhnlich so, daß bei Entwicklung eines neuen Triebes der vorletzte seine Blätter abwirft. Dann sind zwei Schübe von Blättern vorhanden. Manche Bäume können aber noch drei bis viele Schübe gleichzeitig tragen, und in solchen Fällen tritt eine Art Generalreinigung, d. h. ein allgemeiner Blattfall ein, wobei nur der jüngste Blattschub übrig bleibt.

Es gibt aber in den Tropen auch Bäume, die zu gewissen Zeiten in-

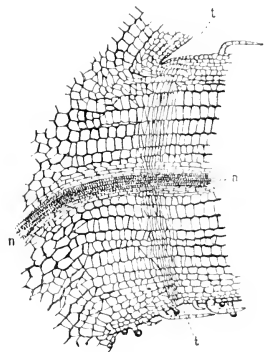


Fig. 103.
Junge Trennungsschicht *t* im Blattstielgrunde von *Plectranthus fruticosus*, durchsetzt von dem Blattstielnerv *n*. Vergr. 50. (Original.)

¹⁾ VOLKENS, G., Laubfall und Lauberneuerung in den Tropen. Berlin 1912.
Molisch, Pflanzenphysiologie, 5. Aufl.

folge von Blattfall vollständig kahl werden und durch ein paar Tage, Wochen oder bis zu zwei Monaten kahl bleiben. Im Gegensatz zu unseren heimischen Gewächsen kann bei Pflanzen in den Tropen die Ruhezeit innerhalb eines Jahres auch 2—3mal eintreten.

Wie bereits SCHIMPER¹⁾, WRIGHT²⁾, KLEBS und VOLKENS beobachtet haben und wie ich aus eigener Anschauung auf Java zu bestätigen vermag, kann sich in den Tropen bei manchen Bäumen an verschiedenen Ästen desselben Individuums die Ruheperiode zu ungleicher Zeit einstellen. Es gibt sich eine Art Astindividualität im Laubfall zu erkennen, die sich mit einer Astindividualität im Blühen verbinden kann. Solche Erscheinungen scheinen doch dafür zu sprechen, daß der periodische Laubfall nicht bloß von äußeren, sondern auch von inneren Verhältnissen abhängt. Vergleiche darüber auch p. 189—191.

Die biologische Bedeutung des Laubfalls ist wohl eine mehrfache. Der herbstliche Laubfall stellt eine sehr zweckmäßige Anpassung an den Wechsel der Jahreszeiten dar, denn wenn die Laubhölzer ihre Blätter auch im Winter behalten würden, dann würden diese, da die Wurzeln in dem kalten Boden verhältnismäßig wenig Wasser aufnehmen, infolge starker Transpiration alsbald verwelken und vertrocknen. Es kommt ja selbst bei Koniferen vor, deren Nadeln mit Transpirationsschutzrichtungen verschiedener Art versehen sind, daß sie die Blätter mitunter massenhaft fallen lassen. Man spricht dann von „Schütte“.

Und wie sollten die Laubhölzer mit ihrem flächenartig entwickelten Laub dem Schneedruck widerstehen? Würde das Laub auch im Winter am Baume verbleiben, dann würden sich derartige Schneemassen am Laube anhäufen, daß das Geäste zusammenbrechen würde.

Im Laubfall steht der Pflanze aber auch ein ausgezeichnetes Mittel zur Verfügung, sich jener Stoffe, die wir als Auswurfstoffe bezeichnen, da sie im Stoffwechsel keine Verwendung mehr finden, zu entledigen. Das gilt nicht bloß für den herbstlichen Laubfall, sondern auch für den Blattfall im Tropenklima. Die Blätter transpirieren, geben Wasser zeitlebens ab, Mineralsalze bleiben zurück und häufen sich, soweit sie nicht verarbeitet werden oder soweit sie sich als Abfallprodukte des Stoffwechsels ergeben, immer mehr und mehr an. Kein Wunder, wenn wir die abfallenden Blätter überaus reich an Kieselsäure, kohlen-saurem und oxalsau-rem Kalk finden. Würde das Blatt sehr alt werden, so würde es nach und nach sozusagen „mineralisiert“ und damit für die ihm gestellten Aufgaben untauglich werden. Es erscheint daher sehr zweckmäßig, wenn die Pflanze sich von Zeit zu Zeit unnötiger Stoffe durch den Laubfall in ähnlicher Weise wie durch das Abschuppen der Borke entledigt.

Einige Ursachen des Laubfalls. Sowie die Ruheperiode der Pflanze durch verschiedene Mittel entweder verschoben, abgekürzt oder ganz aufgehoben werden kann, so kann auch der Laubfall zu ganz ungewöhnlicher Zeit herbeigeführt werden: 1. durch Hemmung³⁾ und Steigerung⁴⁾ der Transpiration; 2. durch Hemmung der

¹⁾ SCHIMPER, A. F. W., Pflanzengeographie usw. 1898. p. 265.

²⁾ WRIGHT, H., Foliar periodicity of endemic and indigenous trees in Ceylon. Annals of the Royal Botanic Gardens Peradeniya, Bd. 2, 1914. Zitiert nach VOLKENS.

³⁾ WIESNER, J., Untersuchungen über die herbstliche Entlaubung der Holzgewächse. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien, 1871.

⁴⁾ MOLISCH, H., Untersuchungen über Laubfall. Ebenda 1886, Bd. XCIII, p. 148.

Wasseraufnahme; 3. durch Lichtmangel; 4. durch Tabakrauch, Leuchtgas und andere schädliche Gase und Dämpfe; 5. durch stagnierende Bodennässe und 6. durch andere Einflüsse¹⁾, z. B. Frost und Verletzung.

Da dieser Gegenstand auch für den Gärtner von großer Wichtigkeit ist, so soll darauf etwas näher eingegangen werden.

a) Transpiration und mangelhafte Wasserzufuhr. Wenn man im Herbste zu einer Zeit, da die Blätter noch fest an Stämme sitzen, Zweige von *Syringa*, *Robinia* u. a. in ein Glas Wasser stellt, mit einem Glassturz bedeckt und mit Wasser absperrt, so fallen die Blätter nach etwa 8 Tagen hauptsächlich infolge der Hemmung der Transpiration ab. Dieselbe Beobachtung kann man auch machen, wenn man Topfpflanzen aus dem freien Lande, wo sie stark zu transpirieren gewohnt waren, plötzlich in ein Gewächshaus bringt, dessen Luft mit Wasserdampf ziemlich gesättigt ist.

Merkwürdigerweise tritt der Blattfall auch ein, wenn die Transpiration plötzlich stark gesteigert wird. Pflanzen, die an die sehr feuchte Luft des Gewächshauses gewöhnt waren und hier ihre Blätter ausgebildet hatten, werfen ihre Blätter oft in kurzer Zeit größtenteils oder ganz ab, wenn sie aus der feuchten Atmosphäre des Gewächshauses in die trockene des Zimmers übertragen werden.

Dasselbe kann auch eintreten, wenn laubabwerfende Gewächse längere Zeit nicht begossen werden, bis zum Welken austrocknen und dann plötzlich reichlich begossen und bespritzt werden. Das Welken der Blätter darf aber, sofern es zum Blattfall kommen soll, nie so rasch erfolgen, daß ein wirkliches Eintrocknen des Blattes erfolgt; unter solchen Umständen kann es ja in so kurzer Zeit nicht zur Ausbildung einer Trennungsschichte im Blattgrunde kommen und daher bleibt das Blatt vertrocknet am Stengel haften.

Wie sehr gesteigerte Transpiration in Verbindung mit gehemmter Wasserzufuhr die Entlaubung vieler Gewächse bedingt, tritt besonders bei jenen Pflanzen hervor, die eine feuchte Atmosphäre lieben, also bei Warmhauspflanzen. Geeignete Arten für solche Versuche sind *Boehmeria argentea*, *Impatiens Sultani*, *Goldfussia isophylla*, *Croton*-Arten und von Kalthauspflanzen: *Azalea*, *Camellia*, *Evonymus*, *Fuchsia* u. a. Als ich 5 kräftige, an die feuchte Luft des Warmhauses gewöhnte *Croton*-Bäumchen in den mit reiner, aber trockener Luft versehenen Experimentierraum des Gewächshauses brachte, bildeten die Blätter alsbald die Trennungsschichte aus und innerhalb 3 Wochen waren alle Bäumchen infolge der gesteigerten Transpiration fast vollends entblättert.

Viele feuchte Luft liebende Gewächse können aber auch in verhältnismäßig trockener Luft ihre Blätter behalten, falls sie ganz allmählich an diese gewöhnt werden. Bei dieser von Gärtnern mit großem Geschick betriebenen Abhärtung werden die anfänglich zarten und weichen Blätter derb, die Transpirationswiderstände werden durch starke Kutikulaausbildung und Dickerwerden der Zellwände erheblich gesteigert. Die Pflanzen passen sich den neuen Verhältnissen an und gedeihen dann selbst in freiem Lande und bei starker Besonnung ganz ausgezeichnet (*Begonia*, *Abutilon*, *Coleus*, *Ficus elastica* usw.).

¹⁾ MOLISCH, H., Untersuchungen über Laubfall. Ebenda 1886. Bd. XCIII, p. 148.

Ähnliche Bedingungen, wie sie in den eben geschilderten Versuchen verwirklicht wurden, dürften nicht selten auch in der freien Natur zusammenreffen und eine frühzeitige Entlaubung der Holzgewächse zur Folge haben. Allein es darf die Austrocknung des Bodens nicht allzurash erfolgen und nicht allzulange andauern, sonst tritt die von G. KRAUS¹⁾ untersuchte Sommerdürre der Holzgewächse ein, die bloß zur völligen Eintrocknung der Blätter und auch des Blattgelenkes, aber nicht zum Laubfall führt. Dies ist namentlich dann der Fall, wenn die Holzgewächse, auf felsigem Untergrund und magerer Krume stehend, oft länger als einen Monat unter trockenen Winden und intensiver Besonnung zu leiden haben und lange Zeit vom Regen nicht erfrischt werden. Unter solchen Umständen welkt das Blatt zu rasch und stirbt, bevor es noch Zeit gefunden, eine Trennungsschichte zu bilden. Diese Erklärung erscheint mir deshalb richtig, weil abgeschnittene Sprosse, an der Luft liegend, ihre vertrockneten Blätter gleichfalls behalten, dagegen bei langsamem Welken in mäßig feuchtem Raume das Laub abwerfen und ferner, weil man die Erscheinung der Sommerdürre, wie ich mich überzeugte, auch an Topfpflanzen (Abutilon) hervorrufen kann, wenn man sie in einen sehr trockenen Raum stellt und den Wurzelballen sehr rasch austrocknen läßt²⁾.

Es braucht wohl nicht erst hervorgehoben zu werden, daß gelegentlich der Sommerdürre der Holzgewächse auch Blätter mit Trennungsschichten abfallen. Es ist das jene Erscheinung, die WIESNER³⁾ als „Hitzelaubfall“ beschrieben hat. —

Werden Gewächse aus dem freien Lande ausgehoben und in Blumentöpfe eingepflanzt, so kann gleichfalls Laubfall eintreten. Die Gärtner setzen häufig Abutilon, Myrten, Fuchsien aus den Töpfen in freien Grund, weil sie hier üppiger gedeihen und in verhältnismäßig kurzer Zeit eine bedeutende Größe erreichen. Werden nun solche Pflanzen im Herbst wieder eingepflanzt, dann werden natürlich das ganze Wurzelsystem, besonders die für die Wasseraufsaugung so wichtigen, feineren Auszweigungen, empfindlich geschädigt. Infolgedessen nimmt die im Topfe befindliche Pflanze sehr wenig Wasser auf, fängt, oft selbst in ziemlich feuchtem Raume stehend, zu welken an und wirft schließlich, namentlich wenn die Ausbildung junger Wurzeln länger auf sich warten läßt, einen großen Teil des Laubes ab. Ich habe Hunderte von Myrten gesehen, die auf diese Weise ihr Laub, und viele Abutilon, die aus gleichen Gründen Laub und Blütenknospen verloren haben.

Wie rasch sich Blüten und deren Knospen beim Austrocknen des Wurzelballens und gesteigerter Transpiration ablösen, läßt sich sehr schön an Begonien beobachten. Eine im feuchten Warmhause gezogene Begonia tuberosa wurde in ebenso warmen, geheiztem Zimmer aufgestellt und nicht mehr gegossen. Innerhalb 6 Tagen waren alle (28) Blüten und Blütenknospen abgefallen. Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß alle jene Faktoren, die den Laubfall veranlassen, auch die Ablösung der Blüten hervorzurufen pflegen⁴⁾.

¹⁾ KRAUS, G., Bot. Ztg. 1873.

²⁾ MOLISCH, H., Untersuchungen über den Laubfall, l. c. p. 157.

³⁾ WIESNER, J., Über den Hitzelaubfall. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1904, Bd. 22, p. 501.

⁴⁾ Vgl. auch HANNIG, E., Untersuchungen über das Abstoßen von Blüten unter dem Einfluß äußerer Bedingungen. Ztschr. f. Bot. 1913, Jg. 5, p. 417.

Die sogenannte „Schütte“, das plötzliche Abfallen der Nadeln junger Kiefern, dürfte wenigstens zum Teil in dieselbe Reihe von Erscheinungen gehören. Wenn die Kiefern sämlinge im Frühjahr durch die Sonne zu starker Wasserverdunstung angeregt werden, also zu einer Zeit, da die Wurzeln noch im kalten Boden stehen und wenig Wasser aufnehmen, kommt es in Anbetracht des mangelhaften Wasservorrates und des noch schwach entwickelten Holzkörpers zu einem massenhaften Werfen der Blätter. Das plötzliche Abfallen der Kiefernblätter (Kurztriebe) kann aber auch durch Frost oder Pilze¹⁾ veranlaßt werden, man spricht dann im Gegensatz zur Dürreschütte von einer Frost- oder Pilzschütte²⁾.

b) Stagnierende Bodennässe kann gleichfalls Ursache des Laubfalles sein³⁾. Werden Topfpflanzen an ihrem gewöhnlichen Standorte so ins Wasser gestellt, daß der Topf mit seinem unteren Teile einige Zentimeter unter Wasser taucht, so tritt mitunter teilweise oder gänzliche Entlaubung ein. Der Boden versauert unter diesen Umständen, die Wurzeln erkranken, sterben ab und führen den Pflanzen so wenig Wasser zu, daß sie zu welken beginnen. Die Zeitdauer, innerhalb der die Gewächse im nassen Boden die Blätter verlieren, ist wohl in erster Linie von der Empfindlichkeit der Wurzel gegen andauernde Bodennässe und von ihrer spezifischen Transpirationsgröße abhängig. Je größer die Empfindlichkeit und je stärker die Abgabe von Wasserdampf durch die Blätter, desto eher stellt sich der Laubfall ein. Wie verschieden groß diese Empfindlichkeit ist, geht deutlich aus der bekannten Tatsache hervor, daß manche Pflanzen, z. B. *Cyperus alternifolius*, *Richardia aethiopica* und *Nepenthes*-Arten, gerade dann sehr gut gedeihen, wenn sie mit ihren Töpfen zum Teil im Wasser stehen.

c) Lichtmangel begünstigt den Blattfall in hohem Grade. Bei den Versuchen von MOLISCH⁴⁾ mit verschiedenen Pflanzen fielen unter sonst gleichen Bedingungen die Blätter im Finstern viel früher als im Lichte ab. Die Empfindlichkeit gegen Lichtabschluß ist sehr verschieden: *Coleus*-Arten, *Impatiens balsamina*, gewisse *Begonien* und *Fuchsien* werfen schon nach 1—2 Wochen die meisten ihrer Blätter ab. Holzige Pflanzen wie *Azalea*, *Lantana* und *Evonymus* brauchen bis drei Monate dazu. Immergrüne Koniferen, z. B. *Pinus laricio*, *Podocarpus* sp., *Taxus baccata* und von Laubbälzern *Laurus nobilis* können im Finstern vier Monate und länger ihre Blätter behalten. Die Pflanzen mit fallenden Blättern lassen sich bezüglich des Blattfalles durch Lichtmangel in drei Abteilungen bringen. Sehr empfindlich gegen Lichtentzug sind im allgemeinen stark transpirierende, mit weichem Laube versehene Gewächse (*Coleus*, *Fuchsia*), schon bedeutend weniger reagieren schwächer transpirierende, mit lederartigen Blättern (*Rhododendron*, *Azalea*, *Buxus*) und fast gar nicht empfindlich erweisen sich die noch weniger Wasser abgebenden Nadelhölzer (*Föhre*, *Eibe*).

VÖCHTING⁵⁾ hat gezeigt, daß Blätter, die in ihrer Kohlensäureassimilation behindert werden, Störungen erleiden, die früher oder später

¹⁾ TUBEUF, v., Studien über die Schüttekrankheit der Kiefer. Arbeit. d. Biolog. Abteil. a. Kais. Gesundheitsamt. II. Heft. 1901.

²⁾ SORAUER, P., l. c. p. 349.

³⁾ MOLISCH, H., Untersuchungen über Laubfall, l. c. p. 159.

⁴⁾ MOLISCH, H., l. c. p. 161.

⁵⁾ VÖCHTING, H., Über die Abhängigkeit des Laubblattes von seiner Assimilationsfähigkeit. Bot. Ztg. 1891. Jg. 49, p. 113.

ihren Tod herbeiführen. Das Blatt schrumpft ein oder fällt ab. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß in den eben geschilderten Versuchen der Blattfall mit der Störung der Assimilation zusammenhängt.

d) Tabakrauch. Bevor hier der Einfluß des Tabakrauches auf den Blattfall besprochen werden soll, mögen zunächst einige Bemerkungen über den Einfluß des Tabakrauches auf die Pflanze gemacht werden.

Durch die Untersuchungen von MOLISCH¹⁾ wurde die ganze außerordentliche Empfindlichkeit der Pflanzen, von den niedersten bis zu den höchsten, gegenüber Tabakrauch dargetan.

Der Tabakrauch übt auf viele Keimpflanzen einen sehr auffallenden, schädigenden Einfluß aus. Keimlinge der Wicke, Erbse, Bohne, des Kürbis und anderer Gewächse nehmen im Tabakrauch ein abnormes Aussehen an. Wickenkeimlinge (*Vicia sativa*) z. B. geben bei Lichtabschluß ihre normale Wachstumsrichtung auf, ihre Stengel wachsen horizontal oder schief, bleiben kurz, werden aber dick.



Fig. 104.

Einfluß des Tabakrauches auf Bohnenkeimlinge (*Phaseolus vulgaris*). Rechts in reiner Luft; links in Luft, der am Beginn des Versuches einmal Tabakrauch (3 Zigarettenzüge pro $4\frac{1}{2}$ Liter Luft) beigemischt wurde. Versuchsdauer 11 Tage. Man beachte die Längen- und Dickenunterschiede der Stengel und die Längenunterschiede der Wurzeln. Der Versuch erfolgte bei Abschluß von Licht. (Original.)

Um die außerordentliche Hemmung, die das Längenwachstum der Pflanze im Tabakrauch erleidet, zu veranschaulichen — s. Fig. 104 —, ist es nicht etwa notwendig, die Versuchsgefäße (Glasstürze) beständig oder mehrmals mit Rauch zu füllen, sondern es genügt, den durch eine Glasglocke abgegrenzten Raum (4 Liter) am Beginn des Versuchs einmal mit 1—3 Rauchzügen einer Zigarre oder Zigarette zu versehen.

Aber nicht bloß der Keimling, auch viele erwachsene Pflanzen haben unter dem Einfluß des Tabakrauches schwer zu leiden. Manche, wie *Tradescantia guianensis*, *Selaginella Martensii*, *Tolmiea Menziesii*, *Eupatorium adenophorum* erfahren keine besonders merkbare Schädigung. Andere hingegen geben den krankhaften Einfluß des Tabakrauches in höchst auffallender Weise zu erkennen: 1. durch Verkrümmungen der Blätter (*Boehmeria utilis*, *Impatiens Sultanii*); 2. durch abnorme Wucherung der Rindenneporen (meist warzenförmige Hervorragungen der Rinde, die dem Gas-

¹⁾ MOLISCH, H., Über den Einfluß des Tabakrauches auf die Pflanze. I. u. II. Teil Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien, 1911, Bd. 120, p. 3 u. 1911, Bd. 120, p. 813.

austausch dienen); 3. durch Hemmung der Anthokyanbildung und endlich 4. durch den Laubfall.

Viele Gewächse werfen in einer mit Tabakrauch verunreinigten Luft die Blätter oft in überraschend kurzer Zeit ab. Insbesondere entledigen sich die Leguminosen, z. B. *Mimosa pudica*, *Caragana arborescens*, *Robinia pseudacacia* und andere schon innerhalb 24—48 Stunden vollständig ihrer Blätter.

Schneidet man im Monat Mai, also zu einer Zeit, da noch gar keine Neigung zum Laubfall besteht, Zweige von *Caragana arborescens* ab und gibt die einen unter einen Glassturz in reine Luft, die anderen in mit Tabakrauch (3 Züge) verunreinigte Luft, so fallen die Fiederblättchen in der Rauchluft schon nach 48 Stunden größtenteils ab, während die in reiner Luft erst viel später zu fallen anfangen (Fig. 105).

Auch Rauch von Papier, Holz, Stroh, ferner Leuchtgas, Azetylen und andere Gase wirken ähnlich. Es ist aber nicht das für den Tabakrauch so charakteristische Nikotin, das hier die Schädigung hervorruft, sondern nach KNIGHT und CROCKER¹⁾ höchstwahrscheinlich die geringe Menge des im Rauche vorhandenen Azetylens und insbesondere des Äthylens.

In gärtnerischen Kreisen ist ziemlich allgemein die Ansicht verbreitet, daß der Tabakrauch für die Pflanze unschädlich sei. Gewiß wird in einem Gewächshause mit gegenüber dem Tabakrauch widerstandsfähigen Pflanzen der Gärtner, selbst wenn er hier täglich seine Pfeiferaucht, keine in die Augen springenden Schäden bemerken. Und auch, wenn in einem Pelargonium- oder Rosenhause der Blattläuse wegen einmal ausgiebig geräuchert wird, erleiden die Pflanzen bekanntlich keinen merkbaren Schaden. Trotzdem möchte ich

nach dem Gesagten doch warnen, die gärtnerische Ansicht von der Unschädlichkeit des Tabakrauches zu verallgemeinern, denn darüber kann kein Zweifel herrschen, daß der Tabakrauch selbst in verdünnter Form für viele Pflanzen schädlich ist. Es gibt Gewächse, die gegenüber dem



Fig. 105.

Einfluß des Tabakrauches auf den Laubfall. Zweige von *Caragana arborescens*. Rechts in reiner Luft, links in Tabakrauchluft. Nach 48 Stunden hat dieser alle seine Fiederblätter abgeworfen, während jener noch völlig unversehrt ist. (Original.)

¹⁾ KNIGHT, J. und CROCKER, W., Toxicity of Smoke, The Bot. Gazette, 1913 Bd. 55, p. 337.

Tabakrauch resistent sind und dann gibt es andere, die wieder sehr empfindlich erscheinen. Viele von den letzteren können in Zimmern, Laboratorien, Gasthäusern, Schaufenstern, kurz in Räumen, wo sie oft und lange mit Tabakrauch in Berührung kommen, überhaupt nicht kultiviert werden. Sie werfen hier ihre Blätter ab oder zeigen, wenn sie die Blätter behalten, abnorme Stellungen der Blätter, Verkrümmungen und geringes Wachstum. Wenn auch zugegeben werden muß, daß in solchen Räumen noch verschiedene andere Faktoren, wie Lichtmangel, Staub, Leuchtgas und Trockenheit der Luft eine schlechte Einwirkung auf die Pflanzen ausüben können, so steht doch außer Frage, daß dem Tabakrauch dabei ein Hauptanteil zukommt.

Aus diesen Gründen muß auch davor gewarnt werden, pflanzenphysiologische Versuche in Laboratorien anzustellen, deren Luft durch Tabakrauch verunreinigt wird. In solchen Räumen wachsen gewisse Keimlinge (Wicke, Erbse, Linse usw.) nicht normal. Auch die erwachsene Pflanze kann in solchen Räumen leiden und zeigt allerlei abnorme Erscheinungen. Man experimentiere daher, wenn möglich, in gut gelüfteten Räumen und mache sich von Leuchtgas, Tabakrauch und anderen schädlichen Verunreinigungen der Luft möglichst unabhängig.

Noch vor etwa 20 Jahren hat man auf den schädlichen Einfluß der verunreinigten Luft auf die Pflanze in physiologischen Laboratorien keine besondere Rücksicht genommen; es ist das Verdienst RICHTERS¹⁾ im Anschluß an die Arbeiten von NELJUBOV und MOLISCH, die störende Einwirkung verunreinigter Luft auf die Pflanze erkannt und immer wieder nachdrücklich betont zu haben, so daß dieser Umstand von den Physiologen jetzt allgemein beachtet und hoffentlich auch bald von den Gärtnern und Pflanzenliebhabern gewürdigt werden wird.

Die schädliche Wirkung des Rauches auf das Allgemeinbefinden der Gehölze in den Gärten und Parkanlagen in Großstädten macht sich oft in auffallender Weise geltend. Viele Sträucher und Bäume, insbesondere Nadelhölzer zeigen hier kein gutes Gedeihen. Die Ursache davon sind, abgesehen vom Ruß, die Abgase der Kohlenfeuerungen, die aus den Rauchfängen der Häuser und der Fabrikschloten der Luft zugeführt werden. Durch die Verbrennung der Kohle gelangen verschiedene Stoffe in den Rauch: Ammoniak, Schwefelwasserstoff, teerige Körper, Salzsäure, schweflige Säure und Ruß. Nach Versuchen über den Nebel und die Luft von London dürfte die Schädlichkeit des Rauches hauptsächlich durch die teerigen Bestandteile, die saueren Gase und den Ruß bedingt sein.

In all den angeführten Fällen schützen sich die Pflanzen durch den Blattfall vor weiterer Schädigung oder suchen diese wenigstens auf ein Minimum herabzudrücken. Die Pflanze wappnet sich insbesondere gegen allzu große Wassernot und Verwelken durch Abwerfen des Laubes und vermag dadurch die Wasserökonomie ihres Körpers in passender Weise zu regulieren. Zweifellos handelt es sich hier um Reizvorgänge, die, bisweilen außerordentlich rasch, die Bildung der Trennungsschichte auslösen.

e) Abgesehen von der schon genannten Ursachen können noch zwei andere Laubfall hervorrufen: Frost und Verletzung.

Es ist eine lange bekannte, schon von v. MOHL²⁾ studierte Tatsache,

¹⁾ RICHTER, O., Über den Einfluß verunreinigter Luft auf Heliotropismus und Geotropismus. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. 1906, Bd. 115, p. 265. — Vgl. auch dieselben Berichte 1912, Bd. 121, p. 1183.

²⁾ MOHL, v. H., Über die anatomischen Veränderungen des Blattgelenkes, welche das Abfallen der Blätter herbeiführen. Bot. Ztg. 1860, p. 15.

daß die Blätter verschiedener Bäume (*Aesculus*, *Paulownia* u. a.) nach dem ersten starken Herbstfrost, sowie sie von der Sonne getroffen werden, massenhaft abfallen. Während des Frostes bildet sich im Blattgrunde, wo die Ablösung des Blattes schon durch eine Trennungsschicht vorbereitet ist, eine Eisschicht, die jetzt den Zusammenhang zwischen Blatt und Stamm vermittelt. Sobald die Eislamelle schmilzt, fällt das Blatt ab.

Wird der größere Teil oder die ganze Spreite eines Blattes abgetragen, wie dies bei der Herrichtung des Stecklings so häufig geschieht, so entledigt sich die Pflanze des zurückgebliebenen Blattstiels nach einiger Zeit. Der Stiel hat für die Pflanze ohne die Spreite keine Bedeutung, er wird daher als unnütz abgeworfen.

Im vorhergehenden wurden verschiedene den Laubfall fördernde Faktoren erwähnt. DINGLER¹⁾ hat auch auf ein Laubfall verzögerndes Mittel aufmerksam gemacht. Wenn Bäume (*Populus fastigiata*, *Carpinus betulus*) im Winter geschneidelt, gestutzt oder geköpft werden, so treiben sie oft um 6—8 Wochen später aus und behalten dementsprechend ihre Blätter oft bis in den Winter hinein. Der herbstliche Laubfall hat ein gewisses Alter des Blattes zur Voraussetzung. Man kann im allgemeinen sagen: je älter das Blatt, desto größer die Neigung zur Ablösung. Da nun die spät austreibenden Blätter geschneidelter oder geköpfter Bäume noch in relativ jungem Zustande in den Herbst eintreten, so fallen sie zu dieser Zeit auch noch nicht ab und gehen erst nach wiederholtem Gefrieren zugrunde. Ähnliches konnte DINGLER für tropische Bäume zeigen, denn es ist ihm gelungen, bei einer Anzahl von Bäumen auf Ceylon, die normal in der trockenheißen Zeit des Tropenklimas alljährlich die Blätter abwerfen, sie über die heiße Trockenperiode in ihrer vollen Belaubung dadurch zu erhalten, daß er sie im Oktober schneidelte, d. h. aller Blätter und aller jungen, mit Knospen versehenen Zweige beraubte. Solche Bäume treiben aus und behalten die Blätter über die ganze Trockenperiode (Februar, März), während die nicht geschneidelten Bäume in dieser Zeit die Blätter werfen²⁾. Das Alter des Blattes spielt also auch bei tropischen Gehölzen eine große Rolle; ist das Blatt noch jung und widerstandsfähig, so fällt es trotz der Trockenperiode nicht ab.

d) Das Abfallen von Blütenknospen, Früchten und Zweigen.

Man hört oft darüber klagen, daß die Blütenknospen verschiedener Pflanzen plötzlich in großer Zahl abfallen. Besonders empfindlich geschädigt werden die Gärtner, wenn sich diese unerfreuliche Erscheinung bei den Kamelien einstellt. Die Ursachen des Abfallens sind in der Regel allzu starkes Austrocknen des Wurzelballens oder trockene Wärme. Wenn die Wasserzufuhr zu mangelhaft und die Transpiration durch trockene Luft gleichzeitig übermäßig erhöht wird, so werfen die

¹⁾ DINGLER, H., Zum herbstlichen Laubfall. Forstwissensch. Zbl. Berlin 1902, Jg. 24, p. 195.

Derselbe, Über das herbstliche Absterben des Laubes von *Carpinus betulus* an geschneidelten Bäumen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1906, Bd. 24, p. 17.

²⁾ DINGLER, Versuche über die Periodizität einiger Holzgewächse in den Tropen. Sitzber. d. K. bayer. Akad. d. Wiss. 1911, p. 127.

Pflanzen die Blütenknospen oft massenhaft ab, zumal wenn die Pflanzen nach der Trockenperiode plötzlich mit viel Wasser versehen werden und die Luftfeuchtigkeit noch dazu rasch gesteigert wird. Der Wassermangel regt die Bildung der Trennungsschichte am Grunde der Knospe an und eventuell danach eintretende rasche und reichliche Wasserzufuhr, verbunden mit Transpirationshemmung, begünstigt Turgorsteigerung, Abrundung und Isolierung der Zellen in der Trennungsschichte. Dadurch wird der Zusammenhang der Knospe mit dem Muttersproß aufgehoben und die Knospe fällt ab. —

Die Natur geht in der Erzeugung von Keimen sehr verschwenderisch vor. Auch bei den Obstbäumen besteht dieses Streben, aber da die Früchte bei Quitten, Äpfeln, Birnen, Pflaumen und anderen Bäumen im Falle guter Ausbildung bedeutende Größe erreichen, so vermag der Baum nicht alle Früchte zu ernähren. Schon bald nach der Blüte fallen viel junge Früchte teils infolge schlechter Ernährung, teils infolge von Nichtbefruchtung ab. Aber auch später im Sommer, wenn eine anhaltende Trockenheit eintritt, lösen sich zahlreiche Früchte ab, ähnlich wie es Blätter unter gleichen Umständen tun. Durch wiederholte, aber nicht zu starke Bewässerung und gleichzeitige Behandlung mit flüssigem Dünger kann die vorzeitige Ablösung der Früchte verhindert werden.

Im allgemeinen rufen dieselben Ursachen, die den Blattfall veranlassen, nach meinen Erfahrungen auch den Fruchtfall hervor.

Schließlich sei noch der Ablösung der Zweige einiger Gewächse gedacht. Im Herbst findet man unter Pappelbäumen oft bis meterlange Zweige, deren gelenkkopfförmig, kegelig verbreitertes, basales Ende die Ablösungsstelle vorstellt. Aus ihrer glatten Fläche ist schon zu entnehmen, daß die Ablösung sich auch hier durch einen organischen Prozeß und zwar nach v. HÖHNEL¹⁾ mittels einer Trennungsschichte vollzieht. Man bezeichnet solche Zweige als „Zweigabsprünge“.

Sie finden sich unter den Dicotylen, abgesehen von *Populus*, auch bei *Quercus*, *Evonymus europaea*, *Prunus padus*, *Ulmus pendula*, *Calluna vulgaris*, *Fraxinus*, *Juglans* u. a.

Gewisse Koniferen zeigen gleichfalls Absprünge: *Pinus*-Arten, *Thuja occidentalis*, *Taxodium distichum*, *Dammara*-, *Podocarpus*-Arten; während aber bei den Dicotylen die Sprosse im frischen, oft mit Blättern versehenen Zustande abgeworfen werden, lösen sich die Nadelholzzweige im toten Zustande ab.

Auch bei gewissen krautigen oder strauchigen Zierpflanzen gliedern sich die Internodien voneinander mit einer Trennungsschichte ab, so bei *Begonia*-, *Goldfussia*-Arten, *Melastomaceen* und *Ephedra*, und zwar gewöhnlich dann, wenn sie an der Transpiration gehindert oder einer allzu starken und andauernden Welkung ausgesetzt waren.

¹⁾ HÖHNEL, FR. v., Über den Ablösungsvorgang der Zweige usw. Mitteilg. aus d. forstl. Versuchswesen Österr. Heft III, 1878, p. 225 u. Bd. II, Heft II, 1879.

Vgl. auch SORAUER, P., l. c. p- 375.

Vierter Abschnitt

Vom Erfrieren und Gefrieren der Pflanzen¹⁾.

Wenn in einer klaren Herbstnacht der erste Frost über die Vegetation hereinbricht, die Temperatur einige Grade unter Null gesunken ist und hernach die Strahlen der Sonne die steif gefrorenen Pflanzen wieder auftauen, dann bietet sich dem Beobachter ein Bild der Verwüstung dar. Die Blätter vieler Pflanzen, früher freudig grün und saft-erfüllt, hängen jetzt schlaff herab, sie schrumpfen, verfärben sich braun bis schwarz und gewähren das Bild des Todes.

Aber nicht alle Gewächse verhalten sich so. Viele unserer Holzgewächse und zahlreiche Kräuter widerstehen dem Herbstfrost und noch viel niedrigeren Temperaturen, können beinhart gefrieren, in diesem Zustande Tage, ja Wochen verharren und nach dem Auftauen wieder weiterwachsen. Das Gänseblümchen (*Bellis perennis*), das Märzveilchen (*Viola odorata*), die Goldnessel (*Galeobdolon luteum*), der Efeu, die Brombeere, die Tanne, Fichte, Föhre und hunderte andere Kräuter, Sträucher und Bäume vermögen sehr tiefe Temperaturen unter Null zu ertragen, ohne Schaden zu erleiden. Daraus geht hervor, daß sich die Pflanzen der Kälte gegenüber sehr verschieden verhalten und daß es vielen gelungen ist, sich niedriger Temperatur anzupassen und ihr erfolgreich zu widerstehen.

Das Leben kann nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen bestehen, sowohl nach oben als nach unten hin.

Die meisten saftreichen Pflanzen sterben schon bei + 45 bis 49° C. Gewisse wärmeliebende (thermophile) Bakterien und Schimmelpilze, die im Heu, Pferdemist und anderen organischen Abfällen leben, wachsen am besten bei Temperaturen, bei denen schon andere Pflanzen absterben, manche davon entwickeln, vermehren und bewegen sich bei + 60 bis 70° C, also bei einer Temperatur, bei der man sich die Finger verbrennt. Eine solche dampfende Nährlösung mit lebhaft beweglichen Bakterien, die für andere Lebewesen wegen ihrer hohen Temperatur tödlich wäre, stellt ein interessantes Beispiel von Anpassung an extrem hohe Temperaturen dar. Gewisse in heißen Quellen vorkommende Algen sollen Temperaturen von 57, 70, 85, ja sogar bis 93° C²⁾ ertragen. Derlei An-

¹⁾ GOEPPERT, H. R., Über das Gefrieren, Erfrieren der Pflanzen usw. Stuttgart 1883.

MÜLLER-THURGAU, H., Über das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. Landw. Jahrb. 1880.

MOLISCH, H., Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Jena 1897.

²⁾ DAVIS, Die Flora der heißen Quellen des Yellowstoneparks. Science 1897.

gaben bedürfen aber einer sorgfältigen Nachuntersuchung, da die Temperaturbestimmungen nicht immer mit der nötigen Kritik und Umsicht durchgeführt wurden. So gibt man an, daß die Algen, die in den aus der Erde hervorquellenden heißen Wässern zu Karlsbad in Böhmen gedeihen, bei viel höheren Temperaturen vorkommen, als ich sie beobachten konnte. Da, wo ich in Karlsbad in nächster Nähe des heißen Wasserstrahls Oscillarien und Kieselalgen zuerst auftreten sah, war die Temperatur 49 bis 50° C, niemals höher, und dasselbe stellte ich in einer mächtigen, heißen Quelle auf dem Vulkan Gedeh auf Java fest. Wenn man hier schon von weitem weiße Dampfvolken von der Quelle aufsteigen sah, bildete man sich unwillkürlich die Meinung, daß die Quelle ungemein heiß sein müsse. Dennoch zeigt das Thermometer bei sorgfältiger Beobachtung an den Stellen, wo eine dünnfädige, in herrlichen, spangrünen Rasen wachsende Oscillarie auftrat, nur 49° C. Tropische Pflanzen bedürfen gewöhnlich zu ihrem Gedeihen höherer Temperaturen als die unseres Klimas. Um nur ein Beispiel zu erwähnen: Die *Victoria regia*, diese bekannte, in Südamerika einheimische Nymphaeacee, braucht eine Lufttemperatur von etwa 24° C und eine Wassertemperatur von 24—30° C. Die Einrichtungen unserer Kalt- und Warmhäuser zielen ja alle darauf ab, den darin zu ziehenden Gewächsen die Temperaturen in verschiedenen Abstufungen zu bieten, die sie benötigen. —

Lufttrockene Samen verschiedener Pflanzen, ferner gewisse Moose, Flechten, Pilzsporen und Bakterien können bis mehrere Stunden allmählich auf 80—100°, ja sogar kurze Zeit auf 120° C erhitzt werden, ohne daß sie ihr Leben einbüßen. Bei noch höheren Wärmegraden sterben schließlich alle Pflanzen ab, jede hat ihre obere Temperaturgrenze des Lebens. Aber auch eine untere und mit dieser wollen wir uns im folgenden beschäftigen.

1. Das Erfrieren von Pflanzen bei Temperaturen knapp über dem Eispunkt.

Unter Erfrieren einer Pflanze versteht man eine Schädigung oder ein Absterben infolge niederer Temperatur oder Kälte, unter Gefrieren hingegen die Erstarrung ihres Saftes zu Eis. Damit kann eine Schädigung verknüpft sein, es muß aber nicht der Fall sein. Eine Pflanze, die gefriert, muß also nicht erfrieren.

Es kann vorkommen, daß gewisse Pflanzen schon bei Temperaturen knapp über Null erfrieren, mithin bei einer Temperatur, wo von einer Eisbildung noch keine Rede ist, und hierbei können wieder zwei Fälle unterschieden werden.

a) Das Verwelken von Pflanzen infolge von niederer Temperatur.

Läßt man Tabak-, Kürbis- oder Schminkbohnenpflanzen in Blumentöpfen in einem Zimmer stehen und sinkt hier die Temperatur auf etwa + 4 bis 2° C, so welken die Blätter. Wird die Temperatur der Topferde auf 18° erhöht, während die des Zimmers in der Umgebung der Blätter die ursprüngliche Tiefe behält, so werden die Blätter straff. Diese Erscheinung ist so zu erklären: Wenn die Temperatur auf einige wenige Grade unter Null sinkt, verlieren die Wurzeln das Vermögen, genügende

Mengen Wasser aufzunehmen, die Blätter aber fahren bei dieser Temperatur fort, Wasser relativ reichlich durch Verdunstung abzugeben. Das Laub transpiriert stark, die Wurzeln nehmen wenig Wasser auf, daher muß es zu einem Welken und, wenn dieser Zustand zu lange andauert, zu einem Verwelken kommen. Die Pflanze vertrocknet schließlich und geht zugrunde. Daß wirklich dieses Absterben eine Transpirationsercheinung, ein Welken ist, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man über die genannten Pflanzen Glasglocken stülpt und dadurch ihre Transpiration hemmt oder völlig unterdrückt; dann welken die Pflanzen trotz der niederen Temperatur nicht¹⁾.

Damit hängt auch folgende Erfahrung zusammen. Gewisse subtropische und tropische Gewächse können sehr schwer im warmen Gewächshause überwintert werden, da sie wegen der oft ungenügenden Temperatur und der durch die Heizung gesteigerten Transpiration ihre Blätter abzuwerfen pflegen oder verwelken lassen. So konnte ich z. B. lange Zeit *Mimosa pudica* und *Ageratum mexicanum* im Warmhause nicht überwintern. Die Pflanzen gingen gewöhnlich ein. Als ich sie jedoch, zumal wenn sie noch jung waren, mit Glasstürzen bedeckte und die Luft dadurch sehr feucht hielt, gediehen sie selbst im Zimmer recht gut.

b) Das Erfrieren von Pflanzen bei Temperaturen über dem Eispunkt bei Ausschluß der Transpiration²⁾.

Es gibt auch Pflanzen, die knapp über Null erfrieren, ohne daß sie transpirieren. Die Gesneriacee *Episcia bicolor* Hook. (*Physodeira bicolor*) ist in dieser Hinsicht ein geradezu klassisches Versuchsobjekt. Bringt man eine gesunde Topfpflanze dieser Art aus dem Warmhaus in das Kalt- haus, dessen Temperatur etwa $+3^{\circ}$ C ist, und sorgt man durch Überstülpen mit Glasglocken, Absperren derselben mit Wasser und durch Bedecken mit Dunkelstürzen aus Pappe dafür, daß die Transpiration und Wärmeausstrahlung möglichst gehemmt werden, so werden die bei dieser niederen Temperatur stehenden Pflanzen schon nach 12—24 Stunden geschädigt: Die meisten Blätter zeigen dann zahlreiche, meist hellere große Flecke, diese werden immer größer und größer, bis das Blatt seine grüne Farbe vollends einbüßt und eine braune Farbe annimmt. Nach vier Tagen sind alle Blätter ganz braun und haben ihre Lebensfähigkeit eingebüßt, während die Pflanzen des Warmhauses unter sonst gleichen Verhältnissen ganz unversehrt bleiben.

Man kann die Versuche auch so machen, daß man die *Episciablätter* in Eiswasser legt und dafür sorgt, daß die Temperatur konstant 0 oder höchstens $+1^{\circ}$ verbleibt. Die Blätter beginnen sich dann nach drei Stunden zu verfärben, nach 24 Stunden sind alle größtenteils oder vollständig abgestorben. Ebenso, jedoch stufenweise verschieden, verhalten sich andere tropische, auf höhere Temperatur gestimmte Pflanzen, wie *Sanchezia nobilis*, *Eranthemum tricolor*, *E. Cooperi*, *Coleus*-Arten, *Achimenes* und zahlreiche andere.

Knollen gewisser tropischer Pflanzen (*Caladium*, *Begonien* usw.) müssen während der Ruheperiode trocken in einem Warmhause auf-

¹⁾ Sachs, J., Kristallbildungen bei dem Gefrieren usw. Gesammelte Abhandlungen, I. p. 39.

²⁾ Molisch, H., Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Jena 1897, p. 55.

bewahrt werden, weil sie sonst bei kalter Aufbewahrung leicht leiden oder absterben.

Es ist daher sichergestellt, daß zahlreiche, warmen Gegenden angehörige Pflanzen bei Temperaturen knapp über Null auch bei Ausschluß der Transpiration und Wärmeausstrahlung zugrunde gehen. Man wird wohl kaum mit der Annahme fehlgehen, daß das Erfrieren über Null unabhängig von der Transpiration auf durch niedere Temperatur hervorgerufene Störungen im Stoffwechsel der lebenden Substanz zurückzuführen ist.

2. Das Erfrieren der Pflanze nach vorherigem Gefrieren.

Von viel größerer Wichtigkeit und einschneidender Bedeutung als das Erfrieren über Null ist der Eistod der Pflanze. Es wurde schon früher hervorgehoben, daß viele Pflanzen gefrieren können, ohne abzusterben,

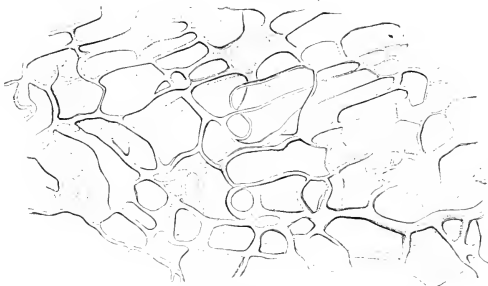


Fig. 106.

Kleister, gefroren und dann aufgetaut. Vergr. etwa 300.
t * t* (Original.)

und daß wieder andere mit dem Gefrieren, mit der Eisbildung, sicher dem Tode anheimfallen. Das Gänseblümchen, das Löffelkraut, die Fichte und viele andere Pflanzen können beihart gefrieren, nach dem Auftauen aber leben sie weiter. Zu den kältesten Orten der Erde gehören Gegenden Sibiriens, z. B. die von Jakutsk und Werchojansk, wo die Temperatur auf -62 bis -64° sinken kann und doch liegen diese Orte im sibirischen Waldgebiet, ein Beweis, daß auch Bäume eine so starke Kälte zu ertragen vermögen. Nach CHODAT werden Sporen von dem Schimmelpilz *Mucor mucedo* durch eine Abkühlung auf -110° C nicht getötet, ja nach P. BECQUEREL vertragen die Sporen von verschiedenen Schimmelpilzen eine dreiwöchentliche Abkühlung auf -180° und noch dazu eine 77stündige von -235° C. Gewisse Diatomeen können nach PICTET auf -200° C abgekühlt werden, ohne zu erfrieren. Dasselbe gilt von bestimmten Bakterien. Hingegen sind Kartoffelknollen, Kürbisse, Tabakpflanzen und junge Nußbaum- oder Weinstockblätter und hunderte anderer Gewächse rettungslos verloren, falls sie gefrieren.

Gefrieren lebloser Körper, der Zelle und Gewebe.

Um einen genaueren Einblick in das Gefrieren der Pflanzen zu gewinnen, erscheint es zweckmäßig, mit Hilfe eines Gefrierapparates den Gefriervorgang direkt unter dem Mikroskop anzusehen¹⁾. Läßt man

¹⁾ MOLISCH, H., l. c. p. 1.

z. B. eine zweiprozentige Gelatinelösung gefrieren, so zeigt sich, daß beim Gefrieren eine Scheidung zwischen reinem Wasser und Gelatine eintritt, indem an zahlreichen Punkten Eiskristalle entstehen, die mehr minder rasch der gequollenen Gelatine das Wasser entziehen, sich auf Kosten dieses vergrößern und die immer wasserärmere Gelatine vor sich herdrängend, als Netzwerk zwischen sich einschließen. So wie Gelatinelösung verhält sich beim Gefrieren auch Kleister. Auch hier findet eine Sondernung von Wasser und Kleister statt, die zur Umwandlung des ursprünglich ganz gleichmäßigen Kleisters in eine schwammige Masse führt, deren Netzwerk nach dem Auftauen erhalten bleibt, da der Kleister nach dem Gefrieren nicht mehr die Fähigkeit hat, soviel Wasser aufzunehmen wie früher (Fig. 106).

Beim Gefrieren von Emulsionen, Farbstoff- und Salzlösungen tritt gleichfalls eine Scheidung von Eis und dem suspendierten oder gelösten Körper ein; da die Zellen zum großen Teile aus Kolloiden, Lösungen und aus Emulsionen bestehen, so war von vornherein zu erwarten, daß sich auch beim Gefrieren der Zellen ähnliche Vorgänge abspielen. Das ist nun in der Tat auch der Fall.

Der Gefriervorgang bei der genannten Alge *Spirogyra*, die aus tonnenförmigen, zu einem Faden verbundenen Zellen besteht (Fig. 107), spielt sich unterm Mikroskop folgendermaßen ab. Man sieht zuerst das Wasser, in dem die Alge liegt, zu Eis erstarren. Die Eiskristalle dringen, Wolken gleich, in dem Gesichtsfeld des Mikroskopes vor, bis sie unter reichlichem Ausscheiden von Luftbläschen die *Spirogyra* völlig umschließen. Stellt man nun auf den Faden scharf ein, so bemerkt man deutlich, wie die Zellen binnen einer Minute oder in noch kürzerer Zeit schrumpfen, indem ihnen von dem die Zelle umgebenden Eis das Wasser entzogen wird.

Die Zellen verhalten sich aber beim Gefrieren nicht immer so wie bei der genannten Alge. Man kann im ganzen drei Fälle unterscheiden:

a) Das Gefrieren erfolgt, wie dies oben geschildert wurde, ohne daß die Zelle selbst gefriert. In diesem sehr häufigen Falle tritt Wasser aus der Zelle heraus und gefriert dann an der äußeren Oberfläche der Wand. Die dabei oft mächtig schrumpfende Zelle ist dann von einer knapp anliegenden, aus ihrem eigenen Wasser gebildeten Eisröhre umschlossen (*Spirogyra*).

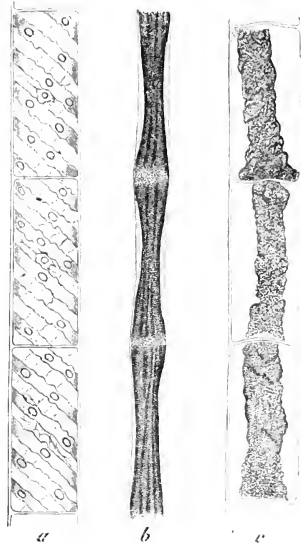


Fig. 107.

Spirogyra sp. *a* unversehrt, *b* gefroren in Eis liegend, die Zellen hochgradig geschrumpft, innerhalb dieser bildet sich kein Eis *c* aufgetaut, Zellen wieder angeschwollen, das Plasma samt dem Chlorophyllband und dem Zellkern zerstört. Vergr. etwa 300. (Original.)

Zelle umgebenden Eis das Wasser entzogen wird.

β) Die Zellen gefrieren und erstarren tatsächlich, indem sich innerhalb des Zellinhaltes Eis bildet, z. B. Staubfadenhaare von *Tradescantia*.

γ) Es können die unter α und β angegebenen Vorgänge in ein und derselben Zelle Platz greifen.

Ob nun eine Zelle in der einen oder anderen Weise gefriert, stets ist dies, ebenso wie bei toten Objekten, mit einem sehr starken Wasserentzug verknüpft. Schon aus der großen Eismenge, die sich innerhalb oder außerhalb der Zelle bildet, sowie aus der mit der Eisbildung verknüpften Schrumpfung des ganzen Protoplasmas oder seiner Teile ist zu entnehmen, daß die Wasserentziehung eine sehr bedeutende, in vielen Fällen sogar kolossale sein muß.

Soviel über die Zelle. Wie aber verhalten sich die Gewebe? Früher war allgemein die Meinung verbreitet, daß sich das Eis regelmäßig im Innern der Zellen bildet, diese dadurch zerrissen werden und daher absterben. Das Eis entsteht aber für gewöhnlich gar nicht in der Zelle, sondern außerhalb dieser. Die Zellhaut ist vom Wasser durchtränkt, die äußerste Wasserschichte der Membran, die an die Zwischenräume (Interzellularen) zwischen den Zellen grenzt, gefriert zuerst; diese Eisschicht vergrößert sich auf Kosten des Zellwassers, sie kann schließlich eine so große Mächtigkeit erreichen, daß man zentimetergroße und noch größere Eisklumpchen mitten zwischen den Zellen finden kann, und das Entstehen solcher mächtiger Eisbrocken ist, wenn nicht schon früher so ausgedehnte Interzellularen vorhanden waren, nicht selten mit einem Zerreißen früher geschlossener Gewebemassen verbunden. Diese außerhalb der Zelle stattfindende Eisbildung tritt besonders bei langsamer Abkühlung ein, bei rascher kann das Eis auch im Innern der Zellen entstehen.

Reines Wasser gefriert unter gewöhnlichen Umständen bei 0°. Durch gelöste Stoffe aber wird der Gefrierpunkt erniedrigt, und da in den Zellen nie reines Wasser vorhanden ist, so folgt schon daraus, daß die Pflanze nicht bei Null, sondern bei einer etwas tieferen Temperatur (Gefrierpunkt) erstarren wird, wie MÜLLER-THURGAU¹⁾ gezeigt hat. —

Auch die Erscheinung der Unterkühlung (Überkältung) bedingt, daß das Gefrieren oft bei noch tieferen Temperaturen statthat. Bekanntlich können Wasser- oder Salzlösungen oft bedeutend unter ihren Gefrierpunkt abgekühlt werden, wenn Erschütterungen, die Berührung mit Eis oder mit Kristallen der gelösten Substanz vermieden werden. Der Grad der Unterkühlung kann besonders in Haarröhrchen bedeutend verstärkt werden. Wir dürfen uns daher nicht wundern, daß alle diese Umstände auch in der Pflanze eine Erniedrigung des Gefrierpunktes durch eine Unterkühlung ermöglichen können. So liegt nach MÜLLER-THURGAU bei der Kartoffelknolle der Gefrierpunkt bei -1° C, der Überkältungspunkt bei ungefähr -3° C. Wenn also eine Kartoffel gefriert, so muß sie zuerst auf -3° abgekühlt werden; erst dann erstarrt sie, wobei die Temperatur infolge der Eisbildung plötzlich auf den Gefrierpunkt von -1° steigt.

3. Stirbt die gefrorene Pflanze erst beim Auftauen?

SACHS war der auch heute noch im Kreise der Praktiker vielfach verbreiteten Meinung, daß die Pflanze nicht im Momente des Gefrierens,

¹⁾ MÜLLER-THURGAU, H., l. c.

im noch gefrorenen Zustande, abstirbt, sondern erst beim Auftauen. Eine gefrorene Pflanze könne am Leben bleiben, wenn man sie ganz allmählich auftauen läßt, sie werde aber getötet, wenn sie rasch aufgetaut wird.

Entgegengesetzter Ansicht war GÖPPER, Nach ihm tritt der Tod der Pflanze schon beim Gefrieren oder im Zustande des Gefroreneins ein, das rasche oder langsame Auftauen spielt dabei keine Rolle.

Manche Orchideenblüten haben milchweiße Blüten (*Calanthe veratrifolia*). Wenn man sie zwischen den Fingern zerquetscht, werden sie augenblicklich blau, weil sich aus dem in den Zellen vorhandenen farblosen Indikan Indigblau bildet. Dasselbe zeigt sich auch beim Gefrieren der Blüte. Da die Blaufärbung als ein sicheres Zeichen des eingetretenen Todes angesehen werden muß, so geht aus diesem Versuch von GÖPPER deutlich hervor, daß der Tod der Blüte schon in gefrorenem Zustande eintritt.

Viel Begoniablätter haben die Eigentümlichkeit, sich beim Absterben von Grün in Braun zu verfärben. Dies geschieht, wenn man sie durch Chloroformdampf oder durch höhere Temperatur tötet. Beim Absterben werden die Chlorophyllkörner für die im Zellsaft reichlich vorhandenen organischen Säuren durchlässig und infolgedessen mißfarbig braun. Läßt man nun ein Begoniablatt gefrieren, so tritt die Braunfärbung schon in gefrorenem Zustande und nicht erst beim Auftauen ein. Überaus eingehend hat sich mit unserer Frage MÜLLER-THURGAU beschäftigt, wobei er zu einem, dem SACHSschen entgegengesetzten Standpunkt gelangte. Er sagt: „Seit Jahren habe ich mich mit der Lösung dieser Frage beschäftigt, viele Hunderte von Pflanzen bei verschiedenen Temperaturen gefrieren und langsam auftauen lassen und . . . niemals eine Pflanze, respektive einen Pflanzenteil durch langsames Auftauen retten können, der bei schnellerem Auftauen zweifellos sich als getötet erwiesen hätte.“

Es ist vielfach die Meinung verbreitet, daß gefrorene Pflanzen im Wasser von 0° sehr langsam auftauen. Dies ist aber, wie MÜLLER-THURGAU betont und an gefrorenen Äpfeln, Birnen und Kartoffelknollen zeigt, nicht der Fall und aus physikalischen Gründen auch gar nicht zu erwarten. Im Wasser geht das Auftauen viel rascher vor sich als in entsprechend kalter Luft. Gefrorene Pflanzenteile überziehen sich nämlich in Wasser von 0° gelegt, rasch mit einer ziemlich dicken Eiskruste, wobei Wärme gebildet wird, die zum Auftauen des Eises in den Geweben führt und eben deshalb ein rascheres Auftauen im Wasser bedingt.

Die Gärtner pflegen auch erfrorene Pflanzen, wenn sie einen Nachtfrost erlitten haben, mit kaltem Wasser zu bebrausen, in der Meinung, dadurch ein langsames Auftauen zu erzielen. Nach dem Gesagten muß aber gerade das Entgegengesetzte eintreten.

MÜLLER-THURGAU fand aber auch einen Fall, der tatsächlich lehrt, daß bei gewissen Pflanzen die Art des Auftauens von Einfluß für die Rettung gefrorener Objekte sein kann. Dieser Fall betrifft gefrorene Äpfel und Birnen. In möglichster Anlehnung an natürliche Verhältnisse wurden die genannten Früchte allmählich steigender Kälte ausgesetzt und zum Gefrieren gebracht. Wurde nachher ein Teil in lauwarmes Wasser, ein zweiter in Wasser von 0° gebracht, ein dritter mit den Stielen in warme Zimmerluft von 20° und ein vierter in solche von 0° aufgehängt, so ergab sich folgendes: Während bei Temperaturen von -5° bis -7° die widerstandsfähigen Sorten unbeschädigt blieben, unabhängig davon, ob sie rasch oder langsam auftauten, zeigten bei den empfindlicheren Sorten durchgehends nur die im warmen oder kalten

Wasser aufgetauten Früchte Schädigungen, die in warme oder kalte Luft gebrachten hingegen nur geringe oder gar keine.

Gerade der hier mitgeteilte Ausnahmefall und die noch immer im Kreise der Gärtner verbreitete Anschauung, daß die gefrorene Pflanze erst beim raschen Auftauen abstirbt, ließ es wünschenswert erscheinen, der Sache neuerdings nachzugehen. Dies tat MOLISCH. Von seinen zahlreichen Versuchen sei hier nur folgender mit *Ageratum mexicanum* mitgeteilt.

Diese bei uns zur Einfassung von Teppichbeeten verwendete Pflanze hat eine besondere Eigentümlichkeit: im lebenden Zustande haben die Blätter keinen auffälligen Duft, im toten aber duften sie stark nach Cumarin, jenem Körper, dem der Waldmeister (*Asperula odorata*) seinen angenehmen Geruch verdankt. Läßt man einen lebenden, beblätterten Sproß total verwelken oder taucht man ihn für ein paar Sekunden in siedendes Wasser, so duftet er einige Zeit nach Eintritt des Todes nach Cumarin. Als nun MOLISCH in einer kalten Winternacht eine Topfpflanze unter einem Glassturz einer Temperatur von -7° C ansetzte, gefror die ganze Pflanze steif und bedeckte sich mit Reif. Sobald am frühen Morgen bei der erwähnten Temperatur von der vollständig erstarrten Pflanze der Glassturz abgehoben wurde, duftete der innere Luftraum ebenso wie die Pflanze intensiv nach Cumarin, ein Beweis, daß die Pflanze schon in gefrorenem Zustande abgestorben war.

Hunderte der verschiedensten Objekte wurden im Laufe mehrerer Winter daraufhin geprüft, ob langsames oder rasches Auftauen für die Erhaltung des Lebens von Bedeutung ist, und übereinstimmend hat sich ergeben, daß es in der Regel für die Erhaltung des Lebens gleichgültig ist, ob man rasch oder langsam auftaut. Es gibt Ausnahmen: die schon erwähnten Birnen- oder Apfelsorten und die Blätter von *Agave americana*. Das rasche oder langsame Auftauen dieser Früchte und Blätter kann tatsächlich über Leben und Tod entscheiden.

Auf neue Ausnahmen hat jüngst AKERMAN¹⁾ aufmerksam gemacht. Er fand, daß Blätter von Rotkohl, *Viburnum tinus*, *Aucuba japonica*, *Hedera helix* u. a. bei raschem Auftauen in lauem Wasser viel mehr beschädigt wurden als wenn sie sehr langsam auftauten. Dies trat aber nur dann ein, wofern die Pflanzen einer mittelmäßigen niederen Temperatur ausgesetzt wurden. Waren sie jedoch bei sehr niedriger Temperatur gefroren, so war die Art des Auftauens gleichgültig.

4. Die Ursachen des Erfrierens.

Wir wollen nun die Frage erörtern, wodurch denn eigentlich der Gefriertod der Pflanze herbeigeführt wird.

Die von älteren Botanikern (DCHAMEL, SENEBIER, RAFN u. a.) vertretene Ansicht, daß das Erfrieren eigentlich auf einem Zerreißen der Zellwand infolge des sich im Zellinnern bildenden und ausdehnenden Eises beruhe, hat wohl nur mehr historisches Interesse, da diese Anschauung insbesondere von GOEPPERT, ferner von CASPARY, SACHS und NÄGELI widerlegt wurde. Es muß diese Meinung schon deshalb aufgegeben werden, weil ja das Eis sehr häufig gar nicht innerhalb der Zelle entsteht. Damit soll natürlich nicht gesagt sein, daß durch das Gefrieren nicht

¹⁾ AKERMAN, A., Über die Bedeutung der Art des Auftauens für die Erhaltung gefrorener Pflanzen. *Botaniska Notiser*, Lund 1919, p. 49.

tatsächlich auch mechanische Verletzungen der Gewebe erfolgen können, denn nicht selten bilden sich in den Lufträumen zwischen den Zellen so große Eismassen, daß Gewebe sich voneinander abheben oder daß sie zerreißen.

MÜLLER-THURGAU hat hingegen den Gedanken ausgesprochen und zu begründen versucht, daß das Erfrieren eigentlich auf einen Wasserentzug infolge der Eisbildung hinauslaufe. „Sämtliche das Erfrieren betreffende Tatsachen sind mit der Anschauung, daß die Wasserentziehung als Todesursache zu betrachten sei, leicht in Einklang zu bringen; immer ist jedoch dabei zu berücksichtigen, daß beim Gefrieren das Wasser, wenigstens der größte Teil, rasch den Zellinhalten entzogen wird.“

Daß der große, mit der Eisbildung verbundene Wasserverlust der Zelle das Maßgebende beim Gefriertod ist, geht auch aus den Versuchen von MOLISCH hervor. Er sagt¹⁾: „Mag die Eisbildung in der Zelle oder außerhalb der Zelle Platz greifen, immer werden dem Protoplasma bedeutende Wassermengen entzogen. Beobachtet man, wie in einer gefrierenden Amöbe oder in einem gefrierenden Staubfadenhaar das Zellwasser blitzschnell zu Eis erstarrt, oder beobachtet man, wie sich eine gefrierende Spirogyra auf Kosten ihres eigenen Wassers mit einer EISRöhre umgibt und wie sie in kaum einer Minute infolge dieses Wasserverlustes derartig schrumpft, daß sie mit Rücksicht auf ihre Kontraktion und auch sonst in ihrem Aussehen einer an der Luft verwelkten und eingetrockneten Spirogyra täuschend ähnlich ist (s. Fig. 107), so drängt sich einem der Gedanke förmlich auf, daß der Tod hier durch Wasserentzug bedingt wird.“ . . . „Nun ist es aber eine lange bekannte Tatsache, daß die lebende Substanz eine zu weitgehende Entziehung des Wassers in der Regel gar nicht verträgt und daß das molekulare Gefüge, die Architektur des Protoplasmas für immer zerstört wird, wenn der Wasserverlust eine gewisse Grenze überschreitet.“

Eigentlich ist es ja bei dem Verwelken der Pflanze auch so. Ein Blatt, eine Blüte oder eine Wurzel stirbt beim Verwelken, weil eine gewisse Menge Wasser für die Zelle notwendig ist. Wenn diese der lebenden Substanz entzogen wird, so bricht ihre Struktur zusammen und der Tod tritt ein.

Die Wasserentziehung kann noch andere Schädigungen im Gefolge haben. Infolge des Gefrierens können sehr konzentrierte Lösungen in der Zelle geschaffen werden, die vielleicht schon giftig wirken, und früher gelöste Körper können sogar ausgeschieden werden. SCHAFFNIT²⁾ hat an Preßsäften verschiedener Pflanzen gezeigt, daß mit niedriger Temperatur Zustandsänderungen der gelösten Eiweißstoffe eintreten, wodurch sie ausgesalzt werden.

Wenn der Eistod der Pflanze der Hauptsache nach auf einem allzu starken, plötzlichen oder raschen Wasserentzug beruht, so findet man es begreiflich, daß der Wassergehalt einer Pflanze oder eines Organs beim Gefriertod nicht gleichgültig ist. Die von den Knospenschuppen umhüllten Knospenblätter sind sehr wasserarm und halten große Winter-

¹⁾ MOLISCH, H., J. c. p. 71 u. 72.

²⁾ SCHAFFNIT, S., Studien über den Einfluß niedriger Temperaturen auf die pflanzliche Zelle. Sonderabdr. aus Bd. 3, Heft 2 d. Mitteilg. d. Kaiser-Wilhelm-Instituts f. Landw. i. Bromberg, p. 93.

kälte aus. Sowie sich aber die Blätter aus den Knospen hervorschieben und wasserreicher werden, werden sie frostempfindlich.

Pflanzen, die in einem etwas welken Zustande oder in trockenem Boden stehend, der Kälte ausgesetzt werden, erweisen sich widerstandsfähiger als im nassen Boden. Droht aber Frost, so begieße man möglichst wenig.

Lufttrockene Samen sind bekanntlich sehr kältewiderstandsfähig, in gequollenem Zustande hingegen erfrieren sie leicht. Pflanzen, die ein Austrocknen vertragen, widerstehen auch der Kälte gewöhnlich ausgezeichnet. Nun scheint aber dem die Tatsache zu widersprechen, daß zwar gequollene Samen schadlos lufttrocken werden können, daß sie aber, wenn sie gequollen gefrieren, dennoch getötet werden. Es darf jedoch nicht vergessen werden, daß beim langsamen Eintrocknen das Wasser allmählich entzogen, beim Gefrieren jedoch sehr rasch entrissen wird, was mit einer Schädigung verbunden ist.

Gegen die Wasserentziehungstheorie von MÜLLER-THURGAU und MOLISCH hat sich später MEZ¹⁾ gewendet und die Lehre vom spezifischen Temperaturminimum aufgestellt. MEZ behauptete: 1. daß die Eisbildung mit dem Absterben nicht nur nichts zu tun habe, sondern daß die Eisbildung der Pflanze sogar insofern nützlich sei, als bei der Eisentstehung Wärme frei werde und die weitere Eisbildung verzögere; 2. daß das Plasma jeder Pflanze ein spezifisches Temperaturminimum (Todespunkt) habe und der Tod eintrete, wenn die Abkühlung das spezifische Minimum überschreitet; 3. daß aller erstarrungsfähige Zellsaft schon zwischen 0° und -6° C erstarre und demgemäß bei einer Temperatur unter -6° keine stärkere Austrocknung erfolgen könne.

In direktem Widerspruche mit dem eben erwähnten Punkte 1 stand die von MOLISCH festgestellte Tatsache, daß die Staubfadenhaare von *Tradescantia* und andere Objekte im Zustande der Unterkühlung nicht gleich absterben, wohl aber sofort, wenn es in den Zellen selbst bei höherer Temperatur zur Eisbildung kommt.

Die Theorie von MEZ wurde in letzter Zeit von MAXIMOW²⁾ einer auf genauen Experimenten beruhenden Kritik unterworfen und, da sich herausstellte, daß sowohl die wesentlichen Versuche als auch die theoretischen Vorstellungen von MEZ nicht bestätigt werden konnten, lehnte MAXIMOW die Theorie vom spezifischen Minimum ab und redet der Wasserentziehungstheorie das Wort. Als nächste Folge des Wasserentzuges betrachtet er eine übermäßige Annäherung und ein Zusammenkleben der kolloidalen Plasmateilchen: „Das sich beim Gefrieren bildende Eis übt nicht nur eine wasserentziehende, sondern auch eine mechanisch-koagulierende Wirkung auf die Plasmakolloide aus.“

PFEFFER³⁾ hat betont, daß neben dem Wasserentzug, dessen bedeutende Rolle er für den Eistod gleichfalls anerkennt, auch noch andere Momente in Betracht kommen dürften. Auch ich bin dieser Meinung

1) MEZ, C., Neue Untersuchungen über das Erfrieren eisbeständiger Pflanzen. *Flora* 1905.

2) MAXIMOW, N. A., Experimentelle und kritische Untersuchungen über das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1914, Bd. 53, p. 327.

Vgl. auch FISCHER, H. W., Gefrieren und Erfrieren, eine physikochem. Studie. *Beitr. z. Biologie d. Pflanzen.* 1911, Bd. X, 2. Heft.

3) PFEFFER, W., *Pflanzenphysiologie.* 2. Aufl., 2. Bd., 1904, p. 314.

und habe schon seinerzeit darauf hingewiesen, daß der GefrierTod im wesentlichen auf einen zu großen, durch die Eisbildung hervorgerufenen Wasserverlust des Plasmas zurückzuführen ist¹⁾. Damit ist ja die Möglichkeit, daß eventuell noch andere Umstände für den Eistod verantwortlich gemacht werden können, eingeräumt. Eine genauere Analyse dieser Faktoren steht allerdings noch aus. —

Wie es kommt, daß gewisse Pflanzen das Gefrieren schadlos überstehen, andere nicht, das hängt mit dem spezifischen Bau des Plasmas und anderen Faktoren zusammen und läßt sich vorläufig ebensowenig erklären wie die bekannte Tatsache, daß manche Gewächse oder Teile derselben das Austrocknen vertragen, andere aber nicht.

Schutzmittel gegen Kälte. Auch nach dieser Richtung wurde schon einiges Material zur teilweisen Aufhellung beigetragen. LIDFORSS²⁾ hat darauf aufmerksam gemacht, daß die Vertreter der wintergrünen Flora während des Winters ihre Stärke in Zucker umwandeln, daß sie hierdurch zuckerreich und eben deshalb kältewiderstandsfähiger werden. Der Zucker dient hier als Kälteschutzmittel. Später hat MAXIMOW³⁾ gezeigt, daß nicht bloß Zucker, sondern auch noch andere organische und unorganische Verbindungen wie Glycerin, Methylalkohol, Azeton, Salze, mineralische und organische Säuren, wenn sie in die Zellen eingeführt werden, die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Kälte bedeutend heben. Dabei ergab sich, daß mit der Konzentrationserhöhung des Schutzstoffes die Kälteresistenz bedeutend rascher wächst als die Gefrierpunktniedrigung.

Die Versuche wurden in der Weise gemacht, daß man kleine Stückchen vom Rotkohl und von *Tradescantia discolor* auf verschiedenen konzentrierte Lösungen der erwähnten Substanzen brachte, hier einige Zeit beließ und dann bei verschiedenen niedriger Temperatur gefrieren ließ. Die mit Schutzstoffen versehenen Zellen erwiesen sich bedeutend kältewiderstandsfähiger. So erfror in einem bestimmten Versuche Rotkohl ohne Zucker schon bei $-7,8^{\circ}$, mit viel Zucker erst bei $-32,9^{\circ}$ C.

Obwohl diese Versuche von großem theoretischem Interesse sind, so haben sie vorläufig für die Praxis keine Bedeutung. In der Praxis behilft man sich nach wie vor mit der Bedeckung der zu schützenden Pflanzen mit verschiedenen, die Wärme schlecht leitenden Materialien als Stroh, Mist, Schilf, Moos, Laub, Decken, Schnee u. a.

In manchen Gegenden wendet man gegen Frühlingsfröste in Weingärten Raucher an. In gewissen Entfernungen werden Haufen eines sehr viel Rauch entwickelnden Brennmaterials oder Kessel mit Sägemehl und Mineralteer aufgestellt, und falls Frost zu befürchten ist, werden in der Nacht oder sehr früh morgens die Brennmaterialien angezündet, so daß der Wind den Rauch über die Weingärten ausbreitet. Die Rauchmassen wirken wie Wolken, hemmen die Wärmeausstrahlung des Geländes und ein allzu starkes Sinken der Temperatur⁴⁾.

¹⁾ MOLISCH, H., l. c. p. 73.

²⁾ LIDFORSS, B., Die wintergrüne Flora. Lunds Universitets Årsskrift. N. F. Bd. 2, Af. 2, No. 13. (1907.)

³⁾ MAXIMOW, N. A., Chemische Schutzmittel der Pflanzen gegen Erfrieren I. III. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1912, Bd. 30, p. 52, 293, 504.

⁴⁾ Über Frostschutzmittel siehe: GOEPPERT, H. R., Über das Gefrieren usw. l. c. p. 67.

FRANK, A. B., Die Krankheiten der Pflanzen, I. Bd., p. 215, 2. Aufl., Breslau 1895. SORAUER, P., Handbuch d. Pflanzenkrankheiten, I. Bd. l. c. p. 622.

Die amerikanischen Obstzüchter erwärmen die Luft in den Obstplantagen, indem sie in einer Entfernung von 6 zu 6 m etwa 5 Liter fassende Eimer aufstellen. Diese werden mit Rohpetroleum gefüllt und mit einem Deckel geschlossen. Sinkt die Temperatur auf $+2^{\circ}$, so wird der Deckel entfernt und das Petroleum entzündet. Auf diese Weise soll es nach den Berichten des Ackerbauministeriums in Washington möglich sein, die Lufttemperatur bis zu 8° C zu erhöhen und dadurch einen hereinbrechenden, selbst starken Nachtfrost für die Baumblüte unschädlich zu machen. Anstatt Petroleum kann auch Kohle in durchlöchernten Eimern verwendet werden. Die Kosten sollen zu dem Nutzen in gar keinem Verhältnis stehen¹⁾.

Nach neueren, im schwedischen Lappland ausgeführten Untersuchungen²⁾ haben die Hochgebirgspflanzen einen verhältnismäßig hohen osmotischen Druck infolge einer höheren Konzentration des Zellsaftes. Dadurch erreicht die Pflanze einen größeren natürlichen Schutz gegen Erfrieren.

Wenn gewisse Pflanzen (*Begonia metallica*, *Tradescantia zebrina*, *Fittonia argyoneura* usw.) nur ganz kurze Zeit, etwa 1 Minute, der Einwirkung starker Kälte, -5° bis -14° , z. B. beim Transport von einem Gewächshaus zum anderen ausgesetzt werden, so werden sie geschädigt. Diese den Gärtnern lange bekannte Erscheinung wurde von MOEBIUS³⁾ untersucht und als Erkältung bezeichnet. Er betonte ausdrücklich, daß hierbei weder innerlich noch äußerlich Eisbildung eintritt, daß während der Zeit der Exposition keine sichtbare Veränderung zu bemerken ist, daß aber die Pflanzen nachher unter denselben Erscheinungen absterben, wie wenn sie erfroren wären. Sie beginnen zu welken, werden glasig, verfärben sich und schrumpfen.

Eine Erklärung gibt MOEBIUS nicht.

SORAUER⁴⁾ bestätigt für *Begonia argyrostigma* die Beobachtungen von MOEBIUS und glaubt, daß durch die Kälte Spannungsdifferenzen in den Geweben ausgelöst werden, daß die Zellen sich infolge der starken Abkühlung zusammenziehen und Wasser in die Lufträume zwischen die Zellen einpressen.

Zahlreiche von mir angestellte Versuche haben mich gelehrt, daß es sich in den oben erwähnten Experimenten doch um ein Erfrieren durch Eisbildung handelte und daß daher nunmehr kein Grund vorliegt, von einer Erkältung anstatt vom Erfrieren zu sprechen.

¹⁾ DAMMER, U., Schutz der Obstblüte gegen Spätfröste. Gartenflora 1912, p. 167.

²⁾ ARRHENIUS, O. u. SÖDERBERG, Der osmotische Druck der Hochgebirgspflanzen. Svensk Bot. Tidskr. XI. p. 373—380, 1917.

³⁾ MOEBIUS, M., Die Erkältung der Pflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1907. Bd. 25, p. 67.

⁴⁾ SORAUER, P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten. I. Bd., I. c. p. 512.

FÜNFTER ABSCHNITT

Die Fortpflanzung.

Die Lebensdauer der Pflanze ist in der Regel beschränkt. Das Individuum — aufgefaßt als eine räumlich begrenzte Einheit, die aus einem Keim hervorgegangen ist und selbständig fortlebt — macht eine gewisse Entwicklung durch, erreicht ein gewisses Durchschnittsalter und stirbt schließlich ab.

Die Dauer des Lebens ist verschieden. Es gibt Schimmelpilze, die nur wenige Tage leben, es gibt ein-, zwei-, viel-, hundert-, tausend- ja sogar mehrtausendjährige Gewächse. Der Hühnerdarm *Stellaria media* kann in wenigen Wochen seinen Lebenslauf vollenden. Bäume benötigen dazu viele Jahre, ja manche, wie die Eibe (*Taxus*), die Zypresse (*Cupressus fastigiata*) und die Mammutbäume (*Sequoia*) können sogar zwei- bis viertausend Jahre alt werden und vielleicht noch darüber. Bei der Beurteilung des Alters eines Baumes darf man allerdings nicht übersehen, daß seine verschiedenen Teile ein sehr ungleiches Alter besitzen. Die Blätter einer hundertjährigen Linde sind im Herbst nur wenige Monate alt und die einzelnen Jahresringe im Holze sind sehr verschieden im Alter, der älteste 100 Jahre und der jüngste 1 Jahr. Auch lebt nur ein geringer Teil der Stammzellen, der größte Teil des Holzes und der Rinde besteht aus abgestorbenen Geweben, ist also tot, dient aber noch als festes Gerüstwerk.

Im Interesse des Gärtners liegt es, seine Pflanzen möglichst lange gesund zu erhalten und daher fehlt es auch nicht an einzelnen Erfahrungen und Bestrebungen, das Leben der Pflanze oder ihrer Teile, wenn möglich, sogar über das gewöhnliche Lebensalter zu verlängern¹⁾. Das letztere kann in verschiedener Weise erzielt werden: 1. durch zeitweise Entziehung unbedingt notwendiger Lebensbedingungen, 2. durch Verhinderung des Blühens und Fruchtwens, 3. durch Verhinderung der Bestäubung und Befruchtung und 4. durch längere Funktionsdauer und ausgezeichnete Ernährung.

Hierzu einige Beispiele, die ich zum Teil wörtlich einem meiner Vorträge entnehme¹⁾. Ein Fliederbäumchen, das im Herbst nach dem Laubfall in einen Eiskeller eingestellt und hier bei niederer, knapp über dem Eispunkt liegenden Temperatur aufbewahrt wird, treibt im Frühjahr nicht und die Lebensdauer der in den Knospen eingeschlossenen Blütenanlagen, die sich unter normalen Verhältnissen schon im Frühjahr entwickelt hätten und nach der Blütezeit in einzelnen Teilen wie Blumenblättern und Staub-

¹⁾ MOLISCH, H., Über die Kunst, das Leben der Pflanze zu verlängern. Populäre biologische Vorträge. Jena 1920. p. 247.

gefüßen abgestorben wären, wird bis zu dem Zeitpunkt verlängert, in dem das Austreiben durch Überführung der Pflanze in günstige Temperatur ermöglicht wird.

Die *Agave americana*, auch fälschlich die „hundertjährige“ Aloe genannt (vgl. p. 61), schiebt sich in ihrer Heimat, in Mexiko, nach 8—10 Jahren zum Blühen an. In ungünstigerem Klima z. B. an der italienisch-französischen Riviera, an der dalmatinischen Küste oder in unseren Gewächshäusern benötigt sie, je nach der ihr gebotenen Licht- und Wärmesumme 20—50, ja vielleicht 100 Jahre, bis sie es zur Entwicklung ihres Blütenstandes bringt. Nach der Ausbildung des Fruchtstandes stirbt die Pflanze infolge von Erschöpfung ab. Je früher die Pflanze blüht, desto früher geht sie zugrunde, und je länger das Blühen hinausgeschoben wird, desto länger bleibt sie am Leben.



Fig. 108.

Reseda odorata. Verlängerung der Lebensdauer durch Verhinderung des Blühens. Dreijährige Pflanze in Bäumchenform gezogen. Original.

Die *Reseda odorata* unserer Gärten beendet gewöhnlich innerhalb einer Vegetationsperiode ihre ganze Entwicklung und stirbt dann ab. Unterdrückt man aber die Blütenbildung, so gelingt es, die Pflanze 2—3 Jahre, ja auch noch länger am Leben zu erhalten. Dies kann leicht bewerkstelligt werden, indem man schon bei dem jungen Sämling alle Seitentriebe und alle auftauchenden Blütenanlagen sofort bei ihrem Erscheinen entfernt. Infolgedessen wird der Hauptstengel viel länger als gewöhnlich, er kann je nach Wunsch $\frac{1}{2}$ bis 2 Meter hoch werden; nach Erreichung dieser Länge kneipt man den Endsproß ab, läßt die Seitenlaubspresse, aber nicht die Blüten sich entwickeln und fährt damit so lange fort, bis sich eine dicht verzweigte Krone gebildet hat (Fig. 108).

Es hängt nun ganz vom Experimentator ab, ob er die Pflanze zur Blüte kommen lassen will oder nicht: unterdrückt er die Blütenbildung durch fortgesetztes Entfernen der erscheinenden Knospchen, so kann das Leben der gewöhnlich einjährigen Pflanze auf mehrere Jahre ausgedehnt werden. So kultiviert wächst der Stamm beträchtlich in die Dicke, verholzt und paßt sich seiner Aufgabe, die immerhin beträchtliche Krone mit Wasser- und Mineralsalzen zu versorgen, nach Möglichkeit an.

Durch baldige Entfernung der auftauchenden Blütenknospen konnte ich auch das Leben des Hungerblümchens, *Draba verna*, des Ehrenpreises, *Veronica arvensis*, und der *Lobelia erinus* verlängern.

Die genannte *Lobelia* ist eine wegen ihrer in großer Zahl erzeugten blauen Blüten sehr beliebte Teppichpflanze. Wird die als „Kaiser Wilhelm“ bekannte Spielart im Januar ausgesät, im März pikiert und dann ins Freiland übertragen, so blüht sie im Juni bis Juli und stirbt dann allmählich ab. Wird sie aber vor der ersten Blüte geschoren, so macht sie neue Sprosse und wenn diese vor dem Blühen neuerdings gestutzt werden, so halten sich derart behandelte Pflanzen frisch bis zum Spätherbst (Fig. 109).

Um eine schöne Rasenfläche durch mehrere Jahre zu erhalten, ohne neue Samen anzusäen, wird der Rasen bekanntlich mehrmals im Jahre geschoren. Dadurch werden die Gräser am Blühen gehindert, zum Austreiben neuer Sprossen gezwungen, die wieder, bevor sie zum Blühen gelangen, durch Scheren beseitigt werden und durch dieses wiederholte Verfahren erzielt man ein viel längeres, mehrjähriges Vegetieren des Rasens.

Also: in allen diesen angeführten Fällen wird durch Hinausschieben

der Blütenbildung das Absterben hintangehalten und dadurch das Leben verlängert.

So wie das Leben ganzer Individuen verlängert werden kann, so auch das Leben ihrer Teile, z. B. der Blüten.

Sobald die Blüten ein gewisses Alter erreicht haben, welken sie oder werfen häufig die Blumenblätter ab. Diese Erscheinungen treten bei manchen Blüten nach der Bestäubung oder Befruchtung in überraschend kurzer Zeit ein. Die Dauer der Blüte kann also eine sehr verschiedene sein, durch die Bestäubung kann sie verkürzt, durch das Hinausschieben derselben aber verlängert werden.

An gewissen Orchideen kann dies leicht beobachtet werden. Cattleya-Blüten welken schon einen Tag nach der Bestäubung und trocknen dann ab. Die Erscheinung

tritt besonders bei solchen Orchideen zutage, deren Blüten eine lange Lebensdauer haben, wie bei Phalaenopsis und anderen. Während unbestäubte Blüten dieser Pflanze 1–2 Monate frisch bleiben, welken bestäubte schon nach 1–2 Tagen. Lehrreiche Beispiele verdanken wir FITTING¹⁾. Empfangnisfähige Blüten des Storchschnabels, *Geranium pyrenaicum*, entblättern sich infolge der Bestäubung nach der auffallend kurzen Zeit von durchschnittlich 1–1½ Stunden, die von *Erodium Manescevi* sogar nach 40–60 Minuten, und Blüten von Borretsch, *Borrago officinalis* nach 2½–7 Stunden.



Fig. 109.

Lobelia erinus. Verlängerung der Lebensdauer durch Verhinderung des Blühens. Die Pflanze links starb im August nach dem Blühen vollends ab, die Pflanze rechts wurde, um das Blühen zu verhindern, während des Sommers zweimal mit der Schere kurz geschoren und war im Dezember noch am Leben. Original.

Durch Verlängerung der

Funktionsdauer kann es gleichfalls in manchen Fällen gelingen, das Leben eines Organs über das Normale hinaus zu verlängern.

Das Blatt von *Begonia rex* wird in unseren Gewächshäusern gewöhnlich nicht älter als ein Jahr. Es glückt aber, den Blattstiel 2–3 Jahre in folgender Weise vor dem Absterben zu bewahren. Ein entwickeltes Blatt mit möglichst langem Blattstiel wird mit der Basis des Stiels in feuchten Sand gesteckt und so lange darin belassen, bis er sich bewurzelt hat. Sodann wird der Blattsteckling in einen Blumentopf gepflanzt, der Blattstiel an einem aufrechten Stäbchen befestigt und dann sorgfältig weiter kultiviert. Nach einiger Zeit bilden sich aus der Blattspreite Sprosse, einer davon, am besten der, der in der Nähe der Einnüpfung des Blattstiels hervorbricht und gewissermaßen den Blattstiel fortsetzt, wird für die weitere Entwicklung ausgewählt, die anderen aber werden entfernt. Unter diesen Verhältnissen übernimmt der Stiel des Mutterblattes die Rolle des Stammes. Der junge Sproß saugt Wasser und Nährsalze empor, diese müssen den Blattstiel durchwandern, der Blattstiel wird dadurch gut ernährt, leistungs-

¹⁾ FITTING, H., Untersuchungen über die vorzeitige Entblätterung von Blüten. Jahrb. f. wissensch. Botanik 49. Bd. (1911), p. 187.

fähig erhalten und bleibt infolgedessen viel länger am Leben, als wenn er nur Träger der Blattspreite geblieben wäre.

Ein analoger Versuch gelang WINKLER¹⁾ mit der Scrophularinee, *Torenia asiatica* und DE VRIES²⁾ vermochte einen Blütenstandstiel von *Pelargonium zonale*, der ausnahmsweise an seinem Gipfel eine Laubknospe entwickelte und gewöhnlich nur einjährig ist, 3 Jahre am Leben zu erhalten. Zu diesem Zwecke schnitt DE VRIES den Stamm unmittelbar über dem Ansatz des Stieles ab und kultivierte ihn als Steckling weiter. Während dieser verlängerten Lebensdauer wuchs der Laubspieß im Blütenstande kräftig heran, der Blütenstandstiel wurde viel dicker, umgab sich ringsum mit Kork und erlitt auch sonst Veränderungen, die es ihm ermöglichten, die Rolle eines Stammes zu spielen. —

Wie aus den angeführten Beispielen hervorgeht, kann das Leben von Pflanzen oder ihrer Teile über das Normale hinaus verlängert werden, aber stets nur bis zu einem gewissen Grade: der Tod kann hinausgeschoben, aber nicht völlig überwunden werden. —

Wenn das Leben der Pflanze begrenzt ist, dann muß, falls die betreffende Art nicht aussterben soll, dafür gesorgt sein, daß die abgestorbenen Individuen wieder ersetzt werden. Dies geschieht durch die Fortpflanzung. Sie besteht im wesentlichen in einer Ablösung von einzelnen Zellen (Sporen, Geschlechtszellen) oder von Zellkomplexen oder Organen (Brutknospen, Knospen usw.), die sich wieder zu einem neuen Individuum der gleichen Art zu entwickeln vermögen. Wachstum und Fortpflanzung lassen sich nicht scharf voneinander trennen. Wir können daher die Fortpflanzung betrachten als ein Wachstum über das Leben des Individuums hinaus.

Die Art und Weise, wie sich die Gewächse fortpflanzen, bietet eine überaus große Mannigfaltigkeit dar. Trotzdem lassen sich die hierher gehörigen Erscheinungen unschwer auf zwei Fortpflanzungsarten zurückführen, auf die ungeschlechtliche und die geschlechtliche.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung, auch vegetative Vermehrung genannt, zeichnet sich dadurch aus, daß sich Zellen oder Vereinigungen von solchen von der Mutterpflanze loslösen, dann sofort oder nach einiger Zeit weiterwachsen und sich zu selbständigen Pflanzen entwickeln.

Bei der geschlechtlichen oder sexuellen Fortpflanzung hingegen werden vor der Entstehung eines neuen Individuums zuerst zwei verschiedene Zellen, die Geschlechtszellen, erzeugt, die für sich allein nicht entwicklungsfähig sind, sondern deren lebendiger Inhalt in Verbindung treten muß, wenn wieder ein neues Individuum entstehen soll.

Da viele Pflanzen die Fähigkeit haben, sich ausschließlich ungeschlechtlich zu vermehren, so muß es auffallen, daß sich die Natur damit nicht begnügt und noch einen zweiten Weg, eigentlich einen Umweg gewählt hat, um auch auf geschlechtlichem Wege neue Individuen zu erzeugen. Was ist die Ursache? Hat vielleicht die sexuelle Fortpflanzung, abgesehen von der damit verknüpften Vermehrung, noch eine besondere Aufgabe zu erfüllen? Ganz Bestimmtes läßt sich darüber nicht sagen, doch hat man darüber folgende Anschauung gewonnen. Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung werden die Eigenschaften der Mutterpflanze

¹⁾ WINKLER, H., Über die Umwandlung des Blattstiels zum Stengel. Jahrb. f. wissensch. Botanik, 45. Bd. (1907), Heft 1.

²⁾ DE VRIES, H., Über abnormale Entstehung sekundärer Gewebe. Ebenda, 22. Bd. 1891, p. 35.

unverändert auf die Nachkommen übertragen. Die gärtnerischen Erfahrungen bieten in dieser Hinsicht glänzende Beispiele. Wenn der Gärtner eine an einem Individuum neu auftretende Eigenschaft dauernd erhalten will, so geschieht dies sehr häufig durch die ungeschlechtliche Fortpflanzung, zumal viele neue Eigenschaften durch Samen sich nicht vererben. Die rote Farbe der Blutbuche, einer Varietät der gewöhnlichen grünen Buche (*Fagus sylvatica*), wird durch Samen nicht auf die Nachkommen vererbt. Um aber diese Färbung dennoch zu erhalten, bedient sich der Gärtner der ungeschlechtlichen Fortpflanzung; er pflanzt das rote Reis auf eine gewöhnliche grüne Buche auf und ist sicher, auf diese Weise die rote Buchenvarietät zu erhalten. Von dieser Art der Fixierung wünschenswerter Eigenschaften wird in der Gärtnerei bei der Obstkultur, bei der Kultur von panachierten Pflanzen, von Trauerbäumen und anderen interessanten Varietäten ausgedehnter Gebrauch gemacht.

Durch die ungeschlechtliche Vermehrung werden also die Eigenschaften der Stammpflanze unverändert übertragen, die Art der Fortpflanzung übernimmt eigentlich nur die Rolle der Vermehrung. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung vermischt sich der Inhalt der männlichen Geschlechtszelle mit dem der weiblichen, und wenn die Eigenschaften der Eltern nicht ganz übereinstimmen, so können infolge der Vermischung in den Nachkommen neue Formen auftreten, wie das ja bei den Hybriden oder Mischlingen seit langem bekannt ist. Die geschlechtliche Fortpflanzung führt also nicht bloß zu einer Vermehrung, sondern auch zu neuen Kombinationen, und darin dürfte nach der herrschenden Auffassung der Sinn der geschlechtlichen Fortpflanzung liegen.

I. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung

ist sowohl bei niederen als auch bei höheren Pflanzen sehr verbreitet. Die Bakterien, die meisten Hefen, die Hutpilze vermehren sich auf ungeschlechtlichem Wege und bei den Moosen, Farnen, Schachtelhalmen und bärlappartigen Gewächsen wechselt regelmäßig die geschlechtliche mit der ungeschlechtlichen Fortpflanzung im Entwicklungskreis eines Individuums. —

Dem Ziele dieses Werkes entsprechend, habe ich nicht die Absicht, die vegetative Vermehrung bei den Kryptogamen zu behandeln, dieser Gegenstand liegt der Gärtnerei zu fern, hingegen erscheint die ungeschlechtliche Fortpflanzung bei den Blütenpflanzen für den Gärtner außerordentlich wichtig und deshalb wollen wir uns ihr gleich zuwenden.

Ausläufer, Wurzelstöcke (Rhizome), Knollen und Zwiebeln.

Viele Pflanzen haben die Eigentümlichkeit, nach verschiedenen Richtungen am Boden hinkriechende Seitensprosse, sog. Ausläufer, zu entwickeln, die am Grunde jedes Blattes oder am Ende des Sprosses sich bewurzeln und, wenn der Zusammenhang mit der Mutterpflanze aufhört, dadurch zu selbständigen Pflanzen werden. Die Erdbeere (*Fragaria*), das Singrün (*Vinca*), die Hauswurz (*Sempervivum*), das Habichtskraut (*Hieracium pilosella*), die Brombeere (*Rubus bifrons*) und andere sind Beispiele dafür. Der Mutterstock erscheint dann in kurzer Zeit von zahlreichen Tochterindividuen umgeben. Die Pflanze wird auf diese Weise

nicht bloß vermehrt, sondern auch auf eine große Fläche verteilt. Sie wandert und kann auf diese Art bald größere Areale bedecken.

Die unterirdischen, wagrecht oder schief gelagerten Sprosse, die Rhizome, dienen gleichfalls der vegetativen Vermehrung; ich erinnere an die Rhizome oder Wurzelstöcke der Seerosen, vieler Gräser, der Riedgräser, Farne und zahlreicher anderer Gewächse.

Die Rhizome von *Yucca* und *Dracaena* fungieren, solange der Stamm nicht beschädigt ist, als Wurzelträger und Reservestoffbehälter. Wenn der Stamm abgeschnitten wird, so bilden sich an dem oberen (basalen) Teil des Rhizoms Laubsprosse¹⁾. Dasselbe geschieht auch bei einer Hemmung des Wachstums, wie sie z. B. eintritt, wenn man die Pflanze in eine verkehrte Lage bringt. Durch direkte Zerteilung dieser Rhizome kann gleichfalls Vermehrung bewerkstelligt werden.

Überaus häufig tritt Vermehrung durch Knollen (Kartoffel) und Zwiebeln ein. Die Stengelknollen, die im Gegensatz zu den Wurzelknollen (*Dahlia*) als umgewandelte Sprosse zu betrachten sind, werden in zwei Gruppen, die wichtige physiologische Unterschiede aufweisen, unterschieden. Die einen sind dauernde, einer unbegrenzten Entwicklung fähige Gebilde (*Begonien*, *Cyclamen*, *Tropaeolum*arten u. a.), die anderen haben eine begrenzte Lebensdauer und sterben gewöhnlich in der zweiten Vegetationsperiode ab (*Kartoffel*, *Helianthus tuberosus* usw.)²⁾. Die Zwiebeln, die gleichfalls meist unterirdische, umgewandelte Stammgebilde darstellen, vermitteln oft in sehr ausgiebigem Maße die vegetative Vermehrung. In den Achseln der Zwiebeln bilden sich oft neue Zwiebeln (die Zwiebelbrut). Von Interesse erscheint, daß Zwiebeln oder Brutknospen auch oberirdisch entstehen können. Bekannt ist diese Erscheinung von der Feuerlilie, *Lilium bulbiferum* und *Dentaria bulbifera*, wo sie in den Achseln der Laubblätter, und von *Allium*-Arten, wo sie im Blütenstande auftreten.

Die eben genannten Pflanzen, außerdem *Lachenalia luteola*, *Cochlearia armoracia*, *Ranunculus ficaria*, die Kartoffel u. a. haben entweder gar keine oder eine sehr geringe Neigung, Samen zu bilden. Die Samenanlagen stellen hier keine Anziehungszentra für Baustoffe dar, hingegen wandern diese den ungeschlechtlichen Vermehrungsorganen, den Zwiebeln, Brutzwiebeln und Brutknollen in auffallender Weise zu. Man kann aber durch bestimmte Eingriffe den Zuzug der plastischen Stoffe zu den Blüten erzwingen und dadurch bei manchen Pflanzen Samenbildung hervorrufen, die sonst keine Neigung dazu haben. LINDEMUTH³⁾ erwähnt, daß *Lilium candidum* und die Liliacee *Lachenalia luteola* unter gewöhnlichen Umständen niemals oder sehr selten Samen ansetzt, daß dies aber geschieht, wenn man den Stengel bis dicht über der Zwiebel abschneidet und ins Wasser stellt. Mit dem Beginne der Ruheperiode, dem sogenannten „Einziehen“, streben die im Stengel vorhandenen Baustoffe nach abwärts, um in die Reservestoffbehälter nach unten zu wandern; wird aber der

¹⁾ GOEBEL, K., Organographie der Pflanzen. Jena 1913. 2. Aufl. I. Bd., p. 474.

²⁾ Bezüglich der Ursachen, die den Ort und das Wachstum der Knollen bedingen, vergleiche insbesondere VÖCHTING, H., Über die Bildung von Knollen. Cassel 1887. Bibliotheca Botanica. Heft 4.

³⁾ LINDEMUTH, H., Über Samenbildung an abgeschnittenen Blütenständen einiger sonst steriler Pflanzenarten. Berichte d. Deutsch. Bot. Ges. Berlin 1896. Bd. XIV, p. 244.

Stamm über der Zwiebel abgeschnitten, so verbleiben die Baustoffe im Stamme und können zur Samenbildung verwendet werden.

Infolge der Anhäufung der Baustoffe in den abgeschnittenen Stengeln können diese bei *Lachenalia* sogar Brutzwiebeln entwickeln. Bei einem verbänderten Blütenstand von *Hyacinthus orientalis*, der dicht über der Zwiebel abgeschnitten wurde, entstanden nach Beseitigung aller Blütenstiele kleine Zwiebeln (Bulben) als Beiknospen dicht neben den Resten der Blütenstiele¹⁾.

Bekanntlich werden in der Praxis, auch in Holland, wo die Hyazinthenkultur schon seit Jahrhunderten in großartigstem Maßstabe betrieben wird, die Blütentrauben der Hyazinthen nach dem Verblühen in der Absicht abgeschnitten, die Zwiebeln zu kräftigen. Man glaubt hierdurch den plastischen Nahrungsstrom von den Blüten ab- und der Zwiebel zuzulenken. LINDEMUTH hält diese Erklärung nicht für richtig, sondern ist der Meinung, daß durch das Abschneiden der Blütenstiele für die Zwiebel eine gewisse Menge von Reservestoffen, die sonst in die Zwiebel gewandert wären, verloren geht und daß die Zwiebel geschwächt wird. Die Erfahrungen, die ich gemacht habe, sprechen für die Zweckmäßigkeit des Verfahrens der Praxis. LINDEMUTH vergißt, daß es sich nicht nur um die im Blütenstand vorhandenen Baustoffe handelt, sondern auch um die in den Blättern erzeugten, die anstatt in die Zwiebel auch in den Blütenstand einwandern können und so für die Zwiebel verloren gehen.

Bei dieser Gelegenheit soll auf einen Fehler hingewiesen werden, den ich in verschiedenen Gärtnereien zu beobachten Gelegenheit hatte. Es ist bekannt, daß abgetriebene Hyazinthen noch ein zweites, ja auch noch ein drittes Mal verwendet werden können. Sie entwickeln zwar das zweite Mal nicht mehr einen so kräftigen Blütenstand wie das erste Mal, aber immerhin einen noch ganz annehmbaren, vorausgesetzt, daß man dafür gesorgt hat, daß der im Topfe kultivierten, zum ersten Male zur Blüte kommenden Hyazinthe auch nach der Blüte bis zum Einziehen Gelegenheit gegeben wird, kräftig zu assimilieren. Zu diesem Zwecke muß die Hyazinthe nach der Blüte möglichst lange im starken Lichte stehen. Der Fehler, den man in der Praxis macht, besteht nun darin, daß man die Hyazinthen unmittelbar nach der Blüte unter das Parapet oder an einen anderen halbdunkeln Ort wirft und dann nach dem Eintrocknen der Blätter die Zwiebeln trocken aufbewahrt. Woher soll bei derartig gedankenloser Behandlung die Zwiebel, nachdem ihre Reservestoffvorräte durch die Bildung des ansehnlichen Blütenstandes ziemlich erschöpft worden sind, neue Stoffe für den Aufbau der nächsten Blüten hernehmen? Neues plastisches Material kann nur durch die Blätter gebildet werden, daher müssen die eingetopften Pflanzen nach der Blüte bis zum Einziehen in starkem Lichte weiter kultiviert werden.

So wie bei Zwiebelgewächsen durch Zurückhalten der Assimilate im Stengel auf ihm Brutzwiebeln erzeugt werden können, so kann man in ähnlicher Weise auch die Bildung von Knollen, die gewöhnlich nur unterirdisch entstehen, an oberirdischen Organen hervorrufen. Dies gelingt mit gewissen Sorten der Kartoffel (Sechswochenkartoffel) besonders leicht. Zu diesem Zwecke zieht man Pflanzen aus Stecklingen und gestaltet diese von vornherein so, daß sie im Boden keine Knospen führen und daher hier keine Knollen bilden können.

¹⁾ LINDEMUTH, H., Über Bildung von Bulbillen am Blütenstiele von *Lachenalia luteola* und *Hyacinthus orientalis*. Ebenda, p. 247.

Nach VÖCHTING¹⁾ erreicht man dies bequem dadurch, daß man Zweige mit langen Stengelgliedern wählt und die Schnitte, die die Basis bestimmen, nicht unter, sondern unmittelbar über dem Knoten macht. Werden die langen basalen Stengelglieder in die Erde gesteckt, so entstehen alsbald dicht über der Schnittfläche Wurzeln, aber keine Knollen, da das Stengelglied nicht befähigt ist, Knospen zu bilden. Die von den Blättern im Lichte erzeugten Assimilate finden im Boden zur Bildung von Knollen keine Verwendung, häufen sich im oberirdischen Stengel reichlich an und veranlassen daher hier die Umwandlung der Achselknospen in Knollen (Fig. 110).

Wenn man Seitenzweige von der Hauptachse so weit abtrennt, daß sie nur mit einem ganz schmalen Stücke in Verbindung bleiben, so treten in den Blattaachsen gleichfalls Knöllehen auf.

Ableger und Steckling.

Jeder Teil eines Stengels, einer Wurzel oder eines Blattes, der von der Mutterpflanze völlig abgetrennt und unter günstige Wachstumsver-



Fig. 110.

Entwicklung von Kartoffelknollen an oberirdischen Organen. Verkleinert. Nach VÖCHTING.

hältnisse gebracht, sich zu einem selbständigen Individuum entwickelt, heißt Steckling.

Bleibt der genannte Teil aber während der Wurzelbildung noch ganz oder teilweise mit der Mutterpflanze im Zusammenhang, bis er sich selbständig ernähren kann, so spricht man von einem Ableger.

Die Zucht der Pflanzen aus Stecklingen und Ablegern gehört zu den wichtigsten Beschäftigungen der Gärtnerei. Es wird von dieser Art der Vermehrung ein so ausgedehnter praktischer Gebrauch gemacht,

daß man bei vielen wichtigen Kulturpflanzen die Zucht aus Samen ganz oder fast ganz aufgegeben hat und sie durch Stecklings- und Ablegerzucht ersetzt. Pelargonien, Eriken, Azaleen, Camilien, Nelken, Dracaena, Yucca, Musa, Rose, Begonien, Peperomien, Arancarien, Quitten, Stachelbeeren, Johannisbeeren, Weiden, Pappeln, der Weinstock u. a. werden in ausgedehntem Maßstabe durch Stecklinge vermehrt. —

Die Ableger werden mit Vorliebe bei jenen Pflanzen gemacht, deren

¹⁾ VÖCHTING, H., l. c. p. 29.

Stecklinge sich nicht leicht und sicher bewurzeln. beim Weinstock, bei der Haselnuß, Feige, Stachel-, Johannisbeere, der schwarzen Maulbeere u. a. Zur Beschleunigung trennt man zunächst den Zweig nur teilweise von dem Mutterstock. Man geht dabei gewöhnlich in der Weise vor, daß man den Zweig im Bogen nach abwärts biegt, in die Erde einsenkt und in dieser Lage mit einem Holzhäkchen und darauf gelegter Erde so befestigt, daß die Spitze des Zweiges *b* frei über den Boden emporragt (Fig. 111). Dieses Verfahren allein führt bei vielen Pflanzen schon zur Wurzelbildung.

Eine andere Methode besteht darin, daß man bei manchen Sträuchern die Basis der Stengel über dem Boden bis zu einer gewissen Höhe mit feuchter Erde umgibt. Die Zweige bilden, soweit sie bedeckt waren, Wurzeln und können dann abgeschnitten und für sich kultiviert werden.

Bei schwerer sich bewurzelnden Gewächsen macht man an dem in den Boden eingelegten Teil noch einen Einschnitt in die Rinde durch Abheben eines kurzen Längsstückes vom Stengel oder man fördert die Wurzelbildung durch einen Ringelschnitt, durch eine Drahtschlinge oder durch Brechen und Drehen des Zweiges.

Biegt man einen langen Zweig anstatt einmal mehrmals, so kann man mehrere Individuen gleichzeitig erhalten. Es ist aber nicht gerade notwendig, den Zweig in die Erde zu bringen, denn bei verschiedenen Holzgewächsen kann man leicht Wurzelbildung hervorrufen, indem man den Zweig, in ähnlicher Weise, wie dies eben angegeben wurde, verletzt und die Wunde mit kleinen, mit Erde oder Wasser gefüllten Gläsern, Töpfen, Beuteln oder mit feuchtem Moos umgibt. Sobald die Wurzelbildung eingetreten ist, wird der Ableger abgeschnitten und dann als selbständige Pflanze weiter gezogen.

Von dieser Art der Ablegerbereitung wird auch auf Java Gebrauch gemacht. In dem großartigen Tropengarten von Buitenzorg (Java) habe ich oft beobachtet, wie sich die Eingeborenen dieser Methode bedienen, um in kurzer Zeit von den verschiedensten Gehölzen bewurzelte Ableger zu erhalten. Sie umgeben die Wunde mit einer Handvoll schwerer Erde und Moos, und da diese Umhüllung namentlich zur Regenzeit fast täglich befeuchtet wird, stellen sich die Wurzeln rasch und leicht ein.

Die Stecklinge werden als Zweig-, Wurzel- und Blattstecklinge unterschieden, da all die genannten Organe der Ausgangspunkt eines Stecklings und einer neuen Pflanze sein können. —

Die Zweigstecklinge sind die wichtigsten. Wird ein Sproß von der Mutterpflanze abgetrennt, mit seiner Schnittwunde in feuchten Sand gesteckt, so tritt nach einiger Zeit Bewurzelung ein. Auf den Wundreiz hin tritt zuerst ein Vernarbungsgewebe — Kallus genannt — auf,



Fig. 111.
Ableger vom Weinstock.
Der Zweig *a* wurde nach abwärts gebogen, mit Erde bedeckt. Er hat sich bewurzelt.
Stark verkl. (Original.)

das die Wunde zunächst abschließt (Fig. 112). Man versteht unter Kallus alle parenchymatischen Gewebewucherungen, die von der Pflanze nach einer Verletzung an der Wundfläche gebildet werden. Fast alle Gewebe vermögen solche Wucherungen zu erzeugen. Schnittwunden, Frostspalten, Ringel- und Stecklingswunden haben oft eine besondere Neigung, einen Kallus zu bilden.

Krautige und holzige Pflanzen, besonders die letzteren, entwickeln, wenn sie viel Reservestoff in ihren Geweben aufgestapelt haben, oft sehr große Kalli, bevor sie zur Wurzelbildung schreiten. Bei der Pappel läßt sich leicht beobachten, daß die Polarität auch in der Kallusbildung zum



Fig. 112.

Rhododendron arboreum-
Steckling mit Kallus. (Original.)

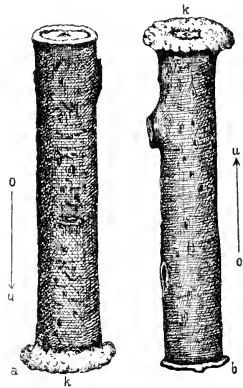


Fig. 113.

Populus nigra-Zweigstücke. Die Polarität äußert sich auch an der Kallusbildung. Mag der Pappelzweig normal (*a*) oder umgekehrt (*b*) hängen, stets entwickelt er an seinem natürlichen basalen Ende den mächtigeren Kallus *k*. Nat. Gr. (Original.)

Ausdruck kommt, indem sich stets an dem natürlichen, basalen Pol der Kallus mächtiger entwickelt (Fig. 113).

Was die anatomischen Vorgänge bei der Kallus- und Wurzelbildung anbelangt, so läßt sich kurz folgendes sagen¹⁾. Allen Gewebeschichten kommt die Fähigkeit zu, sich am Aufbau des Kallus zu beteiligen. Die hauptsächlichste Rolle spielt dabei das Kambium, dann das Parenchym des Markes und der Rinde. Das Kallusgewebe sieht dem eigentlichen Stecklingsgewebe nicht ähnlich, es ist in der Form und in der Anordnung der Zellen von dem alten Gewebe verschieden und erst später wird eine

¹⁾ CRÜGER, H., Einiges über die Gewebsveränderungen bei der Fortpflanzung durch Stecklinge. Bot. Ztg. 1860, p. 369.

HANSEN, A., Vgl. Untersuchungen über Adventivbildungen bei den Pflanzen. Frankfurt a. M. 1881. Abdr. aus der SENKENBERGischen naturf. Ges. XII. Bd.

STOLL, N., Über die Bildung des Kallus bei Stecklingen. Bot. Ztg. 1874, p. 378.

teilweise Übereinstimmung hervorgerufen durch die im Kallus auftauchenden Meristeme¹⁾, die entweder in Dauergewebe übergehen oder dem Stecklingsgewebe entsprechende Schichten bilden.

In dem ursprünglich ziemlich gleichartigen Kallusgewebe oder knapp darüber bilden sich bald die Vegetationspunkte für die Wurzeln (manchmal auch für die Sprosse) heraus und diese treten dann entweder aus dem Kallus oder etwas darüber aus dem Stengel hervor.

Die Zeit, innerhalb der Wurzelbildung am Steckling eintritt, ist sehr verschieden. Manche Pflanzen (Pogostemon, Salix, Populus, Tradescantia) benötigen unter günstigen Verhältnissen nur wenige Tage, andere (Camellia, Rhododendron und Koniferen) Wochen, ja Monate.

Wurzelstecklinge. Wurzeln entwickeln gewöhnlich keine Sprosse. Doch gibt es krautige und holzige Pflanzen, deren Wurzeln Knospen und Triebe zu bilden vermögen und solche Wurzeln können mit Vorteil als Stecklinge zur Vermehrung verwendet werden. Man schneidet zu diesem Zwecke die Wurzeln in Stücke von 8 bis 10 cm Länge, legt sie derart in den Boden ein, daß das obere Ende (die Spitze) etwas höher liegt als das untere, und bedeckt die Stücke 3 bis 6 cm hoch mit Erde. Bei Himbeeren, Brombeeren, Kirschen, Pflaumen, Paulownia imperialis, Calycanthus, Cydonia japonica und anderen wird von dieser Art der Vermehrung Gebrauch gemacht.

Blattstecklinge. Darunter verstehen die Gärtner zwei verschiedene Dinge. Entweder ein einzelnes, am Stiel abgeschnittenes Blatt ohne irgendwelche Stammenteile oder ein Blatt mit zugehöriger Achselknospe und einem mit dem Blattstiel zugleich herausgeschnittenen Teil der Mutterachse²⁾. Wenn hier die Rede von Blattstecklingen ist, so ist immer ein Steckling im ersten Sinne gemeint.

Die Fähigkeit der Blätter, sich zu bewurzeln³⁾, erscheint sehr verbreitet, die Fähigkeit aber, sich nicht nur zu bewurzeln, sondern auch Knospen zu bilden und so zur Vermehrung zu dienen, ist auf nicht sehr viele Pflanzen beschränkt. Blätter der ersten Art können ein bis mehrere Jahre alt werden, sie werden auffallend dick und grün und können ein ganz ansehnliches Wurzelsystem entwickeln (Citrus, Aucuba, Hedera, Camellia usw.). Aber es entsteht bei dieser Art von Blättern nirgends ein Knospenvegetationspunkt und daher kann ein solches Blatt (Fig. 114)



Fig. 114.
Aucuba japonica.
Blatt, das sich bewurzelt hat. (Original.)

¹⁾ Näheres darüber SIMON, S., Experim. Untersuchungen über die Differenzierungsvorgänge im Kallusgewebe von Holzgewächsen. PRINGSHEIMS Jahrb. f. wiss. Bot. 1908, Bd. 45, p. 351.

²⁾ REGEL, F., Die Vermehrung der Begoniaceen aus ihren Blättern. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Jena 1876. X. Bd., p. 448.

³⁾ LINDEMUTH, H., Gartenflora, 52. Jg., p. 479 u. Hft. 23 desselben Jg. Vgl. auch STINGL, G., Über regenerative Neubildungen an isolierten Blättern phanerogamer Pflanzen. Flora 1909. Bd. 99, p. 178.

nicht der Ausgangspunkt einer ganzen Pflanze werden, im Gegensatz zu den Sprosse treibenden Blattstecklingen.

Ein ausgezeichnetes Beispiel für Blattstecklinge stellen zahlreiche Begonia-Arten mit wurzelstockartigen, niederliegenden oder aufsteigenden Stämmchen dar¹⁾. Die aufrechten, ästigen Begonia-Arten eignen sich gewöhnlich nicht zur Vermehrung aus Blättern.

Die Gärtner stecken die abgeschnittenen Blätter mit dem Stiel in schräger Richtung in feuchten Sand, so daß die Blattspreite dem Sande dicht anliegt, und durchschneiden diese an mehreren Punkten, besonders da, wo mehrere stärkere Nerven zusammentreffen. Die Wundflächen bilden alsbald schwachen Kallus und nicht lange darauf erscheinen Wurzeln und Knospen. Die Wurzeln treten hauptsächlich am Stiele, aber auch an der Unterseite der Spreite am Orte der Schnittwunden auf und die Knospen an der Oberseite der Lamina und insbesondere an der Stelle, wo die Spreite in den Blattstiel übergeht, nicht selten auf dem Blattstiel selbst.

Interessant ist, daß bei Begoniablattstecklingen die Oberhaut in der Nähe der Schnittfläche sowohl am Blattstiel als auch an den durchschnittenen Stellen der Spreite wurzelhaarartige Zellen erzeugt, die höchstwahrscheinlich auch die Aufgabe der Wurzelhaare übernehmen. Auch hier spielt das Kambium des Stranggewebes bei der Ausbildung des Kallus die größte Rolle, doch können sich auch die anderen Gewebe des Blattes z. B. die Oberhaut, beteiligen. Die an unverletzten Stellen des Blattes sich bildenden Adventivsprosse entstehen sogar nach HANSEN ausschließlich aus der Oberhaut²⁾. Bei manchen Arten können selbst aus Blattstückchen von 2 bis 4 cm² neue Pflanzen gewonnen werden, ein Verfahren, das sich empfiehlt, wenn nur wenig Blätter von einer wertvollen Art zur Verfügung stehen. Zahlreiche Gesneriaceen, namentlich Gloxinien und Gesneria-Arten und ferner Theophrasta³⁾ können auch durch Blattstücke vermehrt werden.

Während man bei Begonia die auf dem Sand liegenden Blätter mit dem Messer in der angegebenen Weise verwundet, ist dies bei anderen Blattstecklingen meist nicht der Fall. Man steckt sie einfach mit dem Stiel oder mit der Basis der Spreite in feuchten Sand, so daß die Spreite in die Luft ragt.

Bei Begonia rex konnte ich junge Pflanzen auch aus dem Blattstiel gewinnen, am besten, wenn ich das abgeschnittene Blatt mit dem Blattstiel eintopfte. Dann bilden sich häufig junge Sprosse nicht am oberen Ende des Stiels, sondern an dem unteren in der Erde befindlichen. —

Es ist von Interesse, daß die Blätter des Paradiesapfels (*Solanum lycopersicum*) sich nicht bloß bewurzeln, sondern daß sie auch Adventivsprosse bilden, selbst dann, wenn sie von der Mutterpflanze nicht abgelöst werden⁴⁾.

Es ist dies besonders bei ungemein üppig gezogenen Glashauspflanzen der Fall. Die Sprosse kommen aus der Mittelrippe hervor, bilden an ihrer Ursprungsstelle eine ziemlich große knollige Auftreibung und können

¹⁾ REGEL, F., l. c. p. 447.

²⁾ HANSEN, A., l. c. p. 40 d. Sep.-Abdr.

³⁾ NEUMANN, Kunst der Pflanzenvermehrung, ed. HARTWIG, Weimar 1870, p. 37. LÖBNER, M., Grundzüge der Pflanzenvermehrung, 2. Aufl. Berlin 1915.

⁴⁾ DUCHARTRE, P., Note sur des feuilles ramifiées de Tomates. Ann. d. scienc. nat. 3. sér. Bot. t. 19, 1853, p. 241.

schon an dem Mutterstocke eine Höhe von $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ Meter erreichen (Fig. 115)¹⁾. Mit ihrer Basis ins Wasser gestellt oder in feuchten Sand gepflanzt, bewurzeln sie sich rasch und werden zu selbständigen Pflanzen²⁾.

Im Anschluß sei hier eine Übersicht von jenen Pflanzen gegeben, die sich aus Blattstecklingen vermehren lassen, ohne daß gerade Vollständigkeit angestrebt wird³⁾.

Man kann hier zweckmäßig unterscheiden zwischen solchen Gewächsen, deren Blätter schon im natürlichen Zusammenhange mit der Mutterpflanze Knospen erzeugen, und dann zwischen solchen, die erst nach der Abtrennung vom Mutterstock sich anschicken, Knospen auszubilden.

J. Natürlich auf Blättern auftretende Knospen.

1. Gefäßkryptogamen.

Bei verschiedenen Farne entstehen auf dem Stiel (*Asplenium filix femina*, *A. filix mas*, *Pteris aquilina*) oder aus der Wedelspreite, bzw. aus den Achseln der Blattabschnitte Knospen (*Asplenium decussatum*, *A. Belangeri*, *A. caudatum*, *Ceratopteris thalictroides*, *Asplenium bulbiferum*, *Dryopteris palmata*, *Diplazium proliferum*, *D. celtifolium*, *Hemionitis palmata*, *Gymnogramme Linkiana* und *Woodwardia radicans* werden

ebenfalls als „lebendig gebärend“ oder vivipar angeführt. Bei *Chrysodium flagelliferum*, *Chr. repandum* Mtt., *Asplenium flabellifolium* und *flabellatum* var. *cryptopteron* Kz. bilden sich die Knospen an der rankenförmig verlängerten Spitze der Blätter.



Fig. 115.

Solanum lycopersicum. Ein Blatt, an dem sich, als es sich noch am Mutterstocke befand, 2 Sprosse gebildet hatten. Das Blatt wurde für die Photographie abgeschnitten und horizontal gelegt. Man sieht sehr deutlich die basale Anschwellung der 3 aufrechten Sprosse. (Original.)

¹⁾ Für die Herstellung dieser Photographie bin ich Herrn Dr. FRANZ RUTNER zu großem Danke verpflichtet.

²⁾ SMITH, E., *Bacterial diseases on plants*, 1920, p. 50.

³⁾ REGEL, F., l. c. p. 478. Hier auch die einschlägige ältere Literatur.

2. Phanerogamen.

a) Monokotyledonen. Die javanische Aroidee *Atherurus ternatus* bildet in einer Vertiefung an der Übergangsstelle von der Spreite in den Blattstiel ein Zwiebelchen und ein zweites am oberen Ende der Blattstielseide.

Ferner gehören hierher *Hyacinthus Ponzolsii*, *Drimia* und *Malaxis paludosa*.

b) Dikotyledonen.

Cardamine pratensis, *C. hirsuta*, *Tellima grandiflora*, auch *Brassica oleracea* und *Ranunculus bulbosus* werden als Blattknospen bildend angeführt¹⁾, doch bedarf die Sache bei den zwei zuletzt genannten Pflanzen einer Nachprüfung.

Aus den Blättern von *Chelidonium majus* var. *laciniatum* sollen mehrblütige Zweige ohne Laubblätter hervorgehen und an der Teilungsstelle

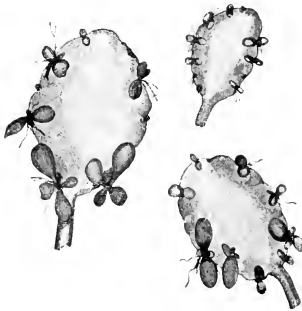


Fig. 116.

Bryophyllum crenatum. 3 Blätter, die nach längerem Liegen auf feuchtem Sande Blattsprosse gebildet haben. Natürliche Größe. (Original.)

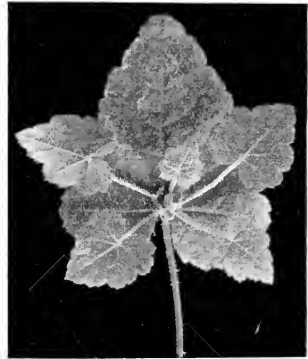


Fig. 117.

Blattbürtige Knospen von *Tolmiea Menziesii*. Natürl. Größe. (Original.)

der oberen Blätter von *Levisticum officinale* treten ein bis zwei Sprosse auf, die Blättchen und eine kleine Blütendolde tragen.

Utricularia erzeugt kümmerliche Blattsprosse, die in der Nähe des Winkels der oberen Blattabschnitte entstehen. Von *Crassulaceae* wäre als eines der bekanntesten Beispiele *Bryophyllum* (Fig. 116) zu erwähnen, das in den Blattrandkerben Knospen erzeugt.

Ein sehr dankbares Objekt für die Demonstration blattbürtiger Sprosse ist, abgesehen von *Bryophyllum*, die *Saxifragee* *Tolmiea Menziesii*. Dieselbe entwickelt am Blattgrunde, da wo die Spreite in den Blattstiel übergeht, regelmäßig eine Knospe, die, wenn das Blatt ein gewisses Alter erreicht hat, austreibt und auch Wurzeln mit rotgefärbten Spitzen bildet (Fig. 117). Die Entstehung der Knospen hat LUKASCH verfolgt²⁾. Wie ich mich oft

¹⁾ REGEL, F., l. c. p. 481.

²⁾ LUKASCH, J., Die blattbürtigen Knospen der *Tolmiea Menziesii*. Progr. d. K. k. Staats-Ob. Gymn. i. Mies 1893/94.

überzeugte, kann man das Blatt in 2–3 cm² große Stücke zerschneiden, die sich leicht bewurzeln und viele Monate am Leben bleiben, ohne aber — abgesehen vom Blattgrunde — Knospen zu bilden.

II. Künstlich aus Blättern erzeugte Knospen.

1. Gefäßkryptogamen.

Die Vermehrung der Marattiaceen geschieht fast ausschließlich durch Knospen, die sich aus den fleischigen Blattkissen und Nebenblättern entwickeln.

Nach (COURTIN¹) soll *Selaginella paradoxa* sich durch Blätter vermehren lassen.

2. Monokotyledonen²). Aloe-Arten, *Hyacinthus corymbosus*, *H. orientalis*, *H. candicans*, *Ornithogalum* sp., *Eucomis*, *Lachenalia*, *Lilium auratum*, *L. tigrinum*, *Sansevieria* und wahrscheinlich noch andere Liliaceen.

Von der Vermehrung der Hyazinthe durch Brutzwiebeln wird in Holland namentlich bei solchen Rassen, die von Natur aus keine rechte Neigung haben, Brutzwiebeln zu bilden, ausgedehnter Gebrauch gemacht. Man spaltet zu diesem Zwecke den Zwiebelboden, jedoch nur diesen, durch zwei sich rechtwinklig kreuzende Schnitte in vier Teile. Dabei muß man sorgfältig darauf achten, daß der Einschnitt nur etwa 5–10 mm eindringt, also nur die Basis der Schale trifft. An den Wundflächen entwickelt sich dann die Brut. Solche läßt sich auch durch Anshöhlen der Zwiebel oder aus Blattstecklingen gewinnen, wie Fig. 118 zeigt.

3. Dikotyledonen.

Außer den Begoniaceen sind es hauptsächlich Vertreter der Crassulaceen, Gesneriaceen und Scrophularineen: *Crassula*, *Cotyledon*, *Echeveria*, *Sedum*, *Rochea falcata*, *Gloxinia*, *Leptandra bicolor*, *Achimenes*, *Columnnea*, *Chirita sinensis*, *Mimulus* und *Torenia asiatica*. Außerdem *Portulacca*, *Theophrasta*, *Drosera*-Arten, *Dionaea muscipula*, *Peperomia*³), *Aeschinanthus*, *Streptocarpus*, *Phyllagathis rotundifolia* und *Bertholonia*.

In der Literatur finden sich noch mehr Angaben über Blattstecklinge, allein manche dieser Angaben dürften auf einem Irrtum beruhen. So, wenn behauptet wird, daß die Blätter von *Rosa* oder *Citrus* sich zur Vermehrung aus Blättern eignen. Bei diesen Pflanzen dürfte es sich um Blätter handeln, die mit der Achselknospe versehen waren.



Fig. 118.
Hyacinthus orientalis. Zwei Monate alter Blattsteckling mit Brutzwiebeln am Grunde des Blattes. Verkleinert.
(Original.)

¹) COURTIN, A., Die Pflanzenvermehrung. Stuttgart. p. 122.

²) SCHUBERT, O., Bedingungen zur Stecklingsbildung und Pfropfung von Monokotylen. Zbl. f. Bakt. usw. II. Abt. 37. Bd. 1913, p. 309.

³) BEINLING, E., Untersuchung über die Entstehung der adventiven Wurzeln und Laubknospen an Blattstecklingen von *Peperomia*. Conx's Beitr. z. Biologie d. Pflanzen. III. Bd. 1883, p. 25.

Die Bedingungen der Stecklingszucht.

Die Zeit, zu welcher der Steckling gemacht werden soll, muß wohl beachtet werden. Von Bäumen und Sträuchern werden oft blattlose Zweige zur Vermehrung verwendet und solche auch als „Steckholz“ bezeichnete Zweigstücke werden am zweckmäßigsten im Herbst nach dem Laubfall geschnitten, also zu einer Zeit, wenn sie mit Reservestoffen gefüllt sind. Es ist dies begreiflich, denn zur Kallus- und Wurzelbildung sind Baustoffe notwendig. Da die blattlosen Gehölzstecklinge infolge des Mangels an Blättern keine derartigen Stoffe erzeugen können, so müssen sie die plastischen Stoffe schon mitbekommen.

Die zurechtgeschnittenen Steckholzzweige werden zu einem Bündel vereint, über den Winter im Freien oder an einem kühlen Ort in den Sand eingeschlagen, wo sie Kallus bilden. Ende März bis April stellt man sie reihenweise schief in die Erde, so daß nur das oberste oder die beiden obersten Augen über den Boden emporsehen. Wurzelbildung tritt alsbald ein. Durch das Schiefstellen soll vielleicht vermieden werden, daß der untere Teil des Stecklings zu tief zu liegen kommt und dadurch an zu sauerstoffarme Orte gelangt.

Auch bei krautigen, beblätternen Stecklingen ist es nicht gleichgültig, zu welcher Zeit sie gemacht werden. Für die meisten eignet sich der Herbst und Winter nicht, hingegen ausgezeichnet das Frühjahr und der Sommer. Die Zeit des Stecklingsschneidens muß bei verschiedenen Gewächsen schon deshalb verschieden sein, weil der Steckling eine gewisse Reife haben soll. Er darf nicht zu jung sein, weil er leicht fault, er darf aber auch nicht zu alt sein, weil er dann schwer Wurzeln treibt.

Der Schnitt soll knapp unter der Blattbasis bzw. einer Seitenknospe geführt werden, weil erfahrungsgemäß der Stamm vornehmlich in der Umgebung des Blattgrundes das Bestreben hat, Wurzeln zu bilden. Wenn aus dem Mutterzweig mehrere Stecklinge gemacht werden, so muß auch der obere Schnitt knapp über der Knospe geführt werden, weil ein längeres, über der letzten Knospe liegendes Stengelstück ohnedies eintrocknet und abstirbt.

Viele Pflanzen zeigen am Grunde der Stengelglieder eine knotige Anschwellung und von solchen Knoten gehen die Wurzeln mit Vorliebe aus. Der Schnitt muß hier auch knapp unter dem Knoten gemacht werden, zumal bei solchen durch Knoten gegliederten Stengeln die Zwischenstücke häufig hohl sind und eine geringe Neigung zur Wurzelbildung besitzen. GOEBEL¹⁾ hat die Ansicht ausgesprochen, daß die starke Anhäufung von Baustoffen in den Knoten und die durch die hier auftretende Abweichung der Leitbündel vom geradlinigen Verlauf hervorgerufene Stauung der Stoffe die Ursache davon ist, warum die Wurzeln mit Vorliebe aus den Knoten austreten.

Sind die als Stecklinge benützten Seitenzweige noch weich und jung, so empfiehlt es sich, die Stecklinge von dem Mutterzweig entweder durch rasches Abreißen oder durch das Messer so abzutrennen, daß noch etwas Rinde und Holz von dem Mutterzweig der Basis des Stecklings verbleibt.

¹⁾ GOEBEL, K., Einleitung in die experim. Morphologie der Pflanzen. 1908. p. 226.

Der Steckling fault dann nicht so leicht und bekommt einige Reservestoffe mit.

Abschneiden der Blätter. Handelt es sich um beblätterte, krautige Stecklinge, die erheblich transpirieren, so muß die durch die Stecklingsblätter gegebene Transpirationsfläche durch Entfernung der unteren Blattflächen und teilweises Abschneiden der Spreiten bei den oberen Blättern eingeengt werden (Fig. 119). Dieses von den Gärtnern durchgeführte Verfahren ist vollständig begründet, denn man darf nicht vergessen, daß der Steckling, der im Anfang der Wurzeln vollständig entbehrt, keine normalen, wasserannehmenden Organe besitzt und die frische, basale Schnittfläche die Wasseraufnahme nur zur Not besorgt. Daher muß dem Welken des Stecklings unter anderem durch das Stützen der Blätter vorgebeugt werden.

Aber auch hier heißt es wieder Maß halten, weil ja die Blätter die organische Nahrung zu erzeugen haben, die, falls nicht genügend Reservestoffe zur Verfügung stehen, für die Wurzelbildung das nötige Material zu liefern hat. Bei beblätterten holzigen Stecklingen (Myrte, Lorbeer, Rhododendron) mit lederigem Laub, das wenig transpiriert und schwer welkt, braucht man die Blätter weder zu entfernen noch zu stützen. —

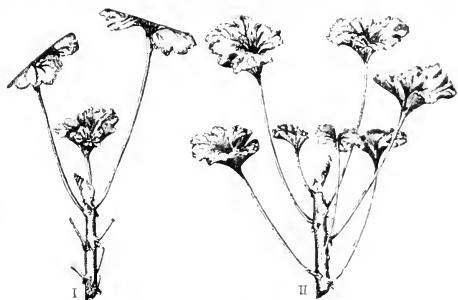


Fig. 119.

Pelargonium zonale-Stecklinge.

I. Richtig zugestützter Steckling. Die unteren Blätter sind bis auf den basalen Teil des Blattstiels entfernt. Bei den oberen Blättern wurde ein Teil der Spreite weggeschnitten. II. Nicht zugestützter Steckling. Er läuft daher Gefahr, wegen seiner großen Blattoberfläche zu verwelken. (Original.)

Daß die Steckholzzweige sich ganz ohne Blätter bewurzeln, wurde bereits (p. 234) bemerkt. Hier sind es die im Zweige aufgestapelten Reservestoffe, die die Bewurzelung ermöglichen. Dasselbe gilt auch von den *Dracaena*- und Augenstecklingen.

Dracaena-Stämme werden behufs Vermehrung der Länge nach gespalten und mit der Spaltfläche nach unten 5 cm tief in Sand horizontal eingelegt. Oben bilden sich, der Stammspitze genähert, Sprosse, unten der Basis genähert, Wurzeln.

Augenstecklinge. Auch einzelne Augen von Gehölzen können zur Stecklingsvermehrung verwertet werden. Knospen des Weinstocks werden durch einen parallel zur Längsachse geführten Schnitt mit einem Stückchen Holz abgetrennt und horizontal in feuchte Erde so gelegt, daß das Auge frei herausragt. Diese Art der Vermehrung empfiehlt sich besonders dann, wenn man Mangel an Zweigen hat und wenn es sich um seltene Weinsorten handelt.

Wasser. Unmittelbar nach der Herrichtung des Stecklings wird er mit seiner basalen Schnittfläche in feuchten Boden gesteckt, um ihn

mit Wasser zu versorgen und Welken zu verhindern. Aufenthalt im feuchten Raume und reichliche Zufuhr von Wasser fördern gewöhnlich in hohem Maße die Bewurzelung.

Bei gewissen Pflanzen aber, die stark milchen (*Ficus elastica*) oder sich durch großen Saftreichtum auszeichnen, ist es üblich, den Saft erst ausfließen und die Pflanzen ein wenig anwelken zu lassen. Der Milchsafte gerinnt an der Schnittfläche, verstopft die Gefäße und muß möglichst entfernt werden. Bei der Vermehrung von Sukkulente (Cereus, Echinocactus, Mammillaria, Euphorbia, Stapelia u. a.) verwendet man, wenn möglich, Seitenzweige, will man aber anstatt der Äste die Köpfe als Stecklinge verwerten, so legt man sie vor dem Stecken in die Sonne, bis die Schnittfläche eintrocknet und die Pflanze etwas anwelkt. So wird die Fäulnis, die sich bei Sukkulente leicht einstellt, verhindert und die Wurzelbildung ermöglicht. Auch das Bestreuen der Schnittwunde mit Holzkohlenpulver leistet gute Dienste. Bei *Dioscorea*-Arten, die auf Trinidad in großen Mengen aus den unterirdischen Stämmen durch Zerschneiden vermehrt werden, geht man noch schärfer vor, indem man die Schnittfläche mit Asche oder Ätzkalk einreibt¹⁾. —

Das Einstutzen der Blattflächen würde allein das Welken oft nicht verhindern, daher sucht man durch Feuchthalten des Bodens, durch Glasglocken, durch Schwitzkästen, Mistbeetfenster und öfteres Spritzen um die Stecklinge herum eine recht feuchte Atmosphäre zu erzeugen und die Transpiration des Stecklings einzuschränken. Bei der einen Pflanzenart mehr, bei der anderen weniger. Sowie die Wurzelbildung einsetzt, muß durch allmählich gesteigerte Lüftung die Abhärtung des Stecklings eingeleitet und dieser wieder an trockenere Luft gewöhnt werden.

Temperatur. Im allgemeinen eignet sich zur Stecklingsvermehrung eine etwas höhere Temperatur als dem Bedürfnis der bewurzelten Pflanze entspricht. Viele Gewächse der gemäßigten Zone begnügen sich zur Wurzelbildung schon mit der gewöhnlichen Temperatur oder man bietet ihnen, sei es durch Heizung, sei es durch faulende Mist-, Laub- oder Lohmassen, eine Bodenwärme von etwa 20° C. Tropischen Pflanzen, die auf höhere Temperaturen gestimmt sind, verschafft man eine Bodenwärme von 20 bis 25° und darüber.

Boden. Für die Bewurzelung benötigt der Steckling die Mineral-salze nicht in ausgiebigem Maße, es handelt sich für ihn hauptsächlich um Wasser und um einen lockeren, die Fäulnis hindernden Boden. Man pflanzt die Stecklinge daher mit bestem Erfolge in reinen Sand oder in Sand, gemischt mit Heide-, Laub- oder Torferde, auch reines Holzkohlenpulver oder gemischt mit Heideerde hat sich bewährt. Ein solcher Boden ist locker, der Luft leicht zugänglich und diese Eigenschaften fördern die Wurzelbildung in hohem Grade. Daß der Sauerstoff für die Wurzelbildung von großer Bedeutung ist, läßt sich aus verschiedenen Erfahrungen ableiten und wurde speziell für Weidenstecklinge von KÜSTER²⁾ durch Versuche bewiesen.

Schwer sich bewurzelnde Stecklinge bilden, direkt mit ihrer Basis

¹⁾ CRÜGER, H., l. c. p. 373.

²⁾ KÜSTER, E., Beitr. z. Kenntn. d. Wurzel- und Sproßbildung an Stecklingen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1904, Bd. 40, p. 279.

ins Wasser gestellt, oft reichlich Wurzeln, wie dies vom Oleander und vom Steckholz der Birne und des Apfels seit langem bekannt ist.

Licht. Die Stecklinge bedürfen des Lichtes. Es regt die Ernährungstätigkeit der Blätter an, ermöglicht die Kohlensäureassimilation und damit die Erzeugung organischer Stoffe, die der Wurzelentwicklung zugute kommen. Schattige, nur dem diffusen Lichte ausgesetzte Vermehrungsbeete geben keine so guten Resultate wie sonnige, deren Fenster in entsprechender Weise entweder durch Schattendecken, Bretter oder einen Fensteranstrich von Kalkmilch oder Lehm mäßig beschattet werden.

Wie in so vielen Fällen der Pflanzenkultur darf man auch bei der Stecklingszucht nicht nach einer Schablone arbeiten. Die äußeren Bedingungen, die die Bewurzelung des Stecklings veranlassen, in richtiger Weise zu bieten, erfordert viel Takt und Erfahrung und setzt eine genaue Kenntnis der Bedürfnisse der Pflanze voraus.

Die Erscheinungen der Polarität, wie sie des näheren auf p. 158 besprochen wurden, machen sich auch im Steckling deutlich geltend. Der Steckling hat aus inneren Gründen wegen seiner Polarität das Bestreben, an seiner Spitze Sprosse und an seiner Basis Wurzeln zu bilden, gleichgültig, ob er normal oder verkehrt aufgehängt wird. Auch bei den Ablagern wird der Zweig durch eine Verwundung, mag sie einseitig oder allseitig sein, in zwei physiologische Einheiten zerlegt; es erwacht das Bestreben, knapp über der Wunde Wurzeln zu bilden, und dieses wird durch die Krümmung des Zweiges, durch die Feuchtigkeit und die Dunkelheit, wie sie der Boden bietet, noch gesteigert¹⁾.

Wenn bei der erwähnten *Dracaena*-Vermehrung sich an den horizontal gelegenen Stämmen oberseits Sprosse und unterseits Wurzeln ausbilden, so ist dies dem Einfluß der Schwerkraft zuzuschreiben (p. 160), von der wir wissen, daß sie bei geneigten oder horizontalen Stämmen oben die Entstehung von Sprossen und unten die der Wurzeln begünstigt.

Veredlung oder Transplantation.

Im Walde kann man nicht selten beobachten, daß zwei Äste desselben Baumes oder benachbarter Bäume derselben Art sich bis zur Berührung nähern, dann bei Wind und Sturm gegenseitig die Rinde so stark abreiben, daß schließlich an den beiden bloßgelegten Kambien Verwachsung eintritt. Dieser im Walde mitunter zu beobachtende Vorgang mag schon in alter Zeit dem Menschen den Fingerzeig und die Anregung zur Veredlung gegeben haben. Man versteht darunter das bekannte Verfahren, eine Knospe oder einen mit Knospen versehenen Zweig auf einen anderen Zweig oder die Wurzel einer anderen verwandten Art einzutüben und hier zur innigen Verwachsung zu bringen. Der aufgesetzte Teil heißt das Reis oder Edelreis und der das Reis tragende Teil heißt Unterlage oder Wildling.

In neuerer Zeit bezeichnet man das Veredeln auch als Transplan-

¹⁾ Vgl. auch VÖCHTING, II., I. Organbildung, p. 224, und TITTMANN, H. Physiologische Untersuchungen über Kallusbildung an Stecklingen holziger Gewächse. Jahrb. f. wiss. Bot. 1895, Bd. 27, p. 164.

tation, versteht aber darunter nicht bloß das Veredeln, sondern jede künstliche Vereinigung und darauf folgende Verwachsung eines Pflanzenteils mit einem anderen. —

Das Veredeln war schon den alten Griechen und Römern bekannt und diese haben es von orientalischen Völkern übernommen. Wer sich für die Geschichte dieses interessanten Problems interessiert, der lese VÖCHTING'S anziehend und kritisch geschriebenen Abschnitt in seinem ausgezeichneten Werke über Transplantation¹⁾.

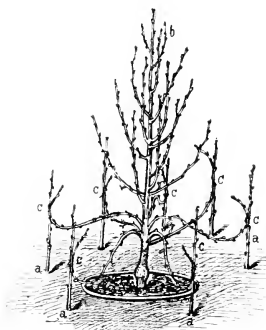


Fig. 120.

a junge Unterlagen, die kreisförmig gesetzt und mit einer in einem Topf befindlichen Mutterpflanze *b* durch Ablaktierung an ihrer Basis in *c* veredelt wurden. Nach GAUCHER.

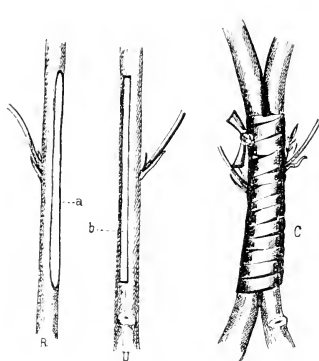


Fig. 121.

Ablaktierung. Die beiden Zweige *R* und *U* werden durch Aufeinanderpassen der Wunden bei *a* und *b* vereinigt. *C* zeigt die fertige Vereinigung. (Original).

Die Zahl der Veredlungsarten ist eine erstaunlich große. THOUIN²⁾, dem wir eine treffliche Monographie darüber verdanken, zählt nicht weniger als 119 Arten und NOISETTE³⁾ sogar 137. Praktisch bewährt hat sich nur eine weit geringere Zahl, von denen nur die allerwichtigsten hier kurz behandelt werden sollen; das Ablaktieren, das Pfropfen, das Kopulieren und das Okulieren⁴⁾.

1. Das Ablaktieren oder die Veredlung durch Annäherung ist dadurch ausgezeichnet, daß das Reis zunächst nicht von der Mutterpflanze getrennt, sondern in passender Weise mit einem anderen Zweige desselben oder eines anderen Individuums verbunden und zur Verwachsung gebracht wird.

¹⁾ VÖCHTING, H., Über Transplantation am Pflanzenkörper. Tübingen 1892. p. 1–25. Hier auch die einschlägige Literatur.

²⁾ THOUIN, A., Sur les greffes. Annales du mus. d'histoire natur. T. XIII, XVI u. XVII. Paris 1809, 1810 u. 1811.

³⁾ NOISETTE, L., Vollständiges Handbuch der Gartenkunst. Übersetzt von SIGWART. Bd. 2. Stuttgart 1826.

⁴⁾ Von neueren Werken über Veredlung vergleiche man TEICHERT, O., Gärtnerische Veredlungskunst nsw. 3. Aufl. Berlin 1900.

GAUCHER, N., Die Veredelungen der Bäume u. Sträucher. 3. Aufl. Berlin 1909.

Das Reis *R* (Fig. 121) wird auf der Rückseite eines Auges von der Rinde mit etwas Splint in einer Länge von 4 bis 6 cm bei *a* entblößt. Auf der Unterlage *U* wird mit zwei Quer- und mit zwei Längsschnitten ein Rindenstreifen entsprechend der Länge und Breite des entblößten Teiles am Reis bei *b* abgenommen. Hierauf werden beide Wunden vereinigt, verbunden, und wenn notwendig, mit Baumwachs verschmiert *C*.

Das Ablaktieren wird in verschiedenen Abänderungen ausgeführt und vielfach mit Vorteil angewendet. Man ablaktiert einen in der Nähe befindlichen Zweig auf den Stiel einer Frucht und erzielt hierdurch eine auffallende Vergrößerung, da der angewachsene Zweig sehr viel Nahrungsstoffe der Frucht zuführt. Oder man vereinigt die Äste einer Topfpflanze mit jungen Unterlagen, wie dies in Fig. 120 dargestellt ist. Oder man überbrückt eine kranke Stelle durch Ablaktieren. Auf diese Weise können kranke Bäume wieder gesund, oder in ihrer Form durch Bruch oder Gummifluß gestörte Bäume wieder der Form nach ausge bessert werden. Ein bis zwei Jahre nach dem Verwachsen kann das Edelreis entwöhnt (ablaktiert) und dadurch selbständig gemacht werden.

Die übrigen Veredlungsmethoden sind alle im Gegensatz zu der eben behandelten dadurch ausgezeichnet, daß das Reis vor der Veredlung vom Mutterstamme getrennt wird.

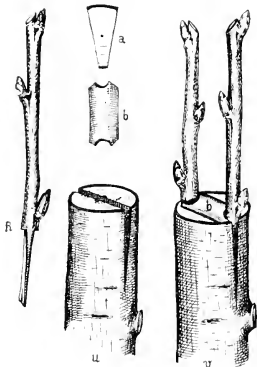


Fig. 122.

Pfropfen in den Spalt.
U Unterlage, oben gespalten. *R* Reis, unten zugespitzt. *a* zeigt das zugespitzte Ende im Querschnitt (vergr.). *b* fertige Veredlung mit 2 Edelreiser, der noch offene Spalt wird mit einem Stückchen Rinde *b* bedeckt, um das Eindringen von Wasser und Staub zu verhindern. (Original.)

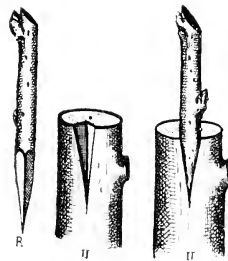


Fig. 123.

Pfropfen mit dem Geißfuß.
U Unterlage mit dreieckigem Einschnitt; *R* Reis, keilförmig zugespitzt; *U*₁ Unterlage mit Reis vereinigt. (Original.)

2. Das Pfropfen umfaßt alle Arten der Veredlung, wo mit Knospen besetzte Zweigteile auf die Unterlage nach der Abtrennung vom Mutterstocke übertragen werden. Man unterscheidet mehrere Arten des Pfropfens:

a) Pfropfen in den Spalt. Man schneidet die Unterlage quer durch und spaltet sie einmal oder zweimal übers Kreuz. Im ersten Falle werden zwei, im letzteren Falle vier passend zugeschnittene Reiser eingesetzt, verbunden und mit Baumwachs verschmiert (Fig. 122).

Oder man macht einen halben Spalt bis auf das Mark und setzt das keilförmig zugespitzte Reis ein.

Das Spaltpfropfen hat den Vorteil, daß man dünne Reiser auf sehr dicke Unterlagen veredeln kann und daß das Reis durch die auseinander getriebenen Spaltflächen von selbst zusammengeklemt und die Verwachsung dadurch gefördert wird.

Beim Pfropfen mit dem Geißfuß wird die Unterlage gar nicht gespalten, sondern aus ihr seitlich ein keilförmiges Stück Rinde und Holz herausgeschnitten und in die dadurch geschaffene Lücke ein passend zugeschnittenes Reis eingesetzt (Fig. 123).

b) Pfropfen in die Rinde. An der abgeschnittenen Unterlage wird die Rinde durch einen Längsschnitt geöffnet und das schräg zugeschnittene Reis hinter die gelöste Rinde geschoben. Oder das Reis wird, ohne die Rinde abzuschneiden, zwischen Holz und die aufgehobene Rinde eingesetzt. Schließlich sei noch

e) das Seitenpfropfen, auch Anspitzen oder Zungenpfropfen, erwähnt. Die Unterlage wird mit einem seitlichen Einschnitt versehen und das spitz zugeschnittene Reis in den Einschnitt eingefügt. Eine sehr einfache und sichere Methode, die das Veredeln noch im alten Holz gestattet, zur Wiederherstellung schadhaft gewordener Bäume und zur Ergänzung fehlender Zweige dient.

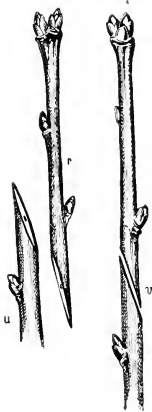


Fig. 124.
Kopulieren.
u Unterlage, r Reis,
v zeigt, wie u und r
vereinigt werden.
(Original.)

3. Das Kopulieren wird mit Vorliebe angewendet, wenn Reis und Unterlage von derselben Stärke sind. Man spitzt dann beide gleichmäßig schräg zu, paßt die Schnittflächen genau aufeinander, verbindet und bestreicht mit Wachs (Fig. 124). Ist das Reis weniger stark als die Unterlage, so bedient man sich der Kopulation durch Schäften oder Anplatten: Das Reis wird schräg zugeschnitten und von der etwas schief quer abgeschnittenen Unterlage auf einer Seite ein Rinden- und Holzstreifen so breit und lang wie die schräge Schnittfläche des Reises weggesehnt.

4. Das Okulieren oder Ängeln ist jene Veredlungsart, bei der nur das Auge (Knospe) des Reises auf die Unterlage verpflanzt wird. An der Stelle, wo die Knospe eingesetzt werden soll, wird ein T-Schnitt gemacht (Fig. 125), die Rinde abgehoben, die mit einem Stückchen Rinde (Schildchen) versehene Knospe zwischen die abgehobenen Rindenflügel und das Holz eingesetzt und verbunden.

Bei den geschilderten Veredlungsarten handelt es sich gewöhnlich darum, Knospen eines Zweiges oder einen knospentragenden Zweig wieder auf einen Zweig zu bringen, also gleichnamige Teile zu verbinden. VÖCHTING¹⁾ aber hat gezeigt, daß man Glieder der Pflanze von ihren durch die Entwicklung gegebenen Orten entfernen und an beliebige verpflanzen kann und daß sich die Bausteine der Pflanze unbegrenzt verschieben und

¹⁾ VÖCHTING, H., l. c. p. 64.

vertauschen lassen. Es kann bei der Runkelrübe die Nebenwurzel an beliebige Orte der Hauptwurzel transplantiert, die Hauptwurzel durch eine Seitenwurzel vertreten werden, auch entwickelt sich die Spitze der Hauptwurzel, als Nebenwurzel eingepflanzt, wie diese.

Das von Gärtnern seit langem geübte Veredeln von Zweigen auf Wurzeln beweist, daß auch ungleichnamige Teile aufeinander transplantiert werden können. Dieses Verfahren hat sich besonders bei Zierbäumen und Sträuchern, die sich leicht aus Wurzelstücken vermehren lassen, bewährt: so bei *Cydonia japonica*, *Bignonia radicans*, *Paeonia*, Clematis- und Rosa-Arten.

Bei der Runkelrübe gelang es VÖCHTING sogar, Blätter auf die Wurzel und Wurzelstücke auf den Stengel mit Erfolg zu pflanzen. Blätter und Blattstücke von *Heterocentron* wuchsen am Stengel an und auf einem Blattteil der Runkelrübe konnte eine ganze Samenpflanze gepflanzt werden.

VÖCHTING transplantierte auch einzelne knospenlose Gewebstücke. So wachsen bei der Runkelrübenwurzel Gewebstücke, an derselben oder an beliebigen Stellen der Wurzel eingefügt, gut an. Fleischige Kohlrabistengel ohne Knospen, Rindenstücke von Holzgewächsen, Blatthälften von *Mesembryanthemum*, in normaler Stellung zusammengefügt, lassen sich leicht transplantiert. All diese Versuche zeigen in schlagender Weise, wie groß die Selbständigkeit und Unabhängigkeit der einzelnen Teile an der Pflanze ist.

Die Verwachsung. Wenn das Reis sich dauernd gut auf der Unterlage entwickeln soll, so muß zwischen beider eine innige Verwachsung eintreten. Es entsteht vom Wildling und vom Reis aus ein neues Gewebe, das als „Kittschicht“¹⁾ oder als „intermediäres Gewebe“²⁾ bezeichnet wird. Handelt es sich um eine krautige Pflanze, so können an der Ausbildung der Kittschicht die verschiedensten Gewebe teilnehmen, bei der Veredlung von Gehölzen hingegen geht die Neubildung hauptsächlich von der Kambiumzone aus. In beiden Fällen entsteht zunächst ein parenchymatisches Kallusgewebe, das die Zwischenräume zwischen Reis und Unterlage ausfüllt, gewissermaßen ausgießt und nachher erst bildet sich aus den Kalluszellen zwischen dem Kambium des Wildlings und dem des Reises eine Kambiumbrücke, die nach innen wasserleitende Zellen und nach außen Rindenzellen liefert,

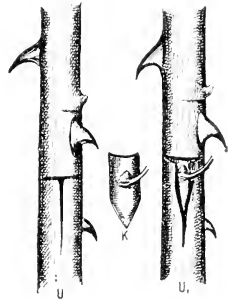


Fig. 125.

Okulieren (Rose).

U Unterlage mit T-Schnitt.

K Knospe mit Rinde, U₁

Unterlage mit der eingesetzten Knospe. (Original.)

¹⁾ SORAUER, P., l. c. p. 819.

²⁾ GOEPPERT, H. R., Über innere Vorgänge bei dem Veredeln der Bäume und Sträucher, Kassel 1874.

Siehe auch WINKLER, H., Transplantation, Pfropfen usw. Handwörterbuch d. Naturwissensch., X, 1913, p. 18.

FIGDOR, W., Experimentelle und histolog. Studien über die Erscheinung d. Verwachsung im Pflanzenreiche. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. 1891. Bd. C. A. I., p. 177.

so daß sowohl für die Wasser- als auch für die Assimilatenleitung gesorgt ist.

Während Pfropfungen bei Dikotylen und Koniferen so leicht gelingen, ist dies bei Monokotylen nicht der Fall. Es kommen zwar auch hier Verwachsungen vor, aber da es im günstigsten Falle nur zur Ausbildung eines parenchymatösen Kallus und nicht zur Entwicklung von wasserleitenden Holzgefäßen und Holzzellen, überhaupt von Leitbahnen kommt, so gehen die Reiser frühzeitig zugrunde. SCHUBERT¹⁾, der sich sehr eingehend mit dieser Frage beschäftigt hat, gelangte, obwohl seine an zahlreichen Arten ausgeführten Pfropfungen gut angewachsen und noch nach Monaten, ja Jahren lebendig waren, zu dem Resultate: „daß eine ausreichende Verwachsung in den bisher bekannten Fällen nicht stattfindet und damit eine erfolgreiche Pfropfung von Monokotylen bisher nicht gelungen ist“. Es hängt dies wohl in erster Linie damit zusammen, daß die Monokotylen eines echten Kambiums und damit eines sekundären Dickenwachstums entbehren, wenn man von gewissen, mit sekundärem Stammeristem versehenen, baumartigen Liliifloren (*Dracaena*, *Cordyline*, *Aloe*) absieht.

Bedingungen eines guten Pfropferfolges.

a) Bei den beschriebenen Veredlungsverfahren muß natürlich sorgfältig darauf geachtet werden, daß die beiden Wundflächen von Reis und Wildling gut aufeinander passen, daß, wenn möglich, die gleichnamigen Gewebe aufeinander zu liegen kommen, Rinde auf Rinde, Kambium auf Kambium, Holz auf Holz, daß sie sich innig berühren und daß das Reis nicht zu viel transpiriert. Veredelt man im Gewächshause oder im Schwitzkasten, so läßt sich natürlich die Transpiration sehr einschränken, anders aber im Freien. Hier muß die transpirierende Fläche möglichst verkleinert werden. Deshalb schneidet man beim Pfropfen und Äugeln die Blätter bis auf den größten Teil des Blattstiels weg und verschmiert den Verband sowie die obere Schnittfläche des Edelreises mit Baumwachs. Die Augen müssen immer frei liegen.

b) Die natürliche Verwandtschaft ist von wesentlicher Bedeutung für das Gelingen der Veredlung. Nur wenn Reis und Unterlage verwandt sind, findet gute und dauernde Verwachsung statt. Am besten verwachsen dieselben Arten, verwandte Varietäten, aber auch Arten und gewisse Gattungen ein und derselben Familie können aufeinander mit Erfolg veredelt werden: *Datura stramonium*, *Physalis alkekengi*, *Nicotiana tabacum*, *N. rustica*, *Atropa belladonna* auf *Solanum tuberosum*. Ebenso wächst *Solanum tuberosum* auf *S. nigrum*, *Nicotiana rustica* und *Physalis alkekengi*²⁾. Die Gärtner veredeln seit langem *Petunia* auf *Nicotiana glauca*³⁾.

Ich selbst überzeuge mich von der Richtigkeit der gemachten Angaben durch zahlreiche Versuche und überdies glückte mir die Veredlung von *Hedera helix* auf *Aralia Sieboldii*, von *Coleus Blumei* auf *Plectranthus fruticosus*, von *Syringa vulgaris* auf *Fraxinus excelsior* und von *Syringa* auf *Ligustrum vulgare*.

¹⁾ SCHUBERT, O., l. c. p. 428.

²⁾ STRASBURGER, E., Über Verwachsungen und ihre Folgen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1885, Bd. III, p. XXXIV.

³⁾ TEICHERT, O., l. c. p. 92.

Den Gärtnern längst bekannt sind folgende Veredelungen:

Arctostaphylos	auf	Arbutus unedo,
Azalea	„	Rhododendron,
Clianthus puniceus	„	Caragana arborescens, Colutea arborescens, Astragalus glycyphyllus, Sutherlandia frutescens u. a.
Cussonia	„	Aralia.
Edgeworthia chrysantha	„	Daphne mezereum,
Garrya	„	Aucuba japonica,
Chrysanthemum	„	Anthemis,
Cucumis melo	„	Cucurbita perennis,
„ „	„	Thladiantha dubia,
Ixora	„	Lachnea und Pimelea,
Nemopanthus	„	Hex und Prinos,
Olea	„	Ligustrum vulgare,
Chionanthus	„	Fraxinus,
Osteomeles	„	Crataegus, Cotoneaster und Mespilus,
Pernetia	„	Arbutus unedo,
Phylliraea Vilmoriana	„	Fraxinus,
Forsythia	„	„
Sciadophyllum	„	Aralia nymphaeifolia,
Prinos-Arten	„	Hex aquifolium,
Pirus (Birne)	„	Cydonia (Quitte) und Crataegus,
Cydonia vulgaris	„	Crataegus oxyacantha,
Cedrus-Arten	„	Pinus silvestris und Larix europaea,
Tsuga-Arten	„	Abies pectinata,
Cephalotaxus	}	„ Taxus baccata ¹⁾ .
Podocarpus		
Torreya	}	„ Taxus baccata ¹⁾ .
Torreya		

Jüngst machte LIESKE²⁾ neue erfolgreiche Pfropfversuche mit zahlreichen Cucurbitaccen. Er pflanzte auf Cucurbita pepo: Benincasa cerifera, Bryonia alba, Br. dioica, Bryonopsis laciniosa, Cayaponia sp., Cucumis dipsaceus, C. flexuosus, C. melo, C. prophetarum, C. sativus, Cucurbita melanosperma, Cyclanthera explodens, C. pedata, Ecballium elaterium, Echinocystis lobata, Lagenaria clavata, L. gigantea, L. verrucosa, Luffa cylindrica, L. macrocarpa, Pilyogyne suavis, Raphanocarpus Welwitschii, Sicydium Lindheimeri, Sicyos angulata und Trichosanthes Anguinea vera. Alle aufgezählten Arten wuchsen auf Cucurbita pepo gut an, ja die meisten entwickelten sich bis zur Blüte- und Fruchtbildung. Auch bei verschiedenen Leguminosen konnte durch LIESKE Pfropfverwandtschaft festgestellt werden. So wuchsen auf Vicia faba sehr gut: Vicia sativa, Pisum sativum, Ervum lens, Trifolium pratense, T. terraneum, Medicago sativa und Melilotus coerulea. Pfropfreiser von Robinia pseud-acacia und Cytisus laburnum wuchsen auf der Saubohne anfangs äußerst kräftig, dann tritt aber ein Stillstand ein, da die Unterlage nur eine beschränkte Wachstumsdauer hat. Aus diesen Versuchen mit Leguminosen geht hervor, daß der von der Unterlage Vicia faba assimilierte Luftstickstoff auch vom Reis verwertet wird, was von vornherein zu erwarten war.

Endlich konnte LIESKE bei seinen Bestrebungen, einjährige und ausdauernde Pflanzen aufeinander zu pflanzeln, in einem einzigen Falle einen Erfolg erzielen, als er auf einen Tomatensproß Solanum arboreum pflanzte. In allen anderen Fällen aber zeigte es sich, daß Pfropfstücke einjähriger Pflanzen, in Sprosse ausdauernder Gewächse eingesetzt, nicht ausdauernd wurden. So trat bei Versuchen mit Solanum dulcamara und S. lycopersicum

¹⁾ TEICHERT, O., l. c. p. 89.

²⁾ LIESKE, R., Pfropfversuche. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1920, p. 353.

stets nach einer gewissen Zeit Absterben der eingesetzten einjährigen Sproßstücke ein.

Das Veredeln verschiedener Cactaceengattungen aufeinander wird vielfach in der Praxis angewendet, unter anderem zu dem Zwecke, um manchen Arten eine bessere Haltung oder das Aussehen eines Kronenbäumchens zu verschaffen. Dazu eignen sich als Unterlagen besonders



Fig. 126.

Epiphyllum truncatum auf *Peireskia aculeata* veredelt. Aus der *Peireskia*-Unterlage wächst ein Zweig hervor, der die große Verschiedenheit der beiden Cacteeengattungen im Aussehen deutlich veranschaulicht. (Original.)

Cereus speciosissimus nebst anderen *Cereus*-Arten und in geradezu ausgezeichnete Weise *Peireskia aculeata*, die einen aufrechten, ziemlich holzigen Stamm entwickelt und auf der fast alle Cactaceen-Gattungen trotz ihres verschiedenen Aussehens anwachsen (Fig. 126).

Aus der vorstehenden Liste, die keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit macht, geht deutlich hervor, daß auch zwischen Gattungen derselben Familie Veredlungen möglich sind. Die Verwachsungsmöglichkeit läuft im allgemeinen parallel der systematischen Verwandtschaft, aber nicht immer parallel der geschlechtlichen Verwandtschaft (Affinität), denn innerhalb der Solaneen-Familie ist bisher kein Bastard zwischen zwei Gattungen bekannt, während Verwachsungen zwischen solchen leicht eintreten. Auch der Birnbaum (*Pirus*) läßt sich schwer auf den häufig zu derselben Gattung gestellten Apfelbaum veredeln, während der Birnbaum mit der Quitte (*Cydonia*) leicht verwächst. Eine dauernde Verwachsung zwischen Gattungen verschiedener Familien wurde bisher nicht erzielt.

Die alte und ältere Gartenbauliteratur enthält zwar zahlreiche solche Angaben, doch sie entbehren alle der tatsächlichen Grundlage und es erscheint nicht der Mühe wert, ein Wort darüber zu verlieren.

Wie sich aus der Praxis ergibt, treten mitunter Schwierigkeiten in der Vereinigung von Rassen oder Arten ein, wo man sie nicht erwarten würde. Pfirsichsämmlinge vereinigen sich gewöhnlich leicht, aber gewisse Pfirsichsorten widerstreben einander.

Rassen von *Acer platanoides* wachsen zwar auf *Acer pseudoplatanus* gut an, bilden kräftige Bäume, aber sie sterben oft plötzlich ab, weil die Unterlage nicht die richtige war. *Acer platanoides* wächst am besten auf Sämlingen derselben Art.

Auch *Azalea indica* entwickelt sich gut auf *Rhododendron*, aber dies gilt nicht von allen *Azalea*-Sorten.

Als beste Unterlage für eine Obstsorte gilt im allgemeinen der Sämling der gleichen Rasse¹⁾.

¹⁾ LÖBNER, M., Grundzüge der Pflanzenvermehrung. 2. Aufl. 1915, p. 42.

Warum oft nah verwandte Rassen einer Art oft schwer miteinander verwachsen, wissen wir derzeit nicht. Hier wird vielleicht einmal die chemische Untersuchung Aufschluß geben. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß spezifische, die Rasse auszeichnende Stoffe hier eine hemmende Rolle spielen, vielleicht sogar eine Giftwirkung äußern.

Wir können mit VÖCHTING Verbindungen, die leicht gelingen, harmonische, die schwer oder gar nicht gelingen, disharmonische nennen. Bei Disharmonie geht das Reis alsbald zugrunde, während der Wildling erhalten bleibt. Zwischen harmonischen und disharmonischen Verbindungen gibt es auch Übergänge, dem manchmal nimmt die Unterlage das Reis an, dann aber treten Störungen ein, die sich in verschiedener Weise geltend machen können. Entweder es entsteht an der Verbindungsstelle ein oft mächtiger Wulst oder es entwickeln sich am Grunde des Reises in feuchter Luft Wurzeln — ein Beweis, daß in einem solchen Reis infolge der Polarität die Neigung besteht, sich von der Unterlage unabhängig zu machen und sich zu einem selbständigen Individuum zu entwickeln. Auch ist es möglich, daß durch Stoffe, die aus dem Reis in die Unterlage und umgekehrt gelangen, Stoffwechselstörungen eintreten, die gleich einer Vergiftung wirken und das Absterben der Verbindung bewirken.

Warum sich manche Gattungen und Arten durch Veredlung vereinigen lassen, andere nicht, ist derzeit nicht zu beantworten, wahrscheinlich vermögen schon geringe Unterschiede in der Zusammensetzung der lebenden Substanz die Verwachsung unmöglich zu machen. Abgesehen davon können aber schon aus mechanischen Gründen manche Veredlungen versagen. Ich habe vorhin erwähnt, daß der Efeu leicht auf Aralia gepfropft werden kann; es ist aber ohne weiteres begreiflich, daß das Umgekehrte auf die Dauer unmöglich ist, da der dünnstengelige Efeu nicht für den kräftigen und stark in die Dicke wachsenden Aralia-Stamm als Unterlage dienen kann.

Zwischenpfropfung. In der Obstkultur wurde oft die Beobachtung gemacht, daß gewisse Birnensorten auf der Quitte schlecht wachsen. In solchen Fällen wendet man die sogenannte Zwischenveredlung an, d. h. man veredelt zunächst auf der Quitte eine leicht anwachsende Birnensorte und auf diese diejenige Sorte, die sich mit der Quitte schwer vereinigt.

c) Normale Lage. Das Reis muß, wenn die Verwachsung gut und dauernd gelingen soll, in normaler Lage mit dem Wildling verbunden werden, d. h. der Wurzelpol (die Basis) des Edelreises muß auf den Sproßpol (die Spitze) der Unterlage zu liegen kommen. Veredelt man den als Reis dienenden Zweig oder das Auge verkehrt, indem man oben mit unten vertauscht, so treten offenbar unter dem Einflusse der Polarität Störungen ein, die die Verwachsung erschweren und zu ganz auffallenden Geschwulstbildungen führen. VÖCHTING¹⁾ hat darüber eingehende Untersuchungen angestellt und eine Reihe interessanter Tatsachen festgestellt. Wurden z. B. Ulmenwurzeln in normaler Lagerung aufeinander veredelt, so trat Verwachsung unter geringer Kallusbildung ein, umgekehrt transplantierte Stücke ergaben Verwachsung mit mächtiger Geschwulst.

Wird ein Rindenring bei Cydonia abgetragen und dann auf die entblößte Stelle verkehrt eingesetzt, d. h. so, daß der früher obere Rand jetzt

¹⁾ VÖCHTING, H., Über Transplantation usw., I. c. p. 45.

nach unten zu liegen kommt, so tritt zwar leicht Verwachsung ein, allein alsbald treten am oberen Rande des Ringes und an der Basis des oberen Stückes der Unterlage Geschwülste (Fig. 127) auf und nach 4 bis 5 Jahren stirbt stets der oberhalb der Ringelung gelegene Zweig oder das Zweigsystem bis zur Basis des Ringes ab, falls es nicht dem Zweige gelingt, in der krankhaften Geschwulst eine Längsleiste normalen, gesunden Gewebes zu bilden.

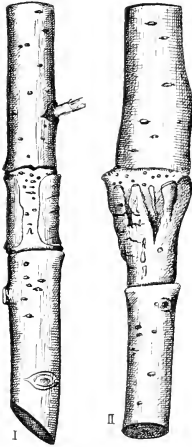


Fig. 127.

Cydonia japonica.

Zweig I mit normal eingesetztem und II mit verkehrt eingesetztem Rindenring. In beiden Fällen tritt Verwachsung ein, bei II aber mit nachträglich ganz abnormer Wulstbildung. Natürliche Größe. Nach VÖCHTING.

Es gibt aber noch eine Art von Veredlungsgeschwülsten, die auf dem ungleichen Dickenwachstum von Reis und Unterlage beruht, also nichts Krankhaftes an sich hat. Auf gewissen Birnensorten, die auf Quitte und bei Apfelsorten, die auf Doucin oder Paradies veredelt sind, tritt oft ein starker Wulst auf. Pfirsiche, auf der Mandel veredelt, zeigen regelmäßig die Wulstbildung, auf Pflaumen aber nicht. Wächst das Reis stärker in die Dicke als die Unterlage, so entsteht der Wulst oberhalb der Veredlungsstelle, wächst der Wildling stärker, dann bildet sich der Wulst unterhalb der Veredlungsstelle.

Auch wenn Unterlage und Reis gleich stark in die Dicke wachsen, besteht eine gewisse Neigung zur Wulstbildung am Grunde des Reises, da die Vereinigungsstelle nicht ganz aus normalem Gewebe besteht und die Verwachsung nicht immer eine vollkommene ist. Die von oben kommenden Assimilate erleiden infolgedessen eine Stauung und rufen hier ein starkes Dickenwachstum hervor.

Beziehungen zwischen Reis und Unterlage.

Reis und Wildlinge verwachsen so innig, daß sie sich wie eine Einheit verhalten. Das Reis ersetzt die Krone der Unterlage, seine Blätter assimilieren und geben die Assimilate der Unterlage nach Bedarf ab. Der Wildling hingegen verankert das Ganze im Boden, entnimmt aus diesem das Wasser mit den darin gelösten Mineralsalzen, überläßt sie dem Reis, ist aber bezüglich der organischen Stoffe wie ein Parasit auf das Reis angewiesen. Wir haben hier einen typischen Fall einer künstlichen Symbiose, den man als Pfropfsymbiose bezeichnet.

Es entsteht nun die Frage: übt das Reis einen Einfluß auf die Unterlage, oder die Unterlage auf das Reis? Und wenn ja, welcher Art ist dieser Einfluß?

Am leichtesten dürften diese Fragen wohl entschieden werden können, wenn man möglichst verschiedene Pflanzen miteinander durch Pfropfung verbindet, wie dies hauptsächlich von VÖCHTING¹⁾ und anderen in folgenden Fällen versucht wurde.

¹⁾ VÖCHTING, H., Über Transplantation. I. c. p. 85.

a) Bei den diöcischen Pflanzen sind die Geschlechter getrennt. Es gibt Weibchen und Männchen. Veredelt man ein Reis von einem weiblichen Ginkgo (*Salisburya*) auf den Ast eines männlichen, so behalten die beiden Symbionten ihr Geschlecht bei und man bemerkt nicht, daß unter dem wechselseitigen Einfluß von Reis und Unterlage die Sprosse monöcisch werden. Dieselbe Beobachtung kann man auch bei *Mercurialis annua*, *Aucuba japonica* und anderen diöcischen Pflanzen machen.

b) Veredelt man farbige *Coleus*-Varietäten auf rein grüne, so behalten Reis und Unterlage ihre eigenen Farben bei. Es entstehen keine Mischlinge. *Tradescantia*- und Runkelrübenrassen ergeben dasselbe.

c) Verbindet man Rübenrassen verschiedener Größe oder verschiedener Form, so behält jeder Teil seine typischen Eigenschaften).

GAILLARD²⁾ veredelte die Früchte verschiedener Kürbisformen aufeinander und zwar sowohl die ganzen Früchte als auch ihre Teile, aber stets trotz der ausgezeichneten Verwachsung mit dem Erfolg, daß jede Form ihre Eigenschaften bewahrte (Fig. 128).

d) Die Kultur der Zwergobstbäume beruht unter anderem darauf, daß eine üppigwachsende Form, z. B. die Birne, auf eine strauchartig wachsende Unterlage, z. B. auf die Quitte, veredelt wird. Hier findet insofern eine Beeinflussung statt, als die Quitte als Unterlage mit ihrem schwachen Wurzelsystem das energische Wachstum der Birne bündigt und diese zu einer schwachen Ausbildung der Krone zwingt. Ein solcher Zwergbaum beginnt schon im vierten Jahre oder früher Früchte zu tragen, er ist weniger widerstandsfähig und erreicht kein so hohes Alter wie ein auf einem Birnensämling veredeltes Birnenreis. All diese unter dem Einflusse der Unterlage (Quitte) sich geltend machenden Eigenschaften sind insgesamt quantitativer, aber nicht spezifischer Natur.

Ähnlich wie die Quitte und Birne verhalten sich auch die anderen Zwergbäume: Apfel, Pfirsich, Pflaume und Mandel. Man verwendet immer, wenn man einen Zwergbaum heranziehen will, als Grundstock eine strauchige oder niedrige Form. Will man hingegen starke Bäume, dann verwendet man kräftig wachsende Unterlagen.

Auch Größe und Geschmack können sich unter dem Einfluß des Wildlings ändern. Nach THOUIN haben die Früchte des Kirschbaumes einen ganz verschiedenen Geschmack, je nachdem das Reis auf *Prunus mahaleb*, *P. Laurocerasus* oder auf *P. avium* gepfropft wird.

Das Alter kann gleichfalls beeinflußt werden. Die *Pistacia* erreicht als Sämling ein Alter von höchstens 150 Jahren, auf *P. Terebinthus* veredelt ein Alter von 200 und auf *P. lentiscus* nur eines von etwa 40 Jahren.

e) Besonderes Interesse müssen Pfropfsymbiosen zwischen zwei voneinander sehr abweichenden Gattungen gewähren.



Fig. 128.
Verbindung
der Früchte
dreier Kürbis-
formen. nach
GAILLARD.
a gelbe, b grüne,
c weiße Frucht.

¹⁾ VÖCHTING, H., Über Transplantation usw., l. c. p. 97.

²⁾ CARRIÈRE, E. A., Greffer des Cucurbitacées. Revue horticole. Paris 1875.

Ich habe im Anschluß an STRASBURGER¹⁾ zahlreiche Versuche nach dieser Richtung mit verschiedenen Solanaceen-Gattungen unternommen und darüber folgende Beobachtungen gemacht²⁾.

Häufig zeigte sich, daß die Kartoffel, wenn sie auf *Solanum lycopersicum* veredelt wurde und dann keine Gelegenheit hatte, ihre reichlich erzeugten Assimilate (Stärke) in Bodenknollen abzulegen, in den Achseln der Blätter kleine Knollen erzeugte, deren Niederblätter ziemlich groß waren und eine Neigung zu Laubblattnatur aufwiesen. An den Wurzeln der Unterlage entstanden aber nie Knollen.

Der auf Kartoffelstecklingen veredelte Stechapfel (*Datura*), die Judenkirsche (*Physalis*) und der Tabak (*Nicotiana*) entwickelten sich gut, besonders auffallend war in Übereinstimmung mit STRASBURGERS Versuchen die überaus kräftige Entwicklung der *Datura*. Ihr Stengel erreichte die 3—4fache Dicke derjenigen der Unterlage. In allen diesen Fällen bildet die Kartoffel Knollen, deren Reservestoff ganz durch die Assimilate des Impflings beschafft wurden. Die Knollen waren aber wesentlich nicht beeinflußt, sie hatten normale Gestalt und Farbe.

CARRIÈRE hat behauptet, daß die gewöhnliche Sonnenrose (*Helianthus annuus*), wenn auf ihr die knollige Sonnenrose (*H. tuberosus*) veredelt wird, veranlaßt werde, Knollen zu bilden. Wenn dem so wäre, dann könnte man darin allerdings eine auffallende Beeinflussung erblicken. VÖCHTING³⁾ aber zeigte, daß CARRIÈRES Beobachtung auf einer Täuschung beruhen müsse und ich⁴⁾ selbst habe den Versuch mehrmals wiederholt, und fand, daß *Helianthus annuus* als Unterlage nie Knollen bildete, daß hingegen solche stets gebildet wurden, wenn die Knollen-Sonnenrose als Unterlage diente.

Eine Beeinflussung der spezifischen Natur der Unterlage oder des Reises habe ich niemals beobachten können; wenn Abweichungen vorkamen, so handelte es sich lediglich um durch Ernährung hervorgerufene Änderungen quantitativer Art. Dies steht in Übereinstimmung mit den Versuchen STRASBURGERS, VÖCHTINGS, WINKLERS und der gärtnerischen Erfahrung. Zwar wird von anderer Seite (DANIEL) das Gegenteil behauptet, allein wer WINKLERS⁵⁾ erschöpfende und kritische Übersicht aller einschlägigen Angaben liest, wird zugeben müssen, daß ein Beeinflussungsbastard (im Sinne WINKLERS) mit Sicherheit bisher nicht bekannt geworden ist.

f) Die infektiöse Panachure. Diesem eben mitgeteilten Schlußsatz scheint die Erfahrung zu widersprechen, die man mit Pfropfungen panaschierter Malvaceen gemacht hat. Was man unter Panachure (Albication, Buntblättrigkeit) versteht, wurde bereits auf p. 11 auseinandergesetzt. Hier sei nur ergänzend bemerkt, daß die Panaschierung der Blätter in verschiedener Weise auftreten kann: die grüne Spreite ist weiß oder gelb gefleckt, oder ebenso gebändert oder ebenso umrandet. Diese Scheckigkeit beruht im wesentlichen auf dem teilweisen oder völligen

¹⁾ STRASBURGER, E., Über Verwachsungen und deren Folgen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1885, p. XXXIV.

²⁾ MOLISCH, H., Pfropfungen. Naturwissensch. Zeitschr. „Lotos“. Prag 1896.

³⁾ VÖCHTING, H., Über die durch Pfropfen herbeigeführte Symbiose des *Helianthus tuberosus* und *H. annuus*. Sitzber. d. K. preuß. Akad. d. Wiss. z. Berlin 1874, p. 705.

⁴⁾ MOLISCH, H., Pfropfungen, l. c.

⁵⁾ WINKLER, H., Untersuchungen über Pfropfbastarde. I. Teil. Jena 1912.

Mangel des Blattgrüns an den weißen, mattgrünen und gelben Stellen. Sie wird noch erhöht, wenn solche Blätter auch Anthokyan führen und dieser Farbstoff nicht gleichmäßig, sondern insel-, punkt- oder streifenförmig verteilt ist, wie das bei *Coleus*-, *Croton*- und *Caladium*-Arten vorkommt.

Die Panachure tritt in der Natur auch bei wildwachsenden Pflanzen zuweilen auf, und die Gärtner haben seit langem solche Gewächse wegen ihres auffallenden Aussehens in Kultur genommen. Ein Blick in eine größere Gartenanlage zeigt, daß wir bereits von den meisten Gehölzen und auch von vielen krautartigen Pflanzen panaschierte Formen der gewöhnlichen Arten besitzen.

Unter Panaschierung werden gewöhnlich zwei Erscheinungen zusammengefaßt, die voneinander wesentlich verschieden sind und nur eine oberflächliche Ähnlichkeit haben. Die eine, die infektiöse Panaschierung¹⁾, ist selten, nicht samenbeständig und durch Pfropfung auf rein grüne, gesunde Pflanzen übertragbar. Diese Art der Panachure muß als Krankheit betrachtet werden. Die andere ist nicht infektiös²⁾, mehr oder weniger samenbeständig und gehört in die Reihe der Blattvariationen³⁾.

Diese letztere Panachure beruht auf unbekanntem, inneren Ursachen. Sie kann aber durch äußere Bedingungen⁴⁾ bis zu einem gewissen Grade beeinflußt werden, z. B. durch Licht und Temperatur. Das Licht begünstigt sehr häufig die Panachure: *Sanchezia nobilis* zeigt in starkem Lichte breite gelbe Blattrippen, im Schatten aber tritt diese Art der Panachure ganz zurück. *Aletris* und *Tradescantia* erscheinen um so stärker panaschiert, je stärkerem Lichte sie ausgesetzt waren. Dasselbe gilt auch von der infektiösen Panachure von *Abutilon* und *Evonymus japonica*, besonders von *E. j. aureo-maculata*, *E. fastigiata aurea* und *E. j. sulfureo-marginata*. In seltenen Fällen kann durch niedere Temperatur die Panachure in hohem Grade verstärkt werden, so bei einer Kohlvarietät⁵⁾ und einer Gartenform von *Funkia*⁶⁾.

Magerer, trockener Boden begünstigt gleichfalls in vielen Fällen die Panachure.

Die Erscheinung der infektiösen Panachure wird in der älteren Literatur für *Jasminum*, *Fraxinus*, *Castanea* und insbesondere für *Malvaceen*

1) LINDEMUTH, H., Vegetative Bastarderzeugung durch Impfung. Landw. Jahrb. Berlin 1878, Heft 6.

Derselbe, Sitzber. d. Ges. naturf. Freunde z. Berlin. 1870 u. 1871, und Gartenflora 1897, 1899, 1900, 1901, 1902, 1904.

VÖCHTING, H., Über Transplantation usw., l. c. p. 13, 22 u. 92.

BAUR, E., Zur Ätiologie der infektiösen Panaschierung. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1904, p. 453.

Derselbe, Über die infektiöse Chlorose der *Malvaceen*. Sitzber. d. K. preuß. Akad. d. Wiss. 1906, p. 11.

2) TIMPE, H., Panaschierung und Transplantation. Jahrb. d. Hamburger wiss. Anstalten. Bd. 24, 1906, 3. Beiheft. Hamburg 1907.

Derselbe, Beitr. z. Kenntnis d. Panaschierung. Diss. Göttingen 1900.

3) KÜSTER, E., Pathologische Pflanzenanatomie. 2. Aufl. 1916, p. 9.

4) LINDEMUTH, H., Vegetative Bastarderzeugung. l. c. p. 9.

5) MOLISCH, H., Über die Panachure des Kohls. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1901, p. 32.

6) FIGDOR, W., Über die panaschierten u. dimorphen Laubblätter einer Kulturform von *Funkia lanceifolia*. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. i. Wien. Bd. 123. Jg. 1914.

angegeben, mit Sicherheit festgestellt wurde sie bisher für die zuletzt erwähnte Familie und ferner durch BAUR¹⁾ für Laburnum, Sorbus, Ptelea, Fraxinus, Evonymus und Ligustrum. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß in Zukunft noch andere Beispiele von infektiöser Panachure werden nachgewiesen werden können.

Am genauesten wurden sie bei *Abutilon* untersucht. 1868 tauchte in einer englischen Gärtnerei unter einer Sammlung von aus Westindien bezogenen *Abutilon*-Pflanzen ein Exemplar von *A. striatum* Dicks. anstatt mit rein grünen Blättern mit gelb und grün marmorierten Blättern auf. Die Pflanze, die den Namen *Abutilon Thompsonii* erhielt, wurde dieser Besonderheit wegen eifrig vermehrt, kam nach Frankreich und hier machte der Züchter Lemoine 1869 die Beobachtung, daß sich die Panachure durch Veredeln auf rein grüne Formen anderer *Abutilon*-Arten übertragen läßt. Wenn auf die grüne Unterlage einer für die Krankheit empfänglichen *Abutilon*-Art ein Sproß oder auch nur ein Blatt der panaschierten Form aufgepfropft wird, so bleiben zwar die schon vorhandenen Blätter des Wildlings grün, aber die nach eingetretener Verwachsung sich aus den Knospen neu entwickelnden Blätter werden panaschiert. Die Ansteckung erfolgt auch, wenn die panaschierte Form als Unterlage und die grüne als Reis dient. Interessant ist, daß blattlose Reiser erst dann zu infizieren vermögen, nachdem sie bunte Blätter gebildet haben.

Nicht alle Malvaceen sind nach LINDEMUTHS Untersuchungen für die infektiöse Panachure gleich empfänglich. So ist *Lavatera arborea* L. gar nicht, *Kitaibelia vitifolia* Willd. in einzelnen Exemplaren empfänglich, in anderen nicht, *Abutilon striatum* Dicks., *A. Sellowianum* Reg. und *A. indicum* (L.) Don. u. a. sind durchwegs infizierbar.

Die Übertragung erfolgt nur durch Pfropfen, aber nicht durch Samen. BAUR verdanken wir die interessante Tatsache, daß man scheckige Exemplare von *Abutilon* in rein grüne umwandeln kann²⁾. Wenn man alle gelben Flecke in den Blättern ausschneidet und in den zunächst aus den Knospen hervorbrechenden Blättern diesen Vorgang wiederholt, so bringt die Pflanze dann nur rein grüne Blätter hervor und sie bleibt dann dauernd grün.

Es gibt aber noch einen zweiten Weg, um dies Ziel zu erreichen. Man verdunkelt alle assimilierenden Blätter einer bunten Pflanze, wiederholt dies auch bei den neu austreibenden Blättern, ehe sie zu assimilieren beginnen, und erhält dadurch schließlich dauernd rein grüne Pflanzen.

Panaschierte *Abutilon*, die ich in einem Warmhause hielt, das während der Wintermonate nur diffuses Licht erhielt, büßten die Panaschierung an den jungen austreibenden Blättern fast ganz oder ganz ein. Man kann also durch schwaches Licht die Pflanzen von der Panachure befreien.

Was ist nun die Ursache der infektiösen Panachure? Aus BAURS Untersuchungen wird es nahezu gewiß, daß die Krankheit nicht durch einen Parasiten hervorgerufen wird. MOLISCH³⁾ hat *Abutilon Thompsonii* daraufhin auch untersucht und kam zu gleichem Resultate.

Es gibt eine der infektiösen Panachure ähnliche Krankheit beim

¹⁾ BAUR, E., Pfropfbastarde. *Biolog. Zbl.* 1910, p. 514.
Derselbe, *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* 1906, 1907, 1908.

²⁾ BAUR, E., Pfropfbastarde. *Biol. Zbl.* 1910, p. 511.

³⁾ MOLISCH, H., Über Ultramikroorganismen. *Bot. Ztg.* 1908. Jg. 66, p. 133.

Tabak, die man, weil sie sich durch Fleckigwerden der Blätter äußert, als Mosaikkrankheit bezeichnet. Für diese Krankheit hat es BEIJERINCK¹⁾ wahrscheinlich gemacht, daß ein diffusibler Giftstoff, ein Virus, die Krankheitsursache darstellt und BAUR hat dieselbe Ansicht auch für die infektiöse Panachure zu begründen versucht²⁾. Er nimmt an, daß es sich in den infektiösen, panaschierten Pflanzen um ein Stoffwechselprodukt handelt, das unter dem Einflusse des Lichtes die Fähigkeit des „Wachsens“ besitzt, „d. h. Stoffe, die mit ihm chemisch gleich sind, aus anderen Verbindungen abzuspalten oder Stoffe dieser Art synthetisch neu aufzubauen“ vermag.

Zwischen der Panaschierung und der Mosaikkrankheit des Tabaks und anderen Pflanzen besteht insofern ein Unterschied, als die Panachure sich nur durch Pfropfung übertragen läßt, während die Mosaikkrankheit schon durch den bloßen Saft verbreitet werden kann.

Nach der dargelegten Sachlage können also auch die infektiös panaschierten Pflanzen nicht als Pfropfhybriden gedeutet werden, denn nach allen Erfahrungen handelt es sich hier um eine übertragbare Krankheit, die durch einfache Mittel auch geheilt werden kann.

g) Chimären. Die vorhergehende Darstellung hat gezeigt, daß es nach der gewöhnlichen Methodik des Pfropfens bisher nicht gelang, einen Pfropfbastard herzustellen. Die Sache trat aber in ein neues Stadium, als es WINKLER³⁾ 1907 zuwege brachte, durch Pfropfen zweier verschiedener Arten, also auf einem anderen als geschlechtlichem Wege, ein Lebewesen zu gewinnen, das bei völlig einheitlichem Gesamtwachstum die Eigenschaften beider Stammeltern gleichzeitig aufweist.

WINKLER ging von dem Gedanken aus, daß man, wenn man Pflanzenmischlinge auf ungeschlechtlichem Wege erzeugen will, trachten müsse, aus dem Verwachsungsgewebe der Pfropfstelle Adventivsprosse zu erhalten, die sich aus Teilen beider Eltern aufbauen. Er benützte für seine Zwecke die Neigung gewisser Solaneen, aus dem Kallus des Stengels Adventivsprosse zu bilden. Wird ein Keimling von *Solanum lycopersicum* (Tomate) geköpft und werden die dann entstehenden Seitentriebe insgesamt entfernt, so entstehen auf der Schnittfläche des Stengels aus dem sich bildenden Kallus Adventivsprosse. Setzt man gleich nach der Köpfung eines so behandelten Tomatenkeimlings durch Kopulation, Sattel- oder Keilpfropfung in die Schnittfläche einen Trieb von *Solanum nigrum* (Nachtschatten) ein, so erfolgt nach einiger Zeit gute Verwachsung. Nun wird die Verwachsungsstelle so quer durchgeschnitten, daß die Schnittfläche zum Teil aus dem Gewebe der Unterlage, zum Teil aus dem des Reises besteht. Entfernt man dann die neu entstehenden Seitentriebe, so bilden sich aus der Schnittfläche neue Adventivsprosse. Bei mehrhundertmaliger Wiederholung des Versuches kam es manchmal vor, daß

¹⁾ BEIJERINCK, M. W., Über das Contagium vivum fluidum als Ursache der Fleckenkrankheit der Tabakblätter. Zbl. f. Bakt. usw. 2. Abt., Bd. 5, 1899, p. 27.

²⁾ BAUR, E., Über die infektiöse Chlorose usw., l. c. p. 16.

³⁾ WINKLER, HANS, Über Pfropfbastarde und pflanzliche Chimären. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1907, p. 568.

Derselbe, *Solanum tubingenense*, ein echter Pfropfbastard zwischen Tomate und Nachtschatten. Ebenda 1908, p. 595.

Derselbe, Weitere Untersuchungen über Pfropfbastarde. Ztschr. f. Bot. 1909, p. 315.

Derselbe, Über Pfropfbastarde, Vortrag. Ges. Deutsch. Naturf. usw. 1911. Leipzig.

Derselbe, Untersuchungen über Pfropfbastarde. 1. Teil. Jena 1912.

neben vielen gewöhnlichen Sprossen an der Grenzzone von Unterlage und Reis ein Sproß auftrat, der rechts aus Nachtschatten-, links aus Tomatengewebe bestand (Fig. 129 und 130). In Anknüpfung an die bekannten antiken Fabelwesen, die halb Mensch, halb Tier waren, nannte WINKLER dieses Doppelwesen Chimäre.

Bei weiterer Ausdehnung dieser Versuche, bei denen auch, dem eben geschilderten Experimente entgegengesetzt, als Unterlage der Nachtschatten und als Reis Tomate verwendet wurde, gewann WINKLER eine

ganze Reihe von Zwischenformen zwischen Nachtschatten und Tomate, die voneinander deutlich verschieden waren und sich bald dem einen, bald dem anderen Elter näherten. Darunter auch eine Form, die etwa so aussah, wie ein auf geschlechtlichem Wege erzeugter Bastard zwischen Tomate und Nachtschatten aussehen würde, wenn es gelänge, einen solchen herzustellen. WINKLER nannte diese Form *Solanum tubingense*¹⁾.



Fig. 129.

Chimäre, gewonnen durch Pfropfung von *Solanum nigrum* auf *S. lycopersicum*. Das *S. nigrum*-Gewebe ist punktiert. In der Pfropfstelle der eingesetzte *Sol. nigrum*-Keil K. Nach WINKLER.



Fig. 130.

Chimäre. *a* Blatt von *Solanum nigrum*; *l* Blatt von *Solanum lycopersicum*; *c* Blatt der Chimäre. Nach WINKLER, H.

Sie vereinigt nicht nur im Blatte, sondern auch in der Blüte und Frucht die Eigenschaft der Eltern.

Dieser überraschende Erfolg WINKLERS lenkte die Aufmerksamkeit von neuem auf drei vielgenannte Pflanzen, auf *Cytisus Adami*, *Crataegomespilus* und die *Bizzarria*, die schon lange als Pfropfhybriden hingestellt wurden, ohne daß aber dafür ein Beweis erbracht worden wäre.

Cytisus Adami trat im Jahre 1825 in der Baumschule des Gärtners Adam zu Vitry bei Paris als Adventivsproß einer Pfropfung von *Cytisus purpureus* und *C. laburnum* an. *Cytisus laburnum*, der Goldregen, hat schwefelgelbe, *C. purpureus* purpurrote Blüten und der Mischling hält die Mitte zwischen seinen Eltern; seine Blüten haben eine schmutzig gelbrote Mischfarbe. Von großem Interesse ist, daß der Mischling Rückschläge zu den Eltern zeigt, in der Art, daß Zweige auftreten, die ohne Übergang reine *C. laburnum*- oder reine *C. purpureus*-Zweige waren. *Cytisus Adami* von neuem zu erzeugen, gelang bisher nicht.

¹⁾ WINKLER, HANS, *Solanum tubingense*, l. c.

*Crataegomespilus*¹⁾ ist eine Zwischenform zwischen der Mispel *Mespilus germanica* und dem Weißdorn *Crataegus monogyna*, entstanden 1900 an einer 100 Jahre alten Pfropfung der Mispel auf dem Weißdorn im Dardarschen Garten zu Bronvaux bei Metz. Am noch vorhandenen Mutterbaum ließ sich mit Sicherheit feststellen, daß die Zwischenform als Adventivsproß an der Stelle des Stammes entstand, wo das Mispel- und Weißdorngewebe aneinander grenzte. Es existieren drei verschiedene Zwischenformen — eine davon zeigt Fig. 131 — zwischen den beiden erwähnten Stammpflanzen und diese Formen zeigen gleichfalls Rückschläge zu dem einen oder anderen der Eltern.

Die *Bizzarria*²⁾ entstand 1640 im Garten Torre degli Agli der Panciatichi zu Florenz, und zwar sei nach der Aussage des Gärtners gelegentlich einer Pfropfung zwischen Orange und Zitrone „auf dem Wulst veralteter Okulierungen durch Ausschlag das Gewächs entsprungen“. Die Zwischenformen geben sich in den Blättern, Blüten und Früchten zu erkennen. Die Mischfrüchte erscheinen als Zitronen in Orangeschalen oder umgekehrt, oder in einzelnen, wenigen Fächer als Zitrone und in den anderen als Orange.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß der *Cytisus Adami*, die *Crataegomespili* und die *Bizzarria* in ihrem Verhalten eine auffallende Ähnlichkeit mit dem von WINKLER erzeugten *Solanum tubingense* haben, und es ist mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, daß man es bei diesen Pflanzen mit Chimären zu tun hat. Sie ähneln in ihrer Entstehung, sie spalten ähnlich wie *Solanum*-Chimären häufig vegetativ in ihre Stammeltern oder in einen derselben und lassen sich nicht durch Samen fortpflanzen. Aus Samen von *S. tubingense* gehen nur *S. nigrum*-Keimlinge, aus denen von *Cytisus Adami* nur *C. laburnum*- und aus denen von *Crataegomespilus* nur *Cr. monogyna*-Pflanzen hervor.

Wie sind nun diese Chimären entstanden? Verdanken sie ihre Bildung einer Vereinigung des plasmatischen Inhaltes und der Kerne zweier benachbarter Zellen der beiden Stammeltern oder legen sich die Zellen der beiden Symbionten einfach nebeneinander, um einen neuen Vegetationspunkt zu bilden? Im ersteren Falle hätte man es mit einem wirklichen Pfropfbastard zu tun, im letzteren Falle mit einer vegetativen Bildung.

Beobachtungen, die BAUR³⁾ an weiß panaschierten *Pelargonium zonale*-Pflanzen gemacht hat, haben den Schlüssel für das Verständnis der sogenannten Pfropfbastarde geliefert.

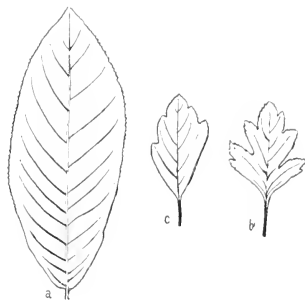


Fig. 131.

Blätter von *Crataegomespilus* und seinen Eltern. *a* Blatt von *Mespilus germanica*; *b* Blatt von *Crataegus monogyna*; *c* Blatt der Chimäre *Crataegomespilus Asnierei*. Nach BUDER.

¹⁾ NOLL, F., Die Pfropfbastarde von Bronvaux. Sitzber. d. niederrhein. Ges. f. Naturw. u. Heilkunde. 1905, p. A 20—A 53.

DANIEL, Comptes rend. Paris. T. 149 (1909).

²⁾ PENZIG, O., Studi Botanici sugli Agrumi etc. Annali di Agricoltura. 1887, p. 112.
STRASBURGER, E., Über die Individualität der Chromosomen und die Pfropfhybridentrage. Jahrb. f. wiss. Bot. 44. Bd. 1907, p. 539.

³⁾ BAUR, E., Das Wesen und die Erblichkeitsverhältnisse der „Varietates albo-

Seit langem wird in den Gärtnereien eine Rasse von Pelargonium zonale gezogen, die weiß geränderte Laubblätter hat oder solche, die zur Hälfte oder zur Gänze weiß sind.

BAUR hat nun gefunden, daß diese Pelargonien Vegetationspunkte besitzen, die zur Hälfte grün, zur Hälfte weiß sind, also Chimären darstellen, analog den Chimären WINKLERS. Entstehen Blätter aus der grünen Hälfte (Sektor) des Vegetationspunktes, so sind sie rein grün, entstehen sie aus der weißen Hälfte, so sind sie rein weiß, und wenn sie an der Grenze zwischen Grün und Weiß hervorbrechen, so sind sie weißgrün. BAUR nennt diese Chimären Sektoralchimären (Fig. 132).



Fig. 132.
Vegetationspunkt einer Sektoralchimäre. Dunkel und Hell bedeuten die verschiedenen Gewebe der Eltern. Schematisch. (Original.)

Die beiden Gewebearten müssen aber nicht immer nebeneinander, sondern sie können auch übereinander gelagert sein wie der Handschuh über der Hand. So gebaute Chimären nennt BAUR Periklinalchimären (Fig. 133¹⁾.)

Aus diesem eigenartigen Bau des Vegetationspunktes, von dem sich bekanntlich alle Gewebe und Organe ableiten, ergibt sich die eigentümliche Panachure des Pelargonium mit seinen rein weißen, halb weiß-grünen und weiß umrandeten Blättern. Die Periklinalchimären von Pelargonium sind nicht immer gleich. Es gibt solche, wo nur die äußerste Zelllage der weißen Sippe, alles andere der grünen angehört. Es gibt ein grünes Pelargonium, das in einer weißen Haut steckt. Dann existieren Periklinalchimären, die außen zwei grüne Zellschichten und alles übrige weiß oder die außen zwei grüne Zellschichten und alles übrige bis auf einen innersten Strang weiß haben.

Treten z. B. infolge von Verletzungen Störungen des Vegetationspunktes auf, dann können die inneren Gewebe nach außen treten, die innere, grüne Pflanze schaut wie durch ein Loch in der weißen Haut heraus, und wenn zufällig über einem solchen Loch ein seitlicher Vegetationspunkt entsteht, so kann ein rein grüner Sproß und damit eine vegetative Aufspaltung der Chimäre auftreten.

Wenn *Cytisus Adami*, *Crataegomespilus* einen ähnlich gebauten Vegetationspunkt hätten, so müßte sich dies auch in der Anatomie der Pflanzen kundgeben. *Cytisus Adami* ist nun tatsächlich nach der Blattanatomie ein *C. laburnum* mit der Oberhaut von *C. purpureus*. Und das Blatt von *Crataegomespilus Dardari* ist *Crataegus* mit zwei Schichten von *Mespilus* außen²⁾.

marginatae hort.“ von Pelargonium zonale. Ztschr. f. Abstammungs- u. Vererbungslehre, I, 1909, p. 330.

BAUR, E., Piropifbastarde, Periklinalchimären u. Hyperchimären. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1910, p. 603.

¹⁾ Eine strenge Grenze zwischen sektorialen und periklinalen Chimären gibt es nicht, denn der weißbunte Eschenahorn ist nach LAKON als eine hochkomplizierte Chimäre anzusehen, die „an einem Individuum fast alle denkbaren Kombinationen von sektorialen und periklinärer Verteilung von grün und weiß aufweist“. LAKON, G., Die Weißrandpanaschierung von *Acer negundo* L. Zeitschr. f. induktive Abstammung u. Vererbungslehre. 1921, 26, p. 271—284.

²⁾ BAUR, E., Piropifbastarde. Biol. Zbl. 1910, p. 504.

BUDER, J., Ebenda p. 505. Vgl. auch das zusammenf. Ref. BUDERS in „Die Naturwissenschaften“, 1915, p. 6.

Auf Grund seiner Untersuchungen über die Chimären von *Pelargonium* hatte BAUR angenommen, daß die bisher so rätselhaften sogenannten Pfropfbastarde von *Cytisus Adami*, *Crataegomespilus* und *Solanum tubingense* nichts anderes als Periklinalchimären zwischen ihren Stammeltern sind, und gezeigt, daß sich mit dieser Hypothese alle an den Chimären beobachteten Erscheinungen befriedigend erklären lassen.

Den Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung brachte WINKLER¹⁾ durch eine genaue Untersuchung der Zellkerne. Bekanntlich hat jede Pflanze in ihren Kernen eine bestimmte Anzahl von Chromosomen, in den Geschlechtszellen x und in den Körperzellen $2x$. Die Chromosomen sind schleifen- oder hufeisenartige Gebilde des Zellkerns, die besonders bei der Kernteilung mit besonderer Schärfe hervortreten, in einer für jede Pflanzenart charakteristischen Zahl vorkommen und bei der Vererbung eine wichtige Rolle spielen. Der Nachtschatten (*Solanum nigrum*) hat in den Körperzellen 72 und der Paradiesapfel (*S. lycopersicum*) 24. Wenn nun der Vegetationspunkt der Chimären sich aus den beiden verschiedenen Zellen der Eltern aufbauen würde, dann dürfen die Kerne nicht die gleiche Anzahl von Chromosomen haben. In der Tat baut sich der Vegetationspunkt von *S. tubingense* aus Zellen mit der Chromosomenzahl 24 oder 72 auf. In der äußersten Zellschicht war durchwegs die Chromosomenzahl 24, in allen inneren Schichten aber die Zahl 72. Der Vegetationspunkt besteht daher bei *S. tubingense* außen aus Tomaten-, innen aus Nachtschattengewebe (Fig. 133, III). Bei anderen Solanum-

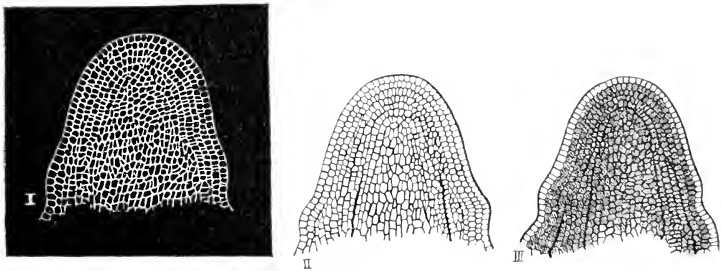


Fig. 133.

Drei Vegetationspunkte von *Solanum*.

I. *Solanum nigrum*; II. *Solanum lycopersicum*; III. *Solanum tubingense*, Periklinalchimäre. — Bei III steckt das *S. lycopersicum*-Gewebe (dunkel) in einer Haut (weiß) von *S. nigrum*-Gewebe. Schematisch. (Original.)

Chimären (*S. Koelreuterianum*) kann es umgekehrt sein, ja es können noch andere Kombinationen auftreten. Die Anordnung entsprach immer den Anforderungen einer Periklinalchimäre.

Die erwähnten WINKLERSCHEN Chimären sind also, soweit bisher genauer untersucht, nicht durch Verschmelzung zweier Körperzellen der Eltern entstanden, denn dann müßten ja die Zellen $72 + 24 = 96$ Chromosomen enthalten.

¹⁾ WINKLER, HANS, Über Pfropfbastarde, l. c.

sondern sie bestehen teils aus reinem Tomaten-, teils aus reinem Nachtschattengewebe, die übereinander gestülpt sind, genau wie die Periklinalchimären von *Pelargonium*.

Nach WINKLERS neuesten Untersuchungen¹⁾ können aber höchstwahrscheinlich neue Formen von Pflanzen auch dadurch hervorgehen, daß der Inhalt zweier artgleicher oder artfremder Körperzellen miteinander verschmilzt. Er nennt solche Pflanzenformen zum Unterschiede von den Chimären Burdonen.

Bei der Vereinigung des Inhaltes zweier artgleicher Zellen tritt eine Verdoppelung der Anzahl der Chromosomen ein und dies hat das Auftreten besonderer Eigenschaften zur Folge. Die Burdonen, welche WINKLER vom schwarzen Nachtschatten und der Tomate erhielt, sind dunkler grün und in allen Teilen kräftiger entwickelt. Er nennt sie deshalb Riesen- oder Gigasformen.

Nennt man Bastard oder Hybride einen durch Vermischung zweier Geschlechtszellen hervorgegangenen Mischling, so würde der Begriff Pfropfhybride oder Pfropfbastard weder auf die Chimären noch auf die Burdonen passen.

Gelänge es in der Zukunft, auf dem von WINKLER eingeschlagenen Wege noch bei anderen Gattungen Chimären und Burdonen zu erzeugen, so wäre dies für die Theorie und Praxis von großer Bedeutung und würde nach beiden Richtungen verheißungsvolle Perspektiven erwecken.

Der Gärtnerei würde, wie WINKLER²⁾ auseinandergesetzt hat, ein großer Dienst geleistet werden, wenn es gelänge, Chimären zwischen gärtnerisch wichtigen Pflanzen zu erzeugen und die Chimärenbildung in den Dienst der Züchtung von Nutzpflanzen zu stellen. Vielleicht kommt es dazu, Früchte zu gewinnen, in denen Birne und Apfel analog wie bei der *Bizzarria* zonenweise abwechseln.

Die Chimärenforschung hat gelehrt, daß man einer Pflanze eine artfremde Haut verschaffen kann und damit eröffnet sich die Aussicht, die Pflanze gegen pilzliche und tierische Feinde zu schützen, vorausgesetzt, daß die neue Haut widerstandsfähiger wäre als die alte. Dies wäre namentlich für Kartoffel, Tabak, Tomate, Weinstock und andere Kulturpflanzen, die viel unter Pilzen und Tieren zu leiden haben, von großem Werte. Welch wichtigen Fortschritt würde es z. B. bedeuten, wenn man eine Chimäre zwischen unserer einheimischen und der reblausfesten, amerikanischen Rebe erzeugen könnte, eine Chimäre, die der Reblaus erfolgreich widersteht! Dies alles klingt noch wie Zukunftsmusik, aber es unterliegt keinem Zweifel, daß die Chimärenforschung der Praxis nützliche Dienste leisten kann.

Vorteile, die die Stecklingszucht und Veredlung gewähren.

Es wurde schon früher (p. 222) darauf aufmerksam gemacht, daß durch die ungeschlechtliche Fortpflanzung die Eigenschaften der Mutterpflanze unverändert übertragen werden.

Von dieser Tatsache macht der Gärtner seit langem ausgedehnten Gebrauch, denn sowie er an einer Pflanze irgendeine neue Eigenschaft bemerkt, eine ihm wertvoll erscheinende Varietät, sei es im Wuchs, in der Farbe, in der Form der Blätter, im Bau der Blüte oder in der Qualität

¹⁾ WINKLER, HANS, Über die experimentelle Erzeugung von Pflanzen mit abweichenden Chromosomenzahlen. Zeitschr. f. Bot. 1916, p. 417—531.

²⁾ WINKLER, HANS, Die Chimärenforschung als Methode der experimentellen Biologie. Sitzber. d. physik.-mediz. Ges. z. Würzburg. Jg. 1913.

der Frucht, dann sucht er sie zu fixieren. Zu diesem Zwecke bedient er sich der Vermehrung durch Stecklinge oder durch Veredlung. Dies spielt in der Gärtnerei eine so große Rolle und ist so allgemein bekannt, daß man darüber nicht viel Worte zu machen braucht. Was ich aber hier hervorheben möchte, ist die Tatsache, daß es bei der Gewinnung von Stecklingen oder der Edelreiser nicht gleichgültig ist, von welchem Orte an einem Individuum der Steckling oder das Reis gewonnen wurde, weil die Erfahrung gelehrt hat, daß der Ort für die Eigenschaften des Nachkommen mitbestimmend ist. Dazu einige Beispiele.

Die Sproßindividualität oder die Erhaltung der Sproßeigenschaften. Der Efeu *Hedera helix* entwickelt zunächst Sprosse, die horizontal oder schief wachsen, deren Blätter 3 bis 5lappig sind, und später blühtragende Sprosse, die aufrecht stehen und eiförmig zugespitzte Blätter tragen. Wenn man nun Stecklinge von den zuletzt genannten Zweigen macht, so entwickeln sich daraus Efeupflanzen, die den Charakter dieser Sprosse bewahren, wie Bäumchen aufrecht wachsen, bald blühen und auch ihre Blattform behalten (Fig. 134). Nur selten entstehen an solchen Efeupflanzen, die in den Gärtnereien, obwohl sie gar keine Varietät darstellen, als *Hedera helix* var. *arborea* bezeichnet werden, die Sprosse der Jugendform.



Fig. 134.
Hedera helix, zweijährige Efeupflanzen. Links die Jugendform, rechts die Baumform, die letztere gezogen aus einem Steckling der Blütenregion. (Original.)

Ein anderes interessantes Beispiel geben die Jugendformen der Cupressineen ab, die sich durch Stecklinge leicht fixieren lassen und Anlaß zu vielen Täuschungen gegeben haben. Es ist bekannt, daß junge Sämlinge von *Biota*, *Chamaecyparis* und *Thuja* andere Blatt- und Sproßformen haben als die der alten Pflanzen (Fig. 135) und daß sich diese Jugendformen durch Stecklinge für immer oder für lange Zeit fixieren lassen. Es werden hierzu die allerersten Seitenzweige der Keimlinge, die aus den Achseln der Kotyledonen oder den der nächst höheren Blätter hervorbrechen, verwendet. Diese Seitenzweige weichen durch erbliche, gestaltliche Eigenschaften von der Mutterpflanze ab und erzeugen, als Stecklinge verwendet, Pflanzen von einem so ganz andern Habitus, daß die Botaniker und Gärtner bezüglich der Abstammung dieser Formen lange Zeit ganz irregeleitet wurden. Solchen Jugendformen begegnete man allenthalben in Gärtnereien, viele wurden von Japan unter besonderen Namen eingeführt und auch die in Europa fixierten Formen wurden als besondere Arten oder Gattungen in den Handel gebracht. So entstand ein höchst unerfreuliches Chaos in der Benennung dieser

Formen. Es ist ein Verdienst BEISSNERS¹⁾, in diesen Wirrwarr Klarheit gebracht und gezeigt zu haben, daß die verschiedenen, fraglichen Arten und Gattungen nichts anderes als die Jugendformen gewisser Koniferen sind.

Thuja occidentalis, *Biota orientalis*, *Chamaecyparis pisifera* und

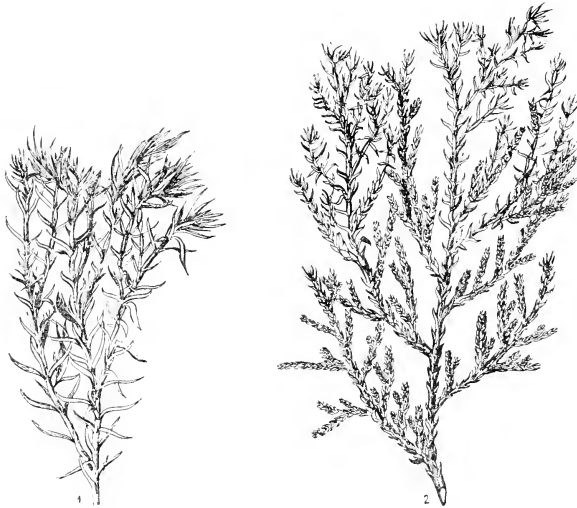


Fig. 135.

1. *Thuja occidentalis ericoides*, Jugendform; 2. *Thuja occidentalis Ellwangeriana*, Übergangsform; zugleich Zweige der Jugendform, wie schuppenblättrige Zweige tragend.
Nach BEISSNER.

Ch. sphaeroidea finden sich in den Baumschulen und Gärten jede für sich unter drei verschiedenen Formen, die als Haupt-, Übergangs- und Jugendform bezeichnet werden. Sie werden heute unter folgenden Namen geführt:

Hauptform	Übergangsform	Jugendform
<i>Thuja occidentalis</i>	<i>Th. occ. Ellwangeriana</i>	<i>Th. occ. ericoides</i>
<i>Biota orientalis</i>	<i>B. or. meldensis</i>	<i>B. or. decussata</i>
<i>Chamaecyparis pisifera</i>	<i>Ch. pisif. plumosa</i>	<i>Ch. pisif. squarrosa</i>
<i>Chamaecyparis sphaeroidea</i>	<i>Ch. sph. Andelyensis</i>	<i>Ch. sph. ericoides</i>

Vor den Untersuchungen BEISSNERS waren diese in der Tabelle angeführten Jugendformen unter den Namen *Retinospora* und *Cha-*

¹⁾ BEISSNER, L., Über Jugendformen von Pflanzen, speziell von Koniferen. Ber. d. Deutsch. bot. Ges. 1888, Bd. VI, p. LXXXIII.

Derselbe, Handbuch der Nadelholzkunde, Berlin 1909, 2. Aufl.

Derselbe, Handbuch der Koniferenbenennung, Leipzig 1887.

JÄGER u. BEISSNER, L., Die Ziergehölze. 3. Aufl. 1889.

maccyparis geläufig; wer sich dafür interessiert, findet Genaueres darüber in den Schriften BEISSNERS.

Merkwürdigerweise bilden diese Jugendformen gewöhnlich keine Samen; daher mußte ihre Abstammung von neuem durch Wiedererziehung aus Stecklingen nachgewiesen werden. BEISSNER machte zu diesem Zwecke Aussaaten von zahlreichen Cupressineen, verwendete die dicht über den Keimblättern auftretenden Seitentriebe als Stecklinge und gelangte so zu den verschiedenen, sogenannten Retinosporen. Zu jeder Jugendform konnte er auch eine Übergangsform finden, die beiderlei Zweige, die des jungen Sämlings und die der erwachsenen Pflanze trägt. Falls die Übergangsform Samen bildet, entsteht daraus wieder die Hauptform, d. h. die normale Pflanze.

Die Jugendformen werden nach fünf bis acht Jahren unansehnlich und sterben ab. Da sie nur in jüngeren Jahren schön sind, so müssen sie immer wieder von neuem durch Stecklinge herangezogen werden.

Araucaria excelsa gehört gegenwärtig wegen des außerordentlich symmetrischen Wachses zu den beliebtesten Zimmerpflanzen. Wie bei der Tanne erhebt sich der radiär gebaute Hauptsproß der *Araucaria* kerzengerade in die Höhe, von ihm gehen quirlig gestellte Seitenäste erster Ordnung aus, deren Zahl im unteren Teil der jungen Achse drei bis vier, etwas höher vier bis sechs oder sogar mehr beträgt. Die Seitenachsen haben rechts und links Seitenglieder der zweiten Ordnung (Fig. 136).

Wenn man bei einer Tanne oder Fichte den Gipfelsproß abschneidet (köpft), so erhebt sich bekanntlich einer der höchstliegenden Seitenäste erster Ordnung nach aufwärts und übernimmt die Rolle des entfernten Hauptsprosses. Das findet bei *Araucaria excelsa* nicht statt. Hier erhebt sich nach Entfernung des Scheitels keine Seitenachse, hingegen vermag die Hauptachse nach Wegnahme des Scheitels aus Blattachsen radiär gebaute Sprosse zu erzeugen, die, als Stecklinge vermehrt, gleich wie ein Kopfsteckling wieder normal gebaute Pflanzen geben. — Wenn aber eine Seitenachse erster oder zweiter Ordnung als Steckling behandelt wird, so tritt Bewurzelung ein, aber niemals verwandelt sich ein solcher Steckling in eine normal gebaute, radiäre Pflanze, sondern er behält oft jahrelang weiter wachsend seine Eigenart bei, wie dies die beiden umstehenden Figuren 137 und 138 deutlich veranschaulichen¹⁾. Falls die Gärtner Arau-



Fig. 136.
Araucaria excelsa. (Original.)

¹⁾ VÖCHTING, H., Über die Regeneration der *Araucaria excelsa*. Jahrb. f. wiss. Bot. 1904. Bd. 40, p. 144.

caria vermehren, benützen sie aus den erwähnten Gründen niemals eine Seitenachse erster oder zweiter Ordnung als Steckling, sondern sie verwenden den Scheitel und erreichen damit zweierlei: 1. erhalten sie eine normale, radiär gebaute Pflanze und 2. gleich eine solche, die schon vier- bis sechsgliedrige Quirle besitzt und im Gegensatz zu einem Sämling gleich von unten dicht belaubt erscheint.

Von *Agathis* (*Dammara*) werden gleichfalls Kopfstecklinge gemacht; denn Seitensprosse bleiben dauernd einseitig und wachsen der Natur eines Seitenzweiges entsprechend fort, ohne je Hauptachsen zu bilden.

Wird *Taxus baccata* durch Stecklinge von Seitenzweigen vermehrt, so erwachsen daraus vom Boden an verzweigte Sträucher mit mehreren, nebeneinander vertikal aufwachsenden, gleichwertigen Achsen.



Fig. 137.
Araucaria excelsa. Seitensproß 1. Ordnung als Steckling gezogen, behält stets seine Eigenart bei. Nach VÖCHTING.



Fig. 138.
Araucaria excelsa. Seitensproß 2. Ordnung als Steckling gezogen, behält seine Eigenart dauernd bei. Nach VÖCHTING.

Thuja gibt aus Seitenzweigen die „flachen“ Bäume, die, aus parallelen Laubschichten bestehend, nur von einer Seite betrachtet, dekorativ erscheinen und, in der dazu senkrechten Richtung angesehen, den „Tag“ durchlassen¹⁾.

Nach HOCHSTETTER²⁾ wachsen Stecklinge von *Pinus canariensis*- und *P. pinea*-Sämlingen, im zweiten oder dritten Jahre abgenommen, leicht an, verharren in der Jugendform und bilden bläulich-grüne Büsche mit spiralförmig einzeln gestellten Nadeln von prächtigem Aussehen. „Sämlingspflanzen von *Cupressus funebris* und anderen Arten, durch Stecklingszucht fixiert, wachsen zu sehr schönen Büschen von hellgrüner Belaubung mit gegenständigen 1 bis 2 cm langen Nadeln heran und werden vielfach fälschlich als *Frenela*-Arten verbreitet. *Cryptomeria*

¹⁾ BEIJERINCK, M. W., L. BEISSNERS Untersuchungen bezüglich der Retinosporafrage. Bot. Ztg. 1890. Jg. 48, p. 519.

²⁾ HOCHSTETTER, W., Die sog. Retinospora-Arten der Gärten. REGELS Gartenflora 1880, p. 367.

elegans ist gar nichts anderes als die fixierte Sämlingsform von *Cryptomeria japonica*.“ In innigem Zusammenhang mit dem Gesagten stehen noch einige Erfahrungen der Gärtner¹⁾, die sie beim Okulieren der Rosen und anderer Pflanzen gemacht haben.

Verwendet man zum Veredeln der Rosen die Augen von sehr langen, nicht blühbaren Zweigen, so erhält man nur blütenarme Pflanzen. Nimmt man aber zur Pfropfung Knospen von kurzen, blütrtragenden Zweigen, so erhält man im allgemeinen Individuen mit kurzen, blütenreichen Sprossen²⁾. Blütriebriebe der Zimmerlinde, *Sparmannia africana*, liefern gedrungene, fast zwergige, jedoch reichlich blühende Pflanzen, während Stecklinge von kräftigen Laubtrieben stark wachsen und wenig blühen.

Pflanzen, die gerne Wurzelsprosse erzeugen, wie die Pflaume, zeigen, wenn sie aus Wurzelschößlingen gezogen werden, im Gegensatz zu Sämlingen eine auffallende Neigung zur Bildung von Wurzelschößlingen. Werden beim Pfropfen von Äpfeln und Birnen die sogenannten Wasser-schosse (vgl. p. 175) verwendet, so entstehen daraus Bäume, denen die Natur dieser Sprosse erhalten bleibt, d. h. sie behalten den starken Wuchs, zeigen aber wenig Neigung zum Blühen und Fruchten.

Überschaut man die Erfahrungen der Gärtner auf dem Gebiete der ungeschlechtlichen Vermehrung, so drängt sich einem die Ansicht auf, daß die Erhaltung der Sproßeigenschaften, die in den angeführten Beispielen oft in so extremer Weise hervortritt, eine im Pflanzenreich weitverbreitete Erscheinung darstellt, die sich bald ungemein prägnant, bald weniger deutlich, bald fast zur Unkenntlichkeit verwischt an den meisten Gewächsen zeigt.

Die Laubsprosse sind demnach an vielen Pflanzen, je nach dem Orte, an welchem sie stehen, nicht alle untereinander gleich, sondern mehr oder minder individualisiert und behalten diese ihre Verschiedenheiten, ihre Natur, als Steckling oder Impfling gezogen, dauernd bei. Die in theoretischer und praktischer Beziehung sehr wichtige Erscheinung und die Bequemlichkeit ihrer Darstellung legen den Gedanken nahe, sie mit einem besonderen Worte zu bezeichnen. Ich schlage dafür den Ausdruck „*Topophysis*“ (Ortsnatur) vor (abzuleiten von *τόπος* Ort und *φύσις* Natur).

Ein Steckling aus der Blütenregion hat eine stärkere Neigung zur Blütenbildung, ein Kopfsteckling liefert eine habituell andere Pflanze als ein Steckling von einer Seitenachse höherer Ordnung, ein Wurzelschoß liefert Pflanzen, die die Tendenz zu Wurzeltrieben in höherem Maße aufweisen als entsprechende Sämlinge, daher soll der Gärtner bei der Stecklingsvermehrung und der Veredlung stets auch den Ort berücksichtigen, von dem der Steckling oder das Reis der Mutterpflanze entnommen wird.

Ein Hauptvorteil, der mit der Stecklingszucht und Veredlung verknüpft ist, liegt darin, daß der Züchter durch diese Manipulationen in viel kürzerer Zeit zu einer entwickelten Pflanze kommt als durch Sämlingszucht. Würde man *Pelargonium*, *Fuchsia*, *Azalea*, *Weinstock* und andere Pflanzen aus Samen und Stecklingen vergleichsweise ziehen, so würde man sehen, daß sich die Stecklingspflanzen rascher zu einer verkaufs-

¹⁾ CARRIÈRE, E., *Production et fixation des variétés*. 1865, p. 60.

²⁾ Beispiele dazu bei STRINGFELLOW, H. M., *Der neue Gartenbau*, I. c. p. 121.

fähigen Pflanze entwickeln und oft schneller Blüte und Frucht hervorbringen als die Sämlinge. Der Steckling hat ja, von der Mutterpflanze eben abgetrennt, in seiner Größe schon einen großen Vorsprung vor dem Sämling voraus, denn abgesehen davon, daß die Keimung des Samens oft lange auf sich warten läßt, braucht es doch ziemlich lange Zeit, bis der Sämling die Größe des Stecklings erreicht und oft kommt es gar nicht dahin, daß der Sämling den Steckling in seiner Entwicklung einholt.

In noch viel höherem Grade ist dies bei der Veredlung der Fall, denn hier kann man ja dem Reis eine starke, mitunter baumartige Unterlage geben, man gelangt also bald zu einer stattlichen Pflanze und bei Gehölzen sogar zu Bäumchen. Auch hat das Reis, besonders wenn es von einem reichlich tragenden Mutterzweige herrührt, die Neigung, in kurzer Zeit Blüten und Früchte hervorzubringen. Das entspricht nun in höchstem Maße den Wünschen des Züchters.

Damit soll aber nicht gesagt sein, daß der Sämling nicht auch den Steckling in seinem Wuchs einholen kann, denn die Erfahrung hat gelehrt, daß die Sämlinge oft einen kräftigeren Wuchs haben als die Stecklinge und daß sich besonders bei alt werdenden Pflanzen der anfängliche Unterschied später zugunsten des Sämlings ausgleicht.

Es gibt auch Pflanzen, die überhaupt keine keimfähigen Samen entwickeln oder deren Samen in unserer Zone überhaupt nicht reif werden. Gerade in solchen Fällen leistet die ungeschlechtliche Vermehrung ausgezeichnete Dienste.

Führt die fortgesetzte ungeschlechtliche Vermehrung durch Steckling und Pfropfen zur Altersschwäche?

Die auf den Landstraßen so häufig verwendete Pyramidenpappel mit besenartigem Wuchs, die vielleicht als eine Varietät der Schwarzpappel *Populus nigra* zu betrachten ist, stirbt sehr häufig von der Spitze her ab. In England gingen in den Jahren 1820 bis 1840 die meisten dieser Pappeln zugrunde, in Amerika drohten sie 1840 fast auszusterben und in Nord- und Mitteldeutschland kränkeln sie seit 1880 überaus häufig, während sie in Süddeutschland noch verhältnismäßig recht gut gedeihen. Da eine äußere Ursache für das Siechtum nicht deutlich zu erkennen ist, so war man geneigt anzunehmen, daß die Pyramidenpappel infolge ihrer beständig ungeschlechtlichen Vermehrung altersschwach geworden sei und daher absterbe. Dieser Baum stammt höchstwahrscheinlich aus Mittelasien, kam zuerst von dort nach Italien und verbreitete sich von hier über andere Länder. Er wird überall ausschließlich durch Stecklinge vermehrt und diese andauernde, ungeschlechtliche Fortpflanzung soll die Ursache des Absterbens sein.

Es gibt Forscher, die alle von einem Exemplar im Laufe der Generationen erzeugten Stecklinge als ein Individuum oder eine „Sorte“ betrachten und diese Auffassung hat, da das Individuum in gewöhnlichem Sinne eine begrenzte Lebensdauer hat, dazu verführt, auch die „Sorte“ als der Altersschwäche anheimfallend anzunehmen.

Da nun verschiedene andere Kulturpflanzen, die Kartoffel, das Zuckerrohr, der Weinstock und unsere Obstbäume gleichfalls viel von Krankheiten zu leiden haben, so dehnte man die geäußerte Ansicht auch auf diese Gewächse aus.

In einer gründlichen Studie hat MOEBIUS¹⁾ die verschiedenen Beobachtungen und Erwägungen für und wider diese Auffassung kritisch zusammengestellt und kommt zu dem Ergebnis, daß kein einziger zwingender Grund dafür vorhanden sei, die genannten ungeschlechtlich vermehrten Kulturpflanzen als Altersschwach zu betrachten.

Wir sehen, daß unter ganz natürlichen Verhältnissen viele Pflanzen sich immer oder fast immer durch Knospen und nicht durch Samen vermehren: Gewisse *Poa*-, *Festuca*-Arten, *Lysimachia nummularia*, *Vinca minor*, *Ranunculus ficaria*, *Acorus calamus*, *Arundo phragmites*, *Oncidium Lemonianum*, *Elodea canadensis*, *Cochlearia armoracia* u. a.

Auch gibt es eine Reihe von Kulturpflanzen, wie Banane, Dattelpalme, *Dioscorea batatas*, *Colocasia antiquorum*, die ständig ungeschlechtlich vermehrt werden, ohne daß man von Altersschwäche irgend etwas bemerkt hat.

Wenn unsere Kulturpflanzen, wie die Kartoffel, der Weinstock und die Obstbäume, von Krankheiten oder gar von Epidemien erfaßt werden, so wird dies meist durch Pilze hervorgerufen. Manche alte Obstsorten zeigen überhaupt kein Siechtum, während manche junge häufig kränkeln. Dazu kommt, daß Sämlinge und wildwachsende Pflanzen ebenso oft und stark erkranken wie Stecklinge. Meistens verursachen Pilze die Krankheiten und es ist nicht erwiesen, daß für ihr Auftreten eine besondere Prädisposition vorhanden sein muß. Aus diesen und anderen Tatsachen schließt MOEBIUS, „daß die Altersschwäche der auf geschlechtslosem Wege vermehrten Pflanzen nur in der Einbildung gewisser Autoren und Züchter besteht, aber nicht mit Notwendigkeit aus der Beschaffenheit der zur vegetativen Vermehrung dienenden Pflanzenteile hervorgeht“.

Soweit MOEBIUS. Mir scheint aber das letzte Wort über dieses interessante Problem noch nicht gesprochen zu sein; denn es ist die Frage, ob man nicht unterscheiden müsse, zwischen natürlicher ungeschlechtlicher Vermehrung, wie sie sich normal z. B. bei der Kartoffel, dem Meerrettich und dem feigwurzeligen Hahnenfuß ergibt und zwischen künstlicher ungeschlechtlicher Vermehrung, wie sie abnorm durch Stecklinge und Reiser vollzogen wird. In dem einen Fall liegt die ungeschlechtliche Fortpflanzung in der Natur der Pflanze begründet, in dem anderen basiert sie auf einem künstlichen Eingriff.

Das Reis, von einem alten Baum genommen, zeigt schwachen Wuchs und erzeugt bald Blüten und Früchte; das Reis von einem jungen Sämling wächst hingegen rasch und produziert erst nach längerer Zeit Blüte und Frucht, ganz wie es die Lehre von der Sproßindividualität oder Topophysis (s. p. 261) erwarten läßt. Das deutet wohl darauf hin, daß das Gewebe des Vegetationspunktes, der von einem alten Baume stammt, andere Eigenschaften hat als der eines jungen Baumes, mit anderen Worten, auch die Gewebe der Vegetationspunkte könnten in den angeführten Fällen mit dem Alter des Individuums bleibende Veränderungen erleiden.

Eine Stütze erhält die hier vorgetragene Ansicht durch eine vor kurzem erschienene Arbeit von BENEDICT²⁾, der ich folgendes entnehme.

Auf Grund zahlreicher Beobachtungen und Messungen konnte die Tatsache festgestellt werden, daß beim Weinstock und anderen Gehölzen die Aderung des Blattes mit zunehmendem Alter des Mutterstockes eine bestimmte Veränderung

¹⁾ MOEBIUS, M., Beiträge zur Lehre von der Fortpflanzung der Gewächse. Jena 1897. p. 23.

²⁾ BENEDICT, H. M., Senile changes in leaves of *Vitis vulpina* L. and certain other plants. Cornell university agric.-experim. station, June 1915, p. 281—365.

erleidet: die durch die kleinsten Auszweigungen der Nervatur gebildeten Maschen des Geäders werden kleiner. Die Fig. 140 läßt dies in anschaulicher Weise erkennen.

In einem bestimmten Falle wurden folgende Werte für *Vitis vulpina* gefunden:

Durchschnittlicher Flächeninhalt der Adermaschen in Weinblättern, geordnet nach dem Alter.

Anzahl der Jahresringe .	3—5	6—11	14—25	28—35	50—70
Fläche der Adermaschen in mm ²	0,4941	0,3727	0,2969	0,2211	0,1638

Ähnliches ergab sich auch für das Geäder von *Tecoma radicans*, *Salix nigra*, *Castanea dentata*, *Quercus alba* und anderen Bäumen. Auch hier tritt mit dem Alter eine Verkleinerung der Aderinseln ein.

BENEDICT fand auch eine Abnahme der Intensität der Kohlensäure-Assimilation, der Atmung und der Spaltöffnungszahl mit zunehmendem Alter.

Die Annahme, daß die Änderung der Blattaderung beim Altern auf eine geringere Leistungsfähigkeit der Wurzel und des Stammes zurückzuführen sei oder auf eine

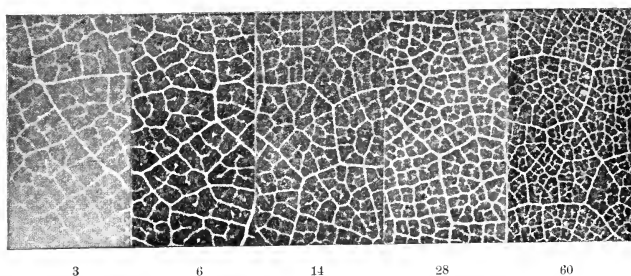


Fig. 139.

Vitis vulpina. Aderinseln der Blätter von 3, 6, 14, 28 und 60jährigen Weinstöcken. Die Maschen der Nervatur junger Blätter sind groß, die alter Blätter klein. Nach BENEDICT.

Anhäufung von Giftstoffen, weist BENEDICT zurück, weil ja Stecklinge oder Reiser von alten Bäumen, obwohl sie sich von neuem bewurzeln und auch sonst neu aufbauen, die Kleinheit der Adermaschen trotzdem unverändert übernehmen. Er kommt daher zu dem Schlusse, daß die Meristeme selbst mit dem Alter eine Änderung erfahren, die zur Altersschwäche oder Senilität führt. Für diese scheint ihm auch die Ähnlichkeit in der Senilität in gewissen Punkten bei Pflanze und Tier zu sprechen: 1. Die Kurve, die die senile Abnahme der Aderinseln beim Weinstock zeigt, besitzt einen ganz ähnlichen Verlauf wie die der Abnahme des Wachstums beim Meerschweinchen. 2. Der Verlauf der Atmungskurve ändert sich mit dem Alter in gleicher Weise bei Tier und Pflanze. 3. Hier wie dort treten gestaltliche Veränderungen in den Geweben und Zellen auf.

Diesem Greisentum hat schon 1795 der als Gärtner und Physiologe gleich geschätzte TH. A. KNIGHT das allmähliche Hinsiechen gewisser Apfel- und Birnenvarietäten zugeschrieben. Er fand, daß jedes abgepfropfte Reis eines Apfelbaumes teil an den Lebens-

zuständen des Mutterstammes hat. „Ist dieser zu jung, um Frucht zu bringen, so wird das Reis kräftig wachsen, aber keine Blüten tragen, und ist er zu alt, so wird es sofort Frucht bringen, aber niemals eine gesunde Krone machen, die Absicht des Züchters also auch nicht erfüllen“¹⁾. Nach KNIGHT kann wohl durch Pfropfen und andere günstigere Umstände die Dauer einer Sorte unnatürlich über das Maß der Samenpflanze ausgedehnt werden, doch nimmt der kräftige Wuchs dann bald ab und schließlich kommt eine Zeit, in der die Alterschwäche mehr und mehr zutage tritt und sich durch trägen Wuchs und Empfindlichkeit gegen Witterung, Lage und Boden kundgibt²⁾.

Ungefähr in demselben Sinne äußerte sich seinerzeit JESSEN in seiner bekannten Schrift³⁾.

Wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, kehrt BENEDICT auf Grund neuer Untersuchungen zu der Ansicht von KNIGHT und JESSEN, derzufolge durch fortgesetzte ungeschlechtliche Fortpflanzung Alterschwäche eintritt, zurück. Mag sich daher der Leser der einen oder der anderen Anschauung zuwenden, jedenfalls steht soviel fest, daß man bei der Behandlung des Senilitätsproblems an den neuesten Forschungen über die mit dem Alter nachweislich eintretenden anatomischen Veränderungen sowie an den durch die Beibehaltung der Sproßindividualität bekannt gewordenen Tatsachen nicht wird vorübergehen dürfen.

II. Die geschlechtliche Fortpflanzung

ist, wie bereits bemerkt, dadurch ausgezeichnet, daß zwei verschiedene Zellen, die wir als Geschlechts- oder Sexualzellen bezeichnen und die für sich allein nicht entwicklungsfähig sind, der Ausgangspunkt eines neuen Individuums dadurch werden, daß ihre Inhalte miteinander verschmelzen. Sie findet sich von den niedersten Gewächsen aufwärts bis zu den höchsten vor. Obwohl das Aussehen der Geschlechtszellen, ihre Ausbildung und der Bau ihrer Behälter eine große Mannigfaltigkeit aufweist, so kommt es wesentlich doch immer auf die Verschmelzung der beiden Geschlechtszellen an, ein Vorgang, der Befruchtung genannt wird.

Es liegt der Anlage dieses Werkes ferne, auf die in vielfacher Beziehung interessanten Befruchtungsvorgänge der Kryptogamen, wie sie durch mühsame Untersuchungen zahlreicher Forscher aufgedeckt worden sind, näher einzugehen, denn für unsere Zwecke wird es genügen, nur soviel davon zu berichten, als für das Verständnis des Folgenden unumgänglich notwendig erscheint.

Fortpflanzung eines Farnkrautes (*Aspidium filix mas*) (Fig. 140). An der Unterseite vieler Farnblätter findet man braune pulverige Stellen (Fig. 140, I), gewöhnlich in Form von Häufchen oder Strichen (Sorus) *s*, die aus zahlreichen Sporenbehältern (Sporangien) *II sp* bestehen. Diese springen auf, die darin befindlichen, einzelligen Sporen werden frei und, wenn sie auf ein günstiges Substrat gelangen, keimen sie. Aber merkwürdig ist, daß bei der Keimung sich nicht gleich ein neues Farnkraut, sondern zunächst ein kleines, kaum ein Zentimeter großes, grünes und lappiges Gebilde entwickelt, das als Vorkeim oder Prothallium bezeichnet wird (Fig. 140, IV).

¹⁾ Zitiert nach JESSEN, C. F. W., Über die Lebensdauer der Gewächse. Gekrönte Preisschrift. 1854, p. 207.

²⁾ Derselbe, l. c. p. 209.

³⁾ JESSEN, C. F. W., l. c.

Halten wir uns an ein bestimmtes Farnkraut, z. B. an das in unseren Wäldern so häufige *Aspidium filix mas*, so ist das Prothallium hier herzförmig und mit zahlreichen Wurzelhaaren an der Unterseite im Boden befestigt. An diesem Vorkeim bilden sich männliche (Antheridien) und

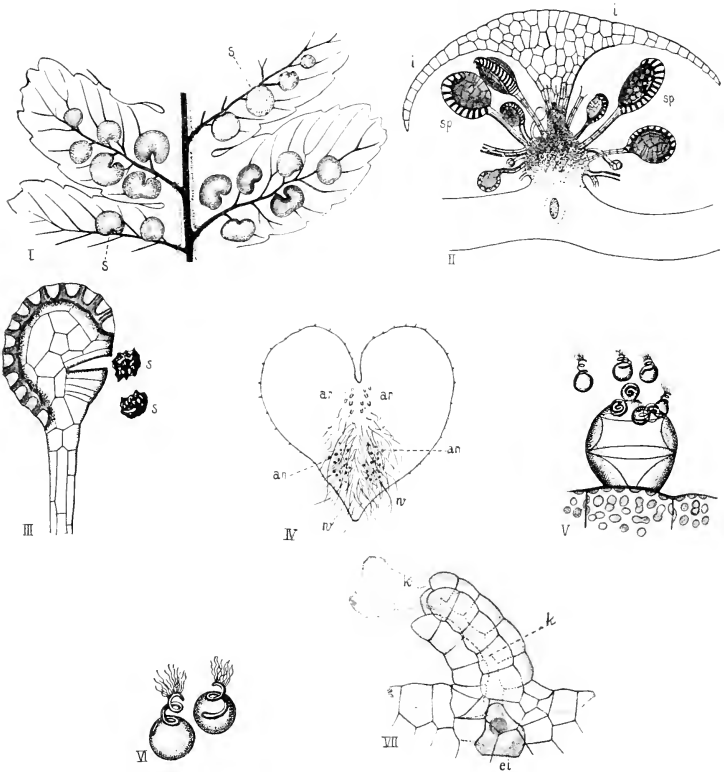


Fig. 140.

Fortpflanzungsorgane eines Farnkrautes (*Aspidium filix mas*).

- I. Unterseite von Blattfiedlern mit den aus den Sporenhältern (Sporangien) bestehenden Sporenhäufchen oder Sori. *s* Vergr. 3.
- II. Querschnitt durch den Teil einer Blattfieder, der einen Sorus trägt. Auf dem vorspringenden Blattnerve mehrere Sporangien *sp*, der Sorus vom Schleier oder Indusium *i* beledet. Vergr. 15.
- III. Einzelnes, aufgesprungenes Sporangium, die Sporen *s* entleerend. Vergr. 30.
- IV. Prothallium von der Unterseite. Schematisch. *w* Wurzelhaare, *ar* Archegonien, *an* Antheridien. Vergr. etwa 7.
- V. Antheridium mit ausschließenden Spermatozoiden.
- VI. Zwei Spermatozoiden.
- VII. Ein Archegonium. *ei* Eizelle, *K* Kanal mit Schleim. V—VII, stark vergr. (Original.)

weibliche Geschlechtsorgane (Archegonien), deren Bau aus der Fig. 140 zu ersehen ist. Innerhalb der Antheridien entstehen zahlreiche, schraubig gewundene, mit vielen Wimpern versehene Zellen, die als Spermatozoiden bezeichnet werden und die männlichen Geschlechtszellen darstellen.

Das Archegonium, ein flaschenförmiges Organ, besteht aus einem bauchartigen Teil, der die Eizelle *ei* enthält, und aus einem halsartigen Teil, der von einem bis zur Eizelle führenden Kanal *K* durchsetzt ist.

Werden die an feuchten Orten lebenden Vorkeime durch Regen oder Tau benetzt, so verlassen die Spermatozoiden die Antheridien, schwimmen zu den Archegonien und dringen bis zur Eizelle, um mit ihr zu verschmelzen.

Nach der Befruchtung entsteht durch fortgesetzte Teilung der Eizelle der Farnembryo, aus dem sich das eigentliche Farnkraut entwickelt, das an der Unterseite seiner Blätter wieder Sporen auf ungeschlechtlichem Wege erzeugt.

Wie aus dem Gesagten hervorgeht, wechselt in dem Entwicklungsgange eines Farnekrauts — dasselbe gilt auch für die Moose, Schachtelhalme, Bärlappe und Selaginellen — stets eine Geschlechtsgeneration (Prothallium) mit einer ungeschlechtlichen (Farnpflanze) ab, kurz, wir begegnen hier jenem Entwicklungszyklus, der unter dem Namen Generationswechsel bekannt ist.

Bei genauerer Überlegung muß es auffallen, daß die Spermatozoiden so sicher den Weg in den Kanal des Archegoniums bis zur Eizelle finden; die Erklärung hierfür wurde durch PFEFFERS¹⁾ Untersuchungen gegeben, welche zeigen, daß die Spermatozoiden der Farnkräuter durch eine bestimmte Substanz, nämlich durch Apfelsäure, angelockt werden, die vom Archegonium ausgeschieden wird. Diese Erscheinung, Chemotaxis genannt, ist nicht bloß auf die Farnkräuter beschränkt, sondern kommt auch bei Spermatozoiden der Moose, Bärlappe, Selaginellen, bei Bakterien und Pollenschläuchen vor und kann durch verschiedene Stoffe hervorgerufen werden. Die ENGELMANNsche Bakterienmethode (p. 41) und der Aërotropismus der Wurzeln (p. 156) beruhen gleichfalls auf Chemotaxis. —

Fortpflanzung einer bedecktsamigen Blütenpflanze. Öffnet man den Fruchtknoten einer Hyazinthe, einer Lilie, Narzisse oder eines Schneeglöckchens, so findet man darin zahlreiche runde, weiße Gebilde, die Samenanlagen oder Samenknospen, aus denen sich nach der Befruchtung die Samen entwickeln. Eine derartige Samenanlage (Fig. 141. III) besteht aus der Nabelsehne oder dem Funiculus *f*, der die Samenknospe trägt, aus 2 Integumenten (Hüllen) *J* und *i*, dem Knospenkern oder Nucellus *n* und dem Embryosack *E*. Am Scheitel der Samenanlage lassen die Integumente eine Öffnung, die Mikropyle *m*, frei. Im Embryosack liegen, der Mikropyle genähert, die Eizelle *Eiz* mit den beiden Synergidenzellen *S* oder Gehilfinnen und diesen 3 Zellen gegenüber noch 3 andere, die Antipoden *A*. Außerdem bemerkt man in der Mitte des Embryosacks 2 Zellkerne (Polkerne) *pk*, die auch zu einem einzigen Kern, dem sekundären Embryosackkern, verschmelzen können. — Die Eizelle stellt die weibliche und das Pollenkorn die männliche Geschlechtszelle dar.

¹⁾ PFEFFER, W., Lokomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. Untersuch. a. d. botan. Institute z. Tübingen. Leipzig 1884. Bd. I. p. 363.

Der Blütenstaub oder Pollen entsteht in den Antheren der Staubblätter, auch Staubgefäße genannt. Jedes Pollenkorn wird von zwei Häuten begrenzt, der Exine und Intine, innerhalb welcher zwei nicht scharf getrennte Zellen liegen, eine größere, die vegetative, und eine kleinere, die generative. Wenn das Pollenkorn durch Insekten oder den Wind auf die Narbe des Fruchtknotens gelangt, so treibt es einen Schlauch, der durch die Narbe und den Griffel in den Fruchtknoten bis zur Mikropyle einer Samenknospe wächst. Inzwischen hat sich der generative Kern geteilt. Der vegetative wandert im Schlauche voran, die beiden generativen folgen nach und treten in den Embryosack über. Der eine generative dringt in die Eizelle ein und verschmilzt mit dem Eikern, der andere verbindet sich mit einem der Polkerne oder mit dem aus den

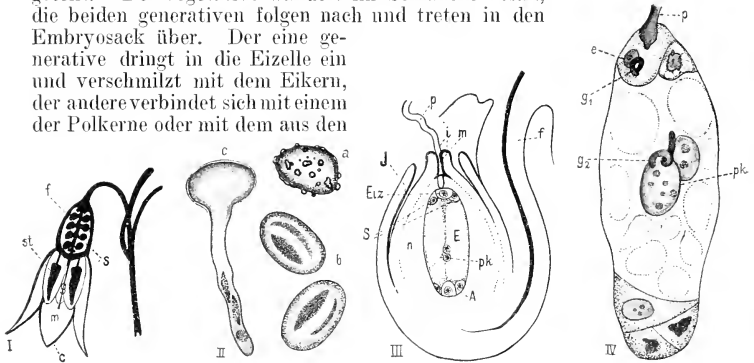


Fig. 141.

- I. Blüte des Schneeglöckchens *Galanthus nivalis*. *c* Korolle, *st* Staubblätter, *m* Griffel mit Narbe, *f* Fruchtknoten, *s* Samenanlagen.
- II. Pollen von *Galanthus nivalis*. *a* lebend, *b* fixiert, die 2 Kerne, den vegetativen und den generativen zeigend. *c* keimend, im Pollenschlauch geht der vegetative Kern voran, der generative hat sich inzwischen geteilt. Vergr. 350.
- III. Samenknospe von *Galanthus nivalis*. *f* Funiculus, *J* äußeres und *i* inneres Integument, *n* Nucellus, *E* Embryosack, darin: die Eizelle *Eiz* mit den anliegenden Synergiden *S*, die Polkerne *pk* und die 3 Antipoden *A*. Der Pollenschlauch *p* dringt durch den Mikropylekanal *m* und berührt oben die Eizelle.
- IV. Befruchtungsvorgang im Embryosack von *Lilium martagon*. Der eine generative Kern *g*₁ verbindet sich mit dem Eikern *e*, der zweite *g*₂ mit den beiden Polkernen *pk*. Oben das Ende des Pollenschlauches *p*.

Fig. IV nach GUGNARD, Fig. I—III Original.

beiden Polkernen hervorgehenden sekundären Embryosackkern. Es findet also bei den bedecktsamigen Pflanzen — ob bei allen, ist noch fraglich — eine doppelte Befruchtung¹⁾ statt. Es wird die Eizelle und der Embryosackkern befruchtet. Die befruchtete Eizelle liefert den Embryo und der Embryosackkern durch fortgesetzte Teilung ein Gewebe, das als Reservestoffbehälter dient und Endosperm genannt wird.

Die Aufgabe der Gehilfinnen und die der Antipoden ist mit Sicherheit nicht bekannt.

Die Folgen der Befruchtung machen sich alsbald bemerkbar: die

¹⁾ NAWASCHIN, S., Resultate einer Revision des Befruchtungsvorganges bei *Lilium martagon* und *Fritillaria tenella*. Bull. Acad. imp. de St. Pétersbourg. T. 1898.

GUGNARD, L., Sur les anthérozoïdes et la double copulation chez les végétaux angiospermes. Compt. rend. Paris 1899.

Samenanlage entwickelt sich zum Samen und die Fruchtknotenwandung nimmt Anteil an dem Aufbau der Frucht.

Parthenogenese oder Jungfernzeugung¹⁾. Merkwürdigerweise vermag sich bei manchen Pflanzen die Eizelle auch ohne Befruchtung zu einem Embryo zu entwickeln. Diese Art der Fortpflanzung bezeichnet man als Parthenogenese. *Chara crinita*, eine in der Ostsee weitverbreitete Alge und die auf im Wasser faulenden Fliegen lebende Pilzgattung *Saprolegnia* bieten Beispiele dafür.

Jene Fälle, in denen aus einer Eizelle mit x Chromosomen ein Embryo ohne Befruchtung hervorgeht, bezeichnet man als echte Parthenogenese, jene aber, in denen der Embryo aus einer Eizelle mit $2x$ Chromosomen entspringt, als Apogamie. Die meisten Beispiele, die man früher als echte Parthenogenese aufgefaßt hat, entpuppten sich bei näherer Untersuchung als Apogamie: *Hieracium*, *Taraxacum*, *Alchemilla*, *Thalictrum*, *Marsilia* u. a.

Bei manchen Pflanzen entstehen auch Embryonen nicht aus Eizellen, sondern aus den benachbarten Nuzellargeweben der Samenknope ohne Befruchtung, so z. B. bei *Funkia ovata*, *Evonymus latifolia*, Orange, Herbstzeitlose und der in Gewächshäusern nur in weiblichen Stücken gezogenen Euphorbiacee *Caelobogyne ilicifolia*. Auch diese Fälle werden der Apogamie zugerechnet. Nahe verwandt mit dieser Erscheinung ist die Parthenokarpie oder Jungfernfruchtbildung, auch Jungferfrüchtigkeit genannt. Wenn die Blüten einer Pflanze nicht befruchtet werden, so fallen sie gewöhnlich bald ab. Bei manchen Gewächsen kann aber auch eine Entwicklung des Fruchtknotens zur Frucht ohne Befruchtung, ja sogar ohne Bestäubung eintreten, wie dies bei Gurken, Bananen, gewissen Sorten von Stachelbeeren, Birnen, Äpfeln, der kernlosen Mispel²⁾ und vielen Begonien der Fall ist. Solche die Erscheinung der Parthenokarpie zeigende Früchte sind taub und haben keine oder ganz unvollkommene Samen.

Die weiblichen Blüten gewisser Gurkensorten setzen, wenn man die männlichen Blüten schon im Knospenzustande beseitigt, dennoch Früchte an, sie enthalten aber keine Samen. Diese den Gärtnern schon lange bekannte Tatsache wurde von NOLL³⁾ eingehend experimentell untersucht und einwandfrei bewiesen. Die Gurke vermag also ihre Früchte ohne Befruchtung, ja ohne jegliche Bestäubungseinwirkungen bis zur „Reife“ rein vegetativ weiter zu entwickeln.

Unsere Kenntnisse über Jungfernfrüchtigkeit wurden wesentlich erweitert durch die Untersuchungen von MÜLLER-THURGAU⁴⁾, und besonders durch wertvolle Experimente von EWERT⁵⁾, der als erster das

¹⁾ WINKLER, H., Über Parthenogenesis und Apogamie im Pflanzenreiche. *Progressus rei botanicae*. 2. Bd., p. 293. Jena 1908; ferner derselbe: Verbreitung und Ursache der Parthenogenesis im Pflanzen- und Tierreiche. Jena 1920.

²⁾ KIRCHNER, O., Über die kernlose Mispel. Jahresheft d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg. 1900, p. XXXI.

³⁾ NOLL, F., Über Fruchtbildung ohne vorausgegangene Bestäubung (Parthenokarpie) bei der Gurke. Sitzber. d. Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde i. Bonn. 1902.

⁴⁾ MÜLLER-THURGAU, H., Kernlose Traubenbeeren und Obstfrüchte. Landwirtsch. Jahrb. d. Schweiz. 1908.

⁵⁾ EWERT, R., Die Parthenokarpie oder Jungfernfrüchtigkeit d. Obstbäume usw. Berlin 1907.

weitverbreitete Vorkommen der Jungfernerfrüchtigkeit bei verschiedenen Äpfel- und Birnensorten nachwies. Indem EWERT durch eine Flüssigkeit die Narben abtötete, das Eindringen von Pollenschläuchen vollständig verhinderte und dennoch in vielen Fällen wohlausgebildete, aber samenlose Äpfel und Birnen erhielt, wurde der Beweis für die Jungfernerfrüchtigkeit erbracht.

Die Apfelsorte „Cellini“ und die Birnensorte „Clairgeau“ zeichnen sich besonders durch ihre Neigung zur Parthenokarpie aus.

Die Fig. 142 zeigt den Apfel Cellini als Jungfernerfrucht und nach

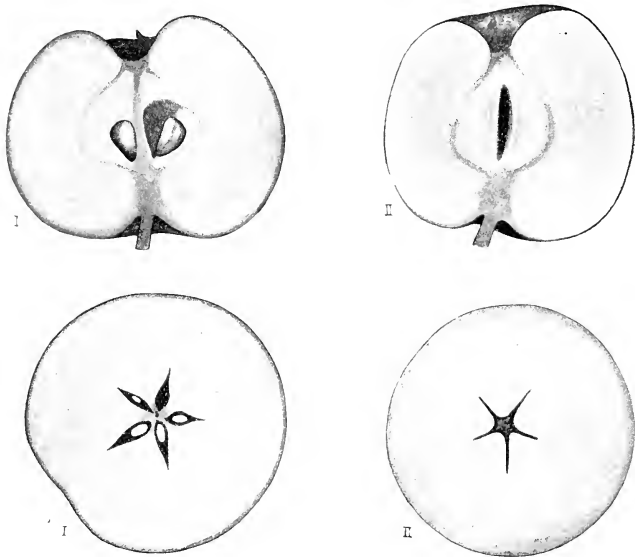


Fig. 142.

Apfel „Cellini“.

I. Normale Frucht, durch Befruchtung (Fremdbestäubung) gewonnen. Kernhaus und Samen gut ausgebildet.

II. Jungfernerfrucht, ohne Befruchtung gewonnen. Kernhaus verengt, kernlos. Nach EWERT.

Fremdbestäubung gewonnen und die Fig. 143 zeigt dasselbe bei der Birne Clairgeau.

Der reife kernlose Cellini-Apfel ist im allgemeinen höher gebaut und hat eine tiefere Kelchhöhle und eine stärker verengte Kernkammer als der kernhaltige.

Die Fig. 143 läßt bei der Jungfernerfrucht der Birne das verengte Kernhaus und die auffallend kleinen Kerne erkennen. Diese Kerne enthalten keine Samen, sondern stellen eigentlich nur Samenhäute dar.

Wenn eine Samenknope befruchtet wird, so wird sie ein Anziehungs-

punkt für den Nahrungsstrom. Eine unbefruchtete Samenknospe vermag eine so starke Anziehung nicht auszuüben und deshalb bleiben, wenn unbefruchtete Blüten mit befruchteten in Wettbewerb treten, die letzteren stets die stärkeren. Auf diese Wechselbeziehung oder Korrelation hat

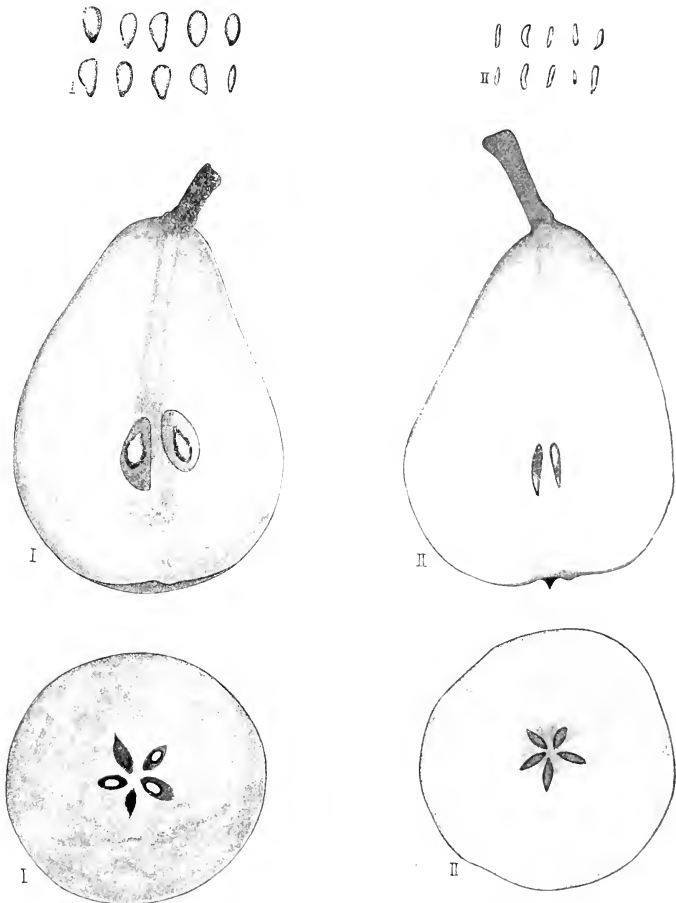


Fig. 143. Birne „Clairgeau“. $\frac{1}{3}$ vergr.
 I. Normale Frucht, natürlich befruchtet. Kernhaus und Kerne normal ausgebildet.
 Ganz oben die Samenkern für sich.
 II. Jungferfrucht, ohne Befruchtung entstanden. Kernhaus verengt, Kerne taub.
 Ganz oben die tauben Samen für sich. Nach EWERT.

EWERT bei seinen Versuchen sorgfältig geachtet. Wenn man schöne und zahlreiche Jungfernfrüchte erziehen will, empfiehlt es sich daher, bei allen Blüten eines Baumes die Befruchtung durch fremden oder eigenen Blütenstaub zu verhindern.

Indem die befruchtete Samenanlage den Nahrungsstrom an sich reißt, wird auch die Frucht besser ernährt und daher wird die Frucht um so größer, je mehr Samenkerne sie enthält. „Je mehr Kerne, je mehr Fruchtfleisch“ (MÜLLER-THURGAU). Der Einfluß der sich entwickelnden Samen auf das Wachstum der Frucht gibt sich in sehr auffallender Weise bei den Weinbeeren zu erkennen. „Je bedeutender das Gesamtgewicht der Samen in einer

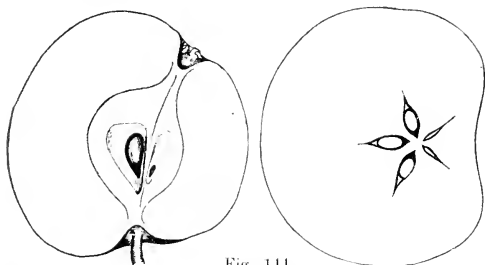


Fig. 144.

Apfelfrucht, dessen Hälften ungleich entwickelt waren. Links im Längs- und rechts im Querschnitt. Die Hälfte, wo sich die Samen entwickelt haben, ist die größere. Etwas verkleinert. (Original.)

der Samen in einer Beere, desto schwerer ist auch das Beerenfleisch¹⁾.

Ähnliches läßt sich auch, wenn auch nicht so auffallend, beim Kernobst beobachten. Schneidet man einen asymmetrischen Apfel oder eine solche Birne quer oder längs durch, so wird man gewöhnlich finden, daß die der größeren Hälfte der Frucht entsprechenden Samenkerne größer und zahlreicher sind als die der anderen Hälfte (Fig. 144).

Bei *Cercis* und *Staphylea trifoliata* besteht zwischen der Zahl der Samen und der Länge der Frucht eine Abhängigkeit. Je mehr Samen, desto länger die Frucht²⁾.

Die Kernobstsorten verhalten sich bezüglich der Jungfernfrüchtigkeit sehr verschieden. Es kommen allmähliche Übergänge von einem Extrem zum anderen vor. EWERT unterscheidet in dem Verhalten der Birnen- und Apfelsorten bei Verhinderung der Befruchtung folgende vier Fälle:

1. „Gleich nach dem Abblühen des Baumes werden auch die jungen Fruchtanlagen abgeworfen:
 - a) Äpfel: „Baumanns Renette“, „Kaiser Alexander“;
 - b) Birnen: „Esperens Bergamotte“, „Williams Christ“.
2. Eine Neigung zur Jungfernfrüchtigkeit ist vorhanden, doch fallen die jungen Früchte zumeist in Haselnuß- bis Walnußgröße ab.

Birnen: „Pastorenbirne“, „Zepherine Grégoire“.
3. Die entstandenen Jungfernfrüchte sind auffallend klein, wenngleich sie sich auch weiter entwickeln, wie im zweiten Falle, und zumeist auch nicht abfallen:

Äpfel: „Wintergoldparmäne“.

¹⁾ MÜLLER-THURGAU, H. I. e. p. 33.

²⁾ HARRIS, J. A., The influence of the seed upon the size of the fruit in *Staphylea*. Bot. Gazette 1912, p. 412—414.

4. Es entstehen Jungfernbrüchte von normaler Größe, wenn auch zumeist von anderer Form wie die aus befruchteten Blüten hervorgegangenen Früchte der gleichen Sorte:
- a) Äpfel: „Charlamowski“, „Cellini“.
 - b) Birnen: „Clairgeau“, „Gute Louise von Avanches“. Holzfärbige Butterbirne „Nina“, „König Karl von Württemberg“, „Abbé Fétel“ (nur Fremdbestäubung verhindert).¹⁾

Aus EWERTS Versuchen geht hervor, daß die Jungfernbrucht auch entsteht, wenn nicht nur keine Befruchtung, sondern auch keine Bestäubung stattgefunden hat. Nach verschiedenen Erfahrungen¹⁾ war der Gedanke naheliegend, daß vielleicht in den Fruchtknoten eingedrungene Polienschläuche oder Absonderungen des Blütenstaubes einen Wachstumsreiz ausgeübt haben könnten, allein die Jungfernbrüchte entstehen auch dann, wenn die Bestäubung ausgeschlossen war, also Pollen zur Narbe gar nicht gelangte. Damit soll nicht gesagt sein, daß nicht bei anderen Pflanzen der Blütenstaub einen solchen Reiz ausübt.

Nach MÜLLER-THURGAU können auch gewisse Rassen der Weinrebe bei Ausschluß jeder Pollenwirkung Jungfernbrüchen erzeugen. Wenn sich in solchen Beeren Samen bis zu einer gewissen Größe entwickeln, sind sie stets leer und führen weder Embryo noch Nährgewebe.

Jene Umstände, die die Ernährung insbesondere durch Zufuhr von Zucker begünstigen, fördern auch die Parthenokarpie. So kann man durch Ringelung bei gewissen Traubensorten, bei denen Bestäubung verhindert wurde, die Entstehung von Jungfernbrüchten veranlassen. Dasselbe gilt von Obstbäumen.

Die Meinungen über den praktischen Nutzen der Parthenokarpie sind geteilt. MÜLLER-THURGAU verspricht sich für den praktischen Obstbau nicht viel. EWERT hingegen sehr viel. — Von vornherein würde es der Mensch freudig begrüßen, wenn es gelänge, kernlose Kirschen, Mispeln, Trauben, Äpfel, Birnen und andere Früchte mit allen jenen guten Eigenschaften der kernhaltigen Früchte zu züchten. Dies würde einen Triumph der Obstkultur bedeuten. Bei der Banane ist dieses ideale Ziel erreicht, denn abgesehen von der Fruchtschale ist die ganze Frucht genießbar, sie zerschmilzt förmlich zwischen Zunge und Gaumen. Beim Apfel und der Birne aber sind wir vom Ideal noch etwas weit entfernt. Die Amerikaner haben zwar die Kernlosigkeit des „Spencerapfels“ geschäftlich auszunützen versucht, allein sie hatten doch nicht den gewünschten Erfolg, weil mit dem Samen noch nicht das bei dem Genuß unangenehme, pergamentartige Kernhaus verschwunden ist. Bei der Birne steht die Sache schon insofern günstiger, weil das Kernhaus weicher ist, weniger stört und bei Jungfernbrüchten mitunter ganz fehlt. EWERT hofft bei Birnen durch systematische Züchtung schließlich nicht nur zu kernlosen, sondern auch zu kernhautlosen Früchten zu kommen und durch Kreuzung von Rassen, die zur Jungfernbrüchtheit neigen, schließlich die Kernlosigkeit dauernd zu fixieren.

Noch mehr wäre es natürlich zu begrüßen, auch beim Steinobst Kern und Stein allmählich zum Verschwinden zu bringen, ein Ideal, das noch in weiter Ferne liegt. Die vom Amerikaner BURBANK gezüchtete,

¹⁾ FITTING, H., Folgen der Bestäubung und Befruchtung. Handwörterbuch d. Naturwissenschaft. 4. Bd., 1913. p. 261.

sogenannte kernlose Pflaume enthält leider noch einen weichen Stein mit einem gut entwickelten Samen.

Die Apfel- und Birnenblüten würden, wenn das Wetter trüb und regnerisch ist, der Bienenflug unterbleibt und die Bestäubung daher nicht stattfindet, keine Früchte ansetzen. Sind die Sorten aber jungfruchtig, so bedarf es keiner Befruchtung und doch entstehen Früchte. Das ist für die Obstzucht zweifellos ein Vorteil.

Über Blüten- und Fruchtbildung in ihrer Abhängigkeit von verschiedenen Ursachen.

Eines der Hauptziele der modernen Gärtnerei ist, Pflanzen in möglichst kurzer Zeit zu reichlichem Blühen und Früchten zu bringen. Der Gärtner arbeitet im Gewächshaus, im Mistbeet, im freien Lande und in der Baumschule mit hunderten und tausenden von Pflanzen; er vollführt, ohne es darauf abgesehen zu haben, Experimente in großartigem Maßstabe und da erscheint es begreiflich, daß er dabei Erfahrungen sammelt, die der Wissenschaft zugute kommen. So war es auch bezüglich der Blüten- und Fruchtbildung.

Unter gewöhnlichen Umständen entwickeln höhere Pflanzen in einem gewissen Abschnitt ihrer Entwicklung Blüten. Die einjährigen Gewächse schon innerhalb des ersten Jahres, die mehrjährigen im ersten oder einem der folgenden Jahre, und die Bäume gewöhnlich erst nach vielen Jahren. Das Alter, in welchem die ersten Blüten auftreten, hängt mit der Natur der Art innig zusammen.

So werden freistehende Buchen im Alter von 40—50 Jahren und im geschlossenen Bestande im Alter von 60—80 Jahren blühbar oder mannbar. Eichen im Freiland nach 40, im Schuß erst nach 80—100 Jahren. Als weitere Beispiele seien noch folgende angeführt¹⁾:

Castanea vesca	40—60	Jahre	(Stockkloden	6	Jahre)
Hasel	10	„	(Stecklinge	3	„)
Hainbuche	20—30	„	(Stockausschläge	10	„)
Erle	12—20	„	(im Schuß	40	„)
Birke	10—12	„	(„ „ etwa	30	„)
Ulme	etwa 40	„			
Linde	„ 25	„			
Feldahorn	„ 25	„			
Bergahorn	30—40	„			
Esche	30—40	„			
Fichte	30—50	„	(im Schuß	60—70	Jahre)
Tanne	60—70	„			
Lärche	20	„	(mit 10 Jahren Blüte, aber keine keimfähigen Samen)		
Kiefer	15	„	(im Schuß	30—40	Jahre).

Das Blühen ist aber auch durch äußere Verhältnisse in hohem Grad bedingt und diesen hat nicht nur der Praktiker, sondern auch der Pflanzenphysiologe seit langem seine Aufmerksamkeit geschenkt.

Es wurde schon früher (p. 78) darauf hingewiesen, daß nach gärtnerischen Erfahrungen durch die Ringelung, die Stammschlinge, den

¹⁾ BÜSGEN, M., Bau und Leben unserer Waldbäume. 2. Aufl. Jena 1917, p. 297.

Fruchtgürtel, das Drehen und Brechen der Zweige, die Zwergunterlagen oder, um es allgemeiner auszudrücken, durch alle jene Prozeduren, die eine Stauung der Assimilate oder der organischen Stoffe herbeiführen, Blüten und Früchten gefördert werden. Ebenso wurde bereits die Bedeutung der Lage, Neigung und Krümmung der Zweige und der Einfluß des Baumschnittes auf Blüten und Früchten der Pflanze erörtert.

Licht. Der Praktiker hat schon lange beobachtet, daß starkes Licht, insbesondere direktes Sonnenlicht und relative Trockenheit, die Blütenbildung gleichfalls fördern. Schwaches Licht, große Feuchtigkeit, reichliche, mineralische Nahrung begünstigen hingegen das vegetative Wachstum.

Als ein geradezu klassisches Objekt für die Abhängigkeit des Blühens von einer gewissen Lichtintensität kann ich nach vieljährigen Erfahrungen die *Primula sinensis* und *P. obconica* bezeichnen. Wenn man ein blühendes Exemplar dieser Primel während des Winters aus einem Gewächshaus, das volles direktes Sonnenlicht genießt, unter sonst gleichen Bedingungen in ein solches stellt, wo nur diffuses zur Verfügung steht, so öffnen sich die bereits entwickelten Blütenknospen nicht mehr, das Blühen hört auf. Stellt man die Pflanze wieder an den früheren Ort, in direktes Sonnenlicht, so öffnen sich die Knospen wieder normal.

VÖCHTING¹⁾ hat durch genaue Versuche bewiesen, daß das Licht tatsächlich einen ganz überraschenden Einfluß auf die Entwicklung der Blüten ausübt. Indem er verschiedene Pflanzen: *Mimulus Tiliugi*, *Linaria spuria*, *Lamium amplexicaule*, *Lobelia erinus* u. a. in verschiedener Entfernung von einem Fenster aufstellte, sie also verschiedener Lichtintensität aussetzte, kam er zu dem Resultat, daß die Zahl der sich entwickelnden Blüten mit verminderter Belichtungsstärke sinkt. Ebenso nimmt die Größe der Blüten mit der Verringerung der Lichtintensität ab. Hand in Hand mit der Verkleinerung der Blüte gehen auch Gestaltungsveränderungen vor sich und jene Pflanzen, die neben offenen Blüten auch geschlossene (kleistogame) zu entwickeln pflegen, werden zur Bildung der letzteren angeregt.

Die Pflanze bedarf zur Entwicklung der Blüten einer gewissen Intensität des Lichtes; sowie diese Intensität unter ein gewisses Maß sinkt, wird die Zahl und Größe der Blüten eingeschränkt oder das Blühen hört schließlich ganz auf. Die für die Blütenentwicklung notwendige Lichtstärke ist bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden. Sie ist eine andere bei Sonnen- und eine andere bei Schattenpflanzen. *Impatiens parviflora*, eine Schattenpflanze, erzeugt bei der Lichtintensität, die bei der *Malva vulgaris* kann noch Knospen erzeugt, noch vollständige Blüten.

Bei dieser Gelegenheit sei auf eine Anschauung hingewiesen, die sich in der neuen und neuesten Literatur eingelebt hat, und die behauptet, daß für die Sonnenpflanze das diffuse Licht das maßgebende und das direkte von mehr nebensächlicher Bedeutung, ja geradezu der Pflanze unwillkommen sei (WIESNER). Diese Behauptung kann aber für die meisten Sonnenpflanzen nicht richtig sein, weil sie der Erfahrung widerspricht. Bäume, die an Orten stehen, wo sie zwar starkes diffuses, aber wenig oder kein direktes Licht genießen, können zwar lange wachsen und alt werden, tragen aber gewöhnlich nie Blüten, geschweige denn Früchte. Ich habe diese Tatsache an Obst- und Waldbäumen durch 40 Jahre beobachtet. Es wird dies auch verständlich, wofern man mit Hilfe der

¹⁾ VÖCHTING, H., Über den Einfluß des Lichtes auf die Gestaltung und Anlage der Blüten. Jahrb. f. wiss. Bot. 1893, Bd. 25, p. 149.

Jodprobe die Stärkebildung gleicher Blätter im diffusen und direkten Lichte vergleicht. In diesem ist die Kohlensäureassimilation regelmäßig viel intensiver als in jenem. Wo käme der Gärtner hin, wenn er Primeln, Chrysanthemen, Azaleen, Pelargonien, Cinerarien, Gurken, Melonen, Obstbäume, kurz Pflanzen, bei denen er auf Blüten oder Früchte rechnet, dem direkten Sonnenlichte entziehen würde? Der größte Mißerfolg wäre die Folge. Die Sonnenpflanze darf, falls sie reichlich blühen und fruchten soll, meiner Meinung nach des ausgiebigen direkten Sonnenlichtes nicht entbehren.

Die meisten Holzarten bringen alljährlich etwas Samen, manche jährlich eine ausgiebige Ernte. Gewisse aber bringen nur in bestimmten Intervallen, innerhalb welcher Reservestoffe in großer Menge aufgestapelt werden, reichlich Samen, eine sogenannte Vollmast.

Die Samenjahre kehren nach v. TUBEUF¹⁾ regelmäßig wieder bei

Pappel, Weide, Hainbuche udw.	alle	1—22 Jahre
Echter Kastanie, Hasel, Obstbäumen	„	2—3 „
Kiefer, Eiche	„	3—5 „
Fichte	„	5—7 „
Buche	„	10—15 „

Die regelmäßige, nach Standort und Klima allerdings innerhalb gewisser Grenzen schwankende Wiederkehr der Samen- und Mastjahre, hängt wohl sicher mit inneren und äußeren Ursachen zusammen und unter den letzteren spielt die Intensität der Belichtung, also die jährlich genossene Lichtsumme gewiß nicht die letzte Rolle. Ist die jährliche Lichtsumme sehr groß, dann werden eben viel Kohlehydrate gebildet, im Stamme gespeichert und nach verhältnismäßig kurzer Zeit zur Bildung der Samen verwendet. Bei geringerer, jährlicher Lichtmenge werden weniger Assimilate gespeichert und es wird daher länger dauern, bis es zu einem Mastjahr kommt. Ist die Lichtsumme während eines Jahres über Erwarten günstig, so läßt sich, sonst normale Verhältnisse vorausgesetzt, nach meinen Erfahrungen für das nächste Jahr ein starker Blütenansatz voraussagen und wenn die Verhältnisse auch sonst günstig sind, auch ein reichliches Obstjahr.

In Übereinstimmung mit dieser meiner Ansicht stehen auch die Erfahrungen der Forstleute. Wir verdanken SEEGER²⁾ eine lehrreiche Übersicht über den Samenertrag der wichtigsten Waldbäume in seiner Abhängigkeit von äußeren Faktoren. Der Witterungsverlauf der einzelnen Jahre läßt darauf schließen, daß dieser eine in der Regel übereinstimmende Wirkung auf die Samenernte ausübt. Nach SEEGER antworten alle Holzarten gleichmäßig auf gewisse Änderungen ihrer äußeren Lebensbedingungen mit ihrem Samenertrag. Nasse, kalte Vegetationsmonate wirken hemmend. Wärme, trockene und durch viel Sonnenschein ausgezeichnete Monate wirken auf die Blüten- und Samenbildung des nächsten Jahres fördernd, vorausgesetzt, daß sich nicht Fröste im Vorjahr oder im nächsten Frühjahr geltend machen und die Blütenanlagen zerstören oder schädigen.

Da die Witterungsverhältnisse in jedem Jahre verschieden sind, so können sich auch die Mastjahre nicht in bestimmten Zeitabschnitten wiederholen.

Mit der Unterdrückung der Blütenbildung durch Lichtmangel stellt sich eine Förderung der vegetativen Tätigkeit ein, wie es namentlich

¹⁾ TUBEUF, K. v., Samen, Früchte und Keimlinge der . . . forstlichen Kulturpflanzen. Berlin 1891, p. 139.

²⁾ SEEGER, Ein Beitrag zur Samenproduktion der Waldbäume im Großherzogtum Baden. Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirtschaft. 11. Jg. 1913, p. 529—554.

schön bei *Minulus Tilingi* zu beobachten ist. Als VÖCITING diese Pflanze bei schwachem Lichte kultivierte, ging sogar der Blütenessproß zur Bildung von Laubtrieben über. Bei Lichtmangel lassen sich diese und andere Pflanzen jahrelang bei rein vegetativem Wachstum ziehen.

In scheinbarem Widerspruch mit den geschilderten Experimenten steht die Tatsache, daß Zwiebeln und Knollen von Tulpen, Hyazinthen, Crocus u. a. auch in vollständiger Finsternis ihre Blüten entwickeln. Man darf aber nicht vergessen, daß die Blütenknospen in der Zwiebel dieser Pflanzen schon fertig angelegt sind und die Knollen und Zwiebeln reich gefüllte Reservestoffbehälter darstellen, die zur völligen Weiterentwicklung der Blüte ausreichen.

Die chlorophyllosen, dikotylen Schmarotzerpflanzen (Orbanche, *Lathraea* u. a.) vermögen gleichfalls alle ihre Organe im Finstern zu entwickeln, wenn nur ihre Wirtspflanzen belichtet sind. Diese bilden das Nahrungsmittel für den Parasiten¹⁾.

Wie sehr die Fortpflanzung bei niederen und höheren Pflanzen von äußeren Bedingungen abhängig erscheint, haben die Untersuchungen von KLEBS²⁾ gelehrt. Er hat gezeigt, wie man durch Änderungen der Außenbedingungen die Fortpflanzung willkürlich hervorrufen oder durch vegetatives Wachstum unterbrechen kann. So gelang es ihm, *Glechoma hederacea* durch die Kultur im Warmhaus, wo die Pflanze vorzugsweise höhere Temperatur und größere Feuchtigkeit genießt als im Freien, in rein vegetativem Wachstum zu erhalten, hingegen Blütenbildung hervorzurufen, wenn er von Sprossen solcher Glashauspflanzen im Sommer Stecklinge machte, in kleinen Töpfen kultivierte und im Winter kühl stellte. Solche Pflanzen blühten im folgenden Frühjahr. Rascher kommt man zum Ziele, wenn man Ableger der Glashauspflanzen in kleinen Töpfen mit wenig Nährstoff in der Erde, relativ trocken und hell zieht³⁾.

Eine treffliche Zusammenstellung aller bisher bekannt gewordenen Umstände, von denen das Blühen abhängt, verdanken wir MOEBIUS⁴⁾. Es kommen dabei in Betracht: das Alter der Pflanze, Licht, Wärme, Feuchtigkeit, Ernährung, Standort und anderes. Hier finden sich auch zahlreiche Belege für den großen Einfluß des Lichtes auf die Entwicklung der Blüten.

Wärme. Ihr Einfluß kann sich auf das Blühen in sehr verschiedener Weise äußern. Sie kann die Anlage der Blüte beschleunigen, verzögern oder sogar verhindern. Pflanzen, die bei uns im Sommer blühen, entwickeln ihre Blüten in südlicheren Gegenden schon im Frühjahr.

Gewisse Gewächse, z. B. Erdbeeren, Veilchen und Vergißmeinnicht, tragen im tropischen und subtropischen Klima fast das ganze Jahr hindurch Blüten. Auch die Rebe trägt in Cumana (Venezuela) und in Chartum (Ägypten) das ganze Jahr Blüte und Frucht.

Umgekehrt kann höhere Wärme die Blütenbildung geradezu unterdrücken. FRITZ MÜLLER bemerkt, daß die meisten zweijährigen Pflanzen

1) GOEBEL, K., *Organographie der Pflanzen*. 1. Aufl. 1898, p. 221.

2) KLEBS, G., *Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen*. Jena 1896.

Derselbe, *Willkürliche Entwicklungsänderungen usw.*, I. c.

3) KLEBS, G., *Willkürliche Entwicklungsänderungen*, I. c. p. 35.

4) MOEBIUS, M., *Beitr. z. Lehre von der Fortpflanzung*, I. c.

kälterer Länder in Brasilien zwar ins Kraut schießen, jedoch niemals blühen. So hatte er das in Europa heimische *Echium vulgare* aus Samen in Brasilien gezogen, innerhalb von 10 Jahren aber niemals ein Blühen feststellen können. Kümmel, Kohl, Rüben, Petersilie u. a. scheinen hier nie zu blühen¹⁾. Diesen Gewächsen scheint eine gewisse niedere Temperatur für die Blütenanlage notwendig zu sein, und wenn viele Unkräuter sich im Tropengürtel nicht halten, so dürfte dies mit der Unterdrückung der geschlechtlichen Tätigkeit durch allzu hohe Temperatur und Feuchtigkeit zusammenhängen.

Die Feuchtigkeit. Nach den bisherigen Erfahrungen wird durch verminderte Wasserzufuhr und Trockenheit der Luft die Blütenbildung begünstigt, durch reichliche Bewässerung und große Feuchtigkeit der Luft geschwächt. Dabei wird natürlich vorausgesetzt, daß die Trockenheit nicht einen allzu hohen Grad erreicht, weil sonst eine Schädigung der Pflanze eintreten kann.

Die Praktiker machen von diesen Erfahrungen oft Gebrauch, namentlich bei südlichen Pflanzen, die bei uns ihre Samen unter gewöhnlichen Umständen schwer zur Reife bringen. Sorgt man für trockenere Luft, besonders aber für eingeschränkte Wasserzufuhr, so wird das Blühen und das Reifen der Samen beschleunigt.

Wiesenpflanzen, die gut bewässert werden, bilden viel mehr Blattwerk, während die Gräser auf zu trockenen Wiesen niedrig bleiben und mehr Ähren tragen. Kulturpflanzen, bei denen man auf Laub rechnet, wird man daher zweckmäßig feucht ziehen, Kulturpflanzen, bei denen man es auf Samen und Früchte abgesehen hat, wird man eher etwas trocken halten. Selbstverständlich nicht allzuviel, weil man sonst Blüte und Frucht leicht zum Abfall bringt.

Nährsalzmangel. Mit der mangelhaften Wasserzufuhr ist gewöhnlich auch eine geringere Zuleitung mineralischer Salze verbunden und diese wirkt bis zu einem gewissen Grade in demselben Sinne wie Wassernot. Üppige Ernährung begünstigt die vegetative Tätigkeit, Holz- und Blattbildung. Hemmung und Veränderung der Ernährung bei gleichzeitig stattfindender, starker Kohlensäureassimilation fördert die Blütenbildung. Wenn hier vom Salz-mangel die Rede ist, so soll damit nicht gesagt sein, daß die Zufuhr von Mineralsalzen sehr bedeutend unter das Normale sinken muß. Es kommt nur darauf an, daß die anorganischen Verbindungen nicht in demselben Maße zuströmen, als die plastischen (Zucker, Stärke) sich anhäufen.

Es kommt nicht selten vor, daß zum Verdrusse der Gärtner Pflanzen zu frühe zum Blühen gelangen. Salat, Kohl, Rüben und Sellerie dürfen vor einer gewissen Zeit nicht „aufschießen“. Vom Salat und Kohl erwartet man, daß sie zunächst ihr „Hauptel“ bilden, und von der Zuckerrübe, daß sie im ersten Jahre eine große, zuckerreiche Wurzel ausbildet und erst im zweiten Jahre blüht und fruchtet. Blüht die Rübe schon im ersten Jahre, so lagert sie in der Wurzel, die in diesem Falle eine mehr holzige Konsistenz annimmt, nur spärlich Zucker ab.

RIMPAU hat für Rüben gezeigt, daß Verlangsamung und Unterbrechung des Wachstums, z. B. infolge von Kälte und Frösten, das Streben zur Blütenbildung begünstigt. DE VRIES hingegen überzeugte sich durch

¹⁾ MOEBIUS, l. c. p. 109.

Versuche mit *Oenothera Lamarekiana*, einer für gewöhnlich zweijährigen Pflanze, daß diese durch eine bessere Lebenslage (gute Ernährung, Düngung, weiten Abstand der Pflanzen) schon im ersten Jahre zum Blühen veranlaßt wird. Dichter Stand, Beschattung, Mangel an Dünger und Sandboden aber fördern die Zweijährigkeit¹⁾.

Bei dieser Gelegenheit sei auch darauf hingewiesen, daß man in bestimmten Fällen einjährige Pflanzen dadurch in zwei- oder sogar dreijährige umwandeln kann, daß man die Blütenknospen in möglichst jungem Stadium auskneipt. Auf diese Weise konnte ich Sommerleukojeen zwingen, auch im Winter zu blühen und ferner konnte ich die einjährige *Reseda odorata* in ein 2- bis 3jähriges Bäumchen umwandeln, vgl. p. 220.

Die verschiedenen Mineralsalze sind keineswegs für die Blüten- und Fruchtbildung von gleicher Bedeutung, denn gewisse Erfahrungen sprechen dafür, daß Mangel an Stickstoffsalzen die Blütenbildung fördert, Reichtum an solchen aber die Trieb- und Laubbildung begünstigt. Phosphate fördern Blühen und Früchten.

Theoretisches über Blütenbildung. Im vorhergehenden wurde darüber berichtet, unter welchen äußeren Bedingungen Blütenbildung eintritt oder nicht eintritt, und nun soll die Frage erörtert werden, wie die gewonnenen Beobachtungen dazu verwertet werden können, die Blütenbildung zu erklären.

SACHS²⁾ hat die Meinung ausgesprochen, daß in der Pflanze neben verschiedenen plastischen Stoffen, z. B. Stärke, Zucker, noch besondere organbildende auftreten sollen, die zur Entstehung bestimmter Organe Veranlassung geben. So spricht SACHS von „wurzelbildenden“ oder „blütenbildenden“ Stoffen, die den Vegetationspunkt bestimmen, mit plastischen Assimilaten dieses oder jenes Organ zu bilden. Diese von dem genannten Forscher aufgestellte Hypothese stellt aber eigentlich nur eine Umschreibung des vorhandenen Rätsels dar, da sie uns nicht sagt, was denn eigentlich die organbildenden Stoffe sind und warum sie sich an bestimmten Orten ansammeln.

Nach bekannten Erfahrungen geht das Gestaltende in der Pflanze von dem Protoplasma aus, dieses bleibt an Ort und Stelle, es wandert nicht. Es ist daher von vornherein wahrscheinlich, daß, wenn Blütenbildung eintreten soll, ein gewisses Etwas in der Pflanze auftreten muß, um das Plasma eines Vegetationspunktes anzuregen, Blüten- und nicht Laubspresse zu bilden. Was ist nun dieses gewisse Etwas?

GOEBEL³⁾ und KLEBS⁴⁾ sehen in der Qualität und Quantität der vorhandenen Nährstoffe das Ausschlaggebende für die Bildung eines bestimmten Organs und so auch der Blüte. Für diese Annahme sprechen viele Tatsachen, denn alle die Mittel, die dazu dienen, die Fruchtbarkeit der Pflanze, z. B. der Obstbäume, zu heben, führen im Grunde genommen zu einer Anhäufung von plastischen Stoffen, insbesondere von Kohlehydraten, in Form von Zucker und Stärke. Ich bin daher mit LOEW⁵⁾,

¹⁾ DE VRIES, H., Die Mutationstheorie, 1901, I. Bd., p. 616ff.

²⁾ SACHS, J., Stoff und Form der Pflanzenorgane. Arb. d. bot. Instit. z. Würzburg. II, 1880, p. 452; 1882, p. 689.

³⁾ GOEBEL, K., Einleitung in die exper. Morphologie der Pflanzen, I. c. p. 16, 17, 117.

⁴⁾ KLEBS, G., Über die Rhythmik usw., I. c. p. 55.

⁵⁾ LOEW, O., Zur Theorie der blütenbildenden Stoffe. Flora 1905, p. 124 und Ergänzungsband hierzu, p. 324.

FISCHER¹⁾, BENECKE²⁾ und DIELS³⁾ gleichfalls der Meinung, daß bei höheren Pflanzen eine gewisse Konzentration von Zucker die Neigung zur Blütenbildung auslöst und auf die Vegetationspunkte als Reiz einwirkt.

Der Gehalt an Zucker und anderen organischen Baustoffen muß mit der Menge der mineralischen Nährsalze, wenn ein optimales Wachstum stattfinden soll, in einem gewissen harmonischen Gleichgewichte stehen. Bei einer Änderung des gegenseitigen Verhältnisses zugunsten der organischen Nährstoffe nimmt das vegetative Wachstum ab und die Neigung zum Blühen und Fruchten zu. Die Qualität spielt neben der Quantität der Nährstoffe für den Eintritt der sexuellen Tätigkeit eine wichtige Rolle. Je günstiger der Verlauf der Kohlensäureassimilation, desto mehr Zucker und Stärke wird gebildet und desto stärker wird die Disposition (Stimmung) in der Pflanze für die Bildung von Blüten.

Ich glaube wohl nicht erst darauf hinweisen zu müssen, daß die Sache in Wirklichkeit etwas komplizierter sein dürfte, als wir sie uns vorstellen, und daß daher auch die Verallgemeinerungen nicht für jeden einzelnen Fall zutreffen müssen. Sobald wir in den Komplex der Erscheinungen, die zur Blütenbildung führen, einen genaueren Einblick haben werden, als es bis jetzt der Fall ist, werden wir wahrscheinlich das Blühen schon in einem viel früheren Entwicklungsstadium der Pflanze erzwingen und auch die Ursachen des „verfrühten Blühens“⁴⁾, wie es bei verschiedenen Pflanzen beobachtet worden ist, erkennen können.

Gewöhnlich tritt bei mehr- und vieljährigen Pflanzen, wie bereits bemerkt, das Blühen erst in einem gewissen Alter ein. Es kommen aber Fälle vor, wo solche Pflanzen ganz gegen ihre Gewohnheit schon in trübster Jugend zur Blüte kommen. Von Beispielen dieser Frühblütigkeit (Präkoziiflorie)⁵⁾ seien folgende erwähnt. Sämlinge vom Holunder (*Sambucus racemosa*) und Ahorn (*Acer rubrum*), die bereits im 2. Jahre blühten, sind mehrfach beobachtet worden. *Colutea arborescens*, *Cydonia Maulei* und *Ceanothus americanus* blühen in Baumschulen mitunter schon im 2. Jahre. Der von ANDRÉ als *Syringa vulgaris chamaethyrus* beschriebene Fliederstock liefert reichlich Wurzelschößlinge, die frühestens nach 2—3 Jahren blühbar werden. In einer Gärtnerei in Chalons sur Marne blühen diese Schößlinge schon im 1. Frühjahr. Kaum aus dem Boden entsprossen, tragen sie schon Blüten. *Rosa indica*, *R. polyantha* (*multiflora*) *Swietenia Mahagoni*, *Cotinus Coggyria*, *Pinus canariensis*, *Podocarpus totara* u. a. zeigen gleichfalls Frühblütigkeit. Der merkwürdigste Fall betrifft wohl eine keimende Kokosnuß mit drei einfachen zwispaltigen Blättern und einem kleinen, aus der Schale herauswachsenden Blütenstand.

Gefüllte Blüten.

In der Gärtnerei spielt die Züchtung abnormer und krankhafter Erscheinungen eine große Rolle. Wenn ein abnormes Organ, eine Miß-

¹⁾ FISCHER, H., Über die Blütenbildung in ihrer Abhängigkeit vom Licht usw. Flora 1905, p. 478.

²⁾ BENECKE, W., Bot. Ztg. 1906, Jg. 64, p. 97.

³⁾ DIELS, L., Jugendformen und Blütenreife im Pflanzenreich. Berlin 1906.

⁴⁾ DIELS, L., l. c. p. 9.

⁵⁾ GOEZE, E., Praecocifloren. Beihefte z. Botan. Zbl. 30. Bd. 1913, p. 114.

bildung, eine abweichende Färbung, ein Riesen- oder Zwergwuchs, eine absonderliche Wachstumsrichtung oder eine auffallende Veränderung im Bau der Blüte oder Frucht auftritt, dann fragt der Gärtner nicht, ob diese oder jene Veränderung für die Pflanze nützlich oder schädlich ist, sondern er züchtet sie, falls sie beim kaufenden Publikum Anklang zu finden verspricht und dem ästhetischen Empfinden, der Freude am Neuen oder praktischen Bedürfnissen entgegenkommt. Die Karliolrose, der Broccoli-Kohl, der Kopfkohl und Kopfsalat mit seinen zu einem Kopfe zusammenschließenden und sich gegenseitig deckenden Blättern, die Gemüsesorten mit bleichgrünen Blättern, die panaschierten Gewächse, die Trauerbäume und die gefüllten Blüten werden von den Praktikern seit langem gezüchtet, obwohl alle die Eigenschaften, die hier fixiert wurden, der betreffenden Pflanzenart nicht nur nicht nützlich sind, sondern sie sogar schädigen. „Losgelöst vom Menschen erscheint die Kulturpflanze in vielen Fällen nicht veredelt in ihrem Sinne, sondern dekadent und dem Aussterben näher gebracht“¹⁾.

Unter die Mißbildungen, die vom Gärtner in großem Maßstabe zum Gegenstande der Züchtung gemacht worden sind, gehört auch die Füllung der Blüte. —

Was versteht man unter einer gefüllten Blüte? HILDEBRAND²⁾ sagt: „Man kann darüber rechten, ob es richtiger sei, nur diejenigen Blüten gefüllt zu nennen, bei denen die scheinende Blütenhülle, meistens die Blumenkrone, an Zahl und Umfang ihrer einzelnen Teile vermehrt worden, oder ob man auch bei solchen Pflanzen von Füllung der Blüten reden könne, wie dies der gewöhnliche Sprachgebrauch tut, bei welchen, wie z. B. den Compositen, das Ansehen ganzer Blütenstände durch gewisse Umänderungen an einzelnen ihrer Blüten erhöht wird. Streng genommen ist natürlich nur das erstere richtig; beide Umänderungen laufen aber wiederum ja so offenbar auf einen Zweck hinaus, daß man sie geeigneterweise zusammen mit einem gemeinsamen Ausdruck bezeichnen sollte.“ Er schlägt daher vor, alle jene Blüten gefüllt zu nennen, bei denen der Schauapparat, d. h. alle jene Blütenteile, die, wie z. B. die Blumenkrone, zur Anlockung der Insekten dienen, in irgendeiner Weise eine Vermehrung erfahren.

Die Füllung beruht sehr häufig auf der Vermehrung der Blütenblätter. Diese kann nach HILDEBRAND auf verschiedene Weise zustande kommen: 1. durch Spaltung der normalen Blumenblätter in mehrere (Fuchsia); 2. durch Umwandlung der Staubblätter in je ein Blütenblatt (viele Ranunculaceen); 3. durch Spaltung der aus einfachen Staubgefäßen umgewandelten Blütenblätter in mehrere (Caryophyllen); 4. durch Hervorsprossen von Blumenblättern aus der Basis der in Blumenblätter umgewandelten Staubblätter (Clarkia) und 5. durch direktes Hervorsprossen von überzähligen Blütenblättern zwischen den ursprünglichen Blütenblättern und den Staubgefäßen (Campanula³⁾). — Nicht selten findet eine Umwandlung eines sonst grünen Kelehes in ein blumenkronen-

¹⁾ MOLISCU, H., Die Verwertung des Abnormen und Pathologischen in der Pflanzenkultur. Populäre biologische Vorträge. Jena 1920, p. 194.

²⁾ HILDEBRAND, F., Über die Zunahme des Schauapparates (Füllung) bei den Blüten. Jahrb. f. wiss. Bot. 1886, Bd. 17, p. 622.

³⁾ GOEBEL, K., Beiträge zur Kenntnis gefüllter Blüten. Jahrb. f. wiss. Bot. 1886, Bd. 17, p. 207.

artiges Gebilde statt, so bei *Primula elatior*, *Campanula medium* und *Mimulus luteus*.

Korbblütler oder Compositen verwandeln die Scheibenblüten in oft unfruchtbare, zungenförmige Strahlenblüten (*Helianthus*, *Aster*) oder die Röhrenblüten der Scheibe werden lang ausgezogen, wie bei gewissen Astern, oder vergrößert, wie bei *Scabiosa*. Bei zahlreichen Compositen beruht die Füllung hauptsächlich darauf, daß die unscheinbaren Blumenkronen der im Zentrum des Blütenköpfchens gelegenen Röhrenblüten durch große, auffallendere Blumenkronen ersetzt werden (*Bellis*, *Dahlia*, *Achillea*, *Cineraria*, *Chrysanthemum* usw.).

Die Neigung zur Blütenfüllung ist in den verschiedenen Pflanzenfamilien in sehr verschiedenem Grade entwickelt. Die windblütigen Pflanzen, bei denen die Übertragung des Pollens durch den Wind vermittelt wird, bedürfen keines Schauapparates, sie haben daher keinen entwickelt und naturgemäß ist auch bei ihnen nie eine Füllung beobachtet worden.

Bei den insektenblütigen Pflanzen kommen zwar Schauapparate häufig vor, aber dennoch erscheint die Füllung hier nicht gleichmäßig ausgebildet, sie ist bei den einen sehr stark, bei den anderen mäßig oder gar nicht entwickelt¹⁾.

Pflanzen mit zygomorphen (symmetrischen) Blüten (Labiaten, Scrophularineen) haben kein besonderes Streben zur Füllung. Dasselbe gilt von einigen Familien mit aktinomorphen (regelmäßigen) Blüten, z. B. von den Boragineen.

Starke Neigung zur Blütenfüllung offenbart sich bei Ranunculaceen, Rosaceen, Philadelphéen, Begoniaceen, Cruciferen, Liliaceen, Amaryllideen u. a.

Über die Ursachen der Füllung der Blüten liegen nur sehr wenige verlässliche Angaben vor, fast alles, was wir darüber wissen, gipfelt in gewissen allgemeinen, einer genauen Analyse noch harrenden Erfahrungen der Praktiker. Es wäre eine dankbare Aufgabe gärtnerischer Versuchstationen und botanischer Gärten, die Ursachen der Füllung der Blüten einem genauen, experimentellen Studium zu unterwerfen. Die in der Literatur vorhandenen einschlägigen Angaben wurden insbesondere von GOEBEL²⁾ und MASTERS³⁾ zusammengestellt.

Die Erfahrungen der Praktiker sprechen dafür, daß die üppige Ernährung, wie sie der Pflanze gewöhnlich in der Kultur geboten wird, den häufigsten Anreiz zur Füllung der Blüten gibt. In Übereinstimmung damit stehen mehrere Angaben, denen zufolge die Füllung beim Verpflanzen von Tulpen mit gefüllten Blumen in armen Boden zurückgeht. GOEBEL teilt mit, daß bei elf gefüllten Tulpen, als er sie in schlechten Boden verpflanzte, die Zahl der Blumenblätter, Mittelformen und Staubblätter in einem Jahr von 390 auf 279 sank.

Gefüllte Rassen von *Narcissus* und *Anthemis nobilis* sollen, in sehr armen Boden gesetzt, einfach geworden sein. Eine vollkommen gefüllte,

¹⁾ HILDEBRAND, F., l. c. p. 634.

²⁾ GOEBEL, K., l. c.

³⁾ MASTERS, M. T., Pflanzenteratologie. Ins Deutsche übersetzt von U. DAMMER. Leipzig 1886.

weiße Primel blieb andauernd einfach, nachdem sie geteilt und während der Blüte verpflanzt wurde¹⁾.

MORREN behauptet, daß Panachure und Füllung der Blüte sich ausschließen. Die Panachure sei ein Zeichen der Schwäche und diese arbeite der Füllung entgegen. Zugunsten dieser Ansicht scheint die Tatsache zu sprechen, daß die panaschierte *Kerria japonica* stets einfach blüht, während fast alle in Europa kultivierten normalblättrigen *Kerria*-Individuen gefüllte Blumen besitzen. Andererseits läßt sich die erwähnte Behauptung MORRENS mit Rücksicht auf die zahlreichen gefundenen Ausnahmen (*Dianthus*, *Pelargonium* usw.) nicht aufrechterhalten²⁾. —

Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß zuweilen, wenn auch selten, das Gefülltwerden durch mageren Boden ausgelöst wird. So beobachtete DARWIN bei *Gentiana amarella*, die auf einem reinen, kalkhaltigen Boden wuchs, Füllung. Auch bemerkte er eine bestimmte Neigung zur Füllung bei unter ungünstigen Verhältnissen wachsenden Pflanzen von *Ranunculus repens*, *Aesculus pavia* und *Staphylea*³⁾.

Eine große Rolle spielt seit langem in der Gärtnerei die Zucht gefüllt blühender Levkojen (*Mathiola*).

Schon F. A. H. THIELE hat am Beginn des vorigen Jahrhunderts die Frage „wie erzieht man Levkojensamen, der gefüllte Stöcke in Menge gibt, und woran erkennt man ihn“, zu beantworten gesucht. Die positiven Angaben THIELES, die durch spätere gärtnerische Mitteilungen in einem gewissen Grade bestätigt wurden, faßt GOEBEL⁴⁾ folgendermaßen zusammen:

1. „Durch Auswahl resp. Zuchtwahl läßt sich von einfach blühenden Stöcken Samen gewinnen, der allmählich immer mehr gefüllt blühende Stöcke liefert, so sehr, daß unter 100 Sämlingen nur 10 oder schließlich gar keine einfach blühenden vorhanden sind.

2. Es geschieht dies, indem immer nur diejenigen einfach blühenden Stöcke zur Nachzucht verwendet werden, welche aus Schoten stammen, welche den meisten gefüllt blühenden Samen geliefert haben. Es muß also auch den in einfach blühenden Samen derartiger Schoten ein ‚Antrieb‘ zur Produktion von gefüllte Pflanzen liefernden Samen vorhanden sein, der größer ist, als in anderen Sorten, oder mit anderen Worten, die Anlage zur Füllung ist latent vorhanden.

3. Die Samenstöcke müssen in Entfernung von „schlechtblühenden“, d. h. viele einfache Samen liefernden Stöcken gehalten werden, sonst findet durch Bestäubung mit dem Pollen der letzteren eine Verschlechterung der Samenqualität der ersteren statt.

4. Die Samen, welche gefüllt blühende Stöcke liefern, lassen sich schon durch ihren Habitus von solchen, aus denen einfache hervorgehen, unterscheiden. Sie sind kleiner als die normalen, unansehnlich, ‚ein groß Teil davon hat die Gestalt eines länglichen Vierecks, andere die Form eines Prismatis und noch andere haben wieder andere miraculöse Formen, es wird kaum die Hälfte der Körner sein, welche die ordentliche runde Gestalt des Levkojensamens haben‘.

5. Solche Samen bilden sich äußerst selten an normal wachsenden, üppig gedeihenden Pflanzen, zahlreich dagegen an unregelmäßig ‚wunderlich unartig, un-

¹⁾ DARWIN, C., Das Variieren der Tiere und Pflanzen usw. Übersetzt von CARUS. II. Bd., Stuttgart 1868, p. 226.

²⁾ MASTERS, M. T., l. c. p. 564.

³⁾ DARWIN, C., l. c. p. 227.

⁴⁾ GOEBEL, K., l. c. p. 285.

gestaltet und miraculös' . . . gewachsenen Stöcken. An diesen finden sich auch unregelmäßige Früchte, krumm und klein, diese geben die besten Samen. Es kommen solche Stöcke indes nicht häufig vor (etwa 5%), dagegen finden sich an fast allen Stöcken einzelne, unregelmäßige Blüten, mit kurzen, dicken Hülsen (soll wohl bedeuten Kelchblättern), kleinen unten zugebogenen Blumenblättern usw. Je mehr solche unförmlichen oder ungewöhnlichen Blüten sich an einem Stocke finden, desto mehr Anlage hat er, solchen Samen hervorzubringen, der stark ins Gefüllte schlägt. Indes geben auch aus derartigen Schoten gewöhnlich nicht alle Samen gefüllt blühende Exemplare.“

CHATÉ¹⁾, der sich auf eine 50jährige Praxis in seiner Familie stützt, und ein besonderes Buch über die Kunst, gefüllt blühende Levkojen zu erhalten, geschrieben hat, sagt: „Die Erfurter Gärtner haben seit langer Zeit den Handel mit Samen dieser Pflanzen bis zu einem gewissen Grade monopolisiert. Um diese Samen zu erhalten, kultivieren dieselben die Pflanzen in Töpfen und stellen sie in großen Kalthäusern auf Stellagen. Sie gießen die Pflanzen nur gerade so viel, daß sie nicht vertrocknen. So kultivierte Pflanzen werden schwächlich, die Schoten derselben kürzer und die Samen weniger zahlreich und besser reif; und diese Samen geben 60—70% gefüllte Blumen. „Die Samen dieser Pflanzen sollen eine ganz abnorme Gestalt haben, die so auffällig ist, daß erfahrene Kultivateure jene, welche gefüllte Blüten bringen werden, von denen, die einfache Blumen geben, trennen können sollen“²⁾.

Es wird auch angegeben, daß die zuerst keimenden Samen einer Aussaat meistens gefüllt blühende liefern, die später keimenden zwar üppigere Pflanzen, aber nur einfache Blüten ergeben³⁾.

Da die Geschlechtsorgane bei der Füllung der Blüte mehr oder minder umgewandelt und dadurch ihrer natürlichen Bestimmung entzogen werden, wird die Blüte entweder völlig oder bis zu einem gewissen Grade unfruchtbar. Häufig ist aber der Stempel in einer gefüllten Blüte noch unversehrt und eine solche Blüte kann gute Samen geben. Auch finden sich in gefüllten Blüten nicht selten Antheren mit Blütenstaub und dieser kann zur Befruchtung entweder einer schon gefüllten oder einer einfachen Blüte verwendet werden. In beiden Fällen kann die Neigung zur Füllung in der nächsten Generation erhöht werden (Papaver, Rosa, Petunia usw.). Für die Zucht gefüllter Levkojen werden nur einfache Blüten verwendet, da die gefüllten gewöhnlich keine Geschlechtsorgane aufweisen. In diesen zur Zucht verwendeten, einfach blühenden Levkojen ist aber das Streben, einen gewissen Prozentsatz von Pflanzen mit gefüllten Blüten hervorzubringen, schon latent vorhanden. Hingegen hat der verwandte Goldlack in den gefüllten Blüten noch normale Geschlechtsorgane.

RIGAMONTI⁴⁾ hat angegeben, daß Nelken- und Primula sinensis-Keimlinge, die abnormerweise drei Keimblätter in einem Quirl anstatt zwei besitzen, gefüllte Blumen bringen. Diese Versuche erfuhren zwar keine Bestätigung, wären aber doch noch fortzusetzen. Einen bedeutenden Einfluß scheint auch die Änderung des Klimas auf die Füllung der Blüten zu haben. Dafür spricht das Verhalten von *Kerria japonica*. Dieser Strauch blüht in seiner Heimat in Japan einfach, nach Europa gebracht, werden die Blüten alsbald gefüllt.

In der Natur trifft man bei wildwachsenden Pflanzen gefüllte Blüten

¹⁾ CHATÉ, E., *Traité des Giroflées*. Zitiert nach MASTERS, l. c.

²⁾ MASTERS, M. T., l. c. p. 557.

³⁾ LÖBNER, M., *Leitfaden für gärtnerische Pflanzenzüchtung*. Jena 1909, p. 29.

⁴⁾ MASTERS, M. T., l. c. p. 558.

schr selten, so bei *Ranunculus*-Arten, *Caltha palustris*, *Cardamine pratensis*, *Anemone alpina*, *Convolvulus arvensis*, *Linaria vulgaris*, *Rosa lutea*, *Lychnis* u. a.¹⁾ Über die Ursache ist nichts Sicheres bekannt, wie denn überhaupt die genauere Analyse der Ursachen der Blütenfüllung noch kaum in Angriff genommen worden ist. Wenn man behauptet, daß ein guter oder schlechter Boden die Blütenfüllung hervorruft, so darf nicht vergessen werden, daß mit dem Begriff Boden eigentlich ein Komplex von Faktoren gegeben ist, die erst durch besondere Versuche auf ihre Wirksamkeit untersucht werden müssen. In der Literatur²⁾ finde ich z. B. die Angabe, daß junge Sämlinge von *Primula sinensis*, wenn sie mit sehr verdünnter Mistjauche begossen werden, nach und nach Füllung zeigen, hingegen, wenn sie mit Hornspanwasser gedüngt werden, nur einfache Blüten hervorbringen. Die Richtigkeit der Angabe vorausgesetzt, müßte bei wissenschaftlicher Untersuchung geprüft werden, welche mineralischen oder organischen Körper der Mistjauche das Wirksame darstellen, ob die Stickstoff-, die Phosphorsalze oder andere Verbindungen.

Vorläufig läßt sich, wenn wir die bisherigen Erfahrungen überschauen, nur ganz allgemein sagen, daß Veränderungen, seien sie klimatischer (*Kerria*) oder ernährungsphysiologischer Art, die Neigung zur Füllung auslösen, besonders wenn Pflanzen in Kultur genommen und üppig ernährt werden.

Zum Schlusse soll hier noch ein Gedanke erwähnt werden, der von v. KERNER³⁾ geäußert wurde. Er spricht die Vermutung aus, daß viele Pflanzen mit gefüllten Blüten (*Levkojen*, *Nelken*, *Mohn* u. a.) die Eigenschaft der Füllung ursprünglich durch den Einfluß von Gallmilben erworben hätten. Wenn in Zukunft die Physiologie der Füllung in Angriff genommen werden wird, so wird man sich auch dieser Idee erinnern müssen, um so mehr, als ja durch PEYRITSCH⁴⁾ tatsächlich gezeigt wurde, daß durch Übertragung von Blattläusen auf

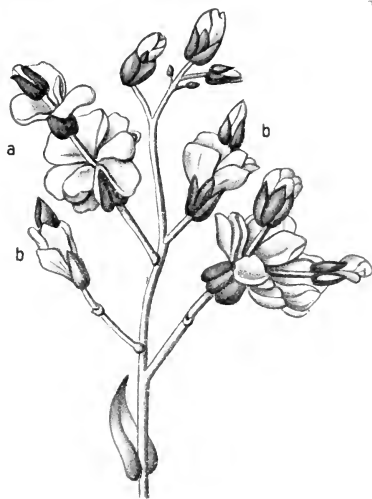


Fig. 115.
Arabis alpina var. *flore pleno*. Blütenproß mit durchwachsenen Blüten. *a* eine dreifach, *b* eine zweifach durchwachsene Blüte. Natürliche Größe. (Original.)

¹⁾ KORSCHINSKY, S., *Heterogenesis und Evolution*, Flora 1901, Bd. 89, Ergänzb. p. 322.

²⁾ *Gartenflora* (REGEL) 1867, p. 82 u. p. 133.

³⁾ KERNER, A. v., *Pflanzenleben*, II, 1891, p. 516.

⁴⁾ PEYRITSCH, J., *Zur Ätiologie der Chloranthien einiger Arabis-Arten*, Jahrb. f. wiss. Bot. 1882, Bd. 13, p. 1.

gewisse Cruciferen (Arabis-Arten) Vergrünungen (Chloranthien) herbeigeführt werden, also Blütenabnormitäten, bei denen die Blütenteile in grüne Blätter umgewandelt werden.

Mit der Füllung der Blüten ist mitunter eine andere Erscheinung verknüpft, die darin besteht, daß aus der Mitte der Blüte eine neue hervorst. Man bezeichnet diese Weiterentwicklung der Blütenachse als Durchwachsung oder Prolifikation. Bekannt und schon von Goethe in seiner „Metamorphose der Pflanze“ gewürdigt sind die durchwachsenen Rosen.

Besonders auffällig wird das Phänomen bei der in Gärten häufig gezogenen *Arabis alpina flore pleno*¹⁾, wo sich der Vorgang der Durchwachsung an ein und derselben Blüte sogar 2- bis 3mal wiederholen kann, so daß 2—3 Blüten zu einem Kettchen verbunden erscheinen (Fig. 145).

In noch prägnanterer Form tritt die Prolifikation bei einer Rasse der *Reseda odorata* zutage, über die HENSLow²⁾ als *proliferons double mignonette* berichtete:

„Bei ihr durchwächst jede Blüte, sofort an der Achsenspitze eine neue Blüte produzierend, so daß diese in größerer Zahl wie die Perlen eines Kolliers an gemeinsamer Achse aufgereiht stehen. Da nun häufig aus einer Blüte zwei Sprosse entspringen, so wird die Infloreszenz bald zu einer ansehnlich verzweigten Rispe, die große Dimensionen annimmt und zahlreiche wohlriechende Einzelblüten umschließt“³⁾.

Gefüllte Blüten des scharfen Hahnenfußes, *Ranunculus acer*, neigen zur Prolifikation und bei einer in Gärten häufig gezogenen gefüllten *Prunus*-Art hat sich diese Erscheinung vererbt.

Die Ursache der Durchwachsung ist nicht bekannt, es hat aber den Anschein, daß Überernährung, wie sie mit der Gartenkultur oft verbunden ist, die Erscheinung begünstigt.

³⁾ Gartenflora 1902, p. 210.

NAWRATIL, H., Zur Morphologie und Anatomie der durchwachsenen Blüte von *Arabis alpina* var. *flore pleno*. Österr. bot. Zeitschr. 1916, p. 353.

¹⁾ HENSLow, G., Note on a Proliferous Mignonette. The Journ. of the Lin. Society. Botany. Vol. XIX. 1882, p. 214—216.

²⁾ SOLMS-LAUBACH, H., Graf zu, Zierpflanzen. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. X. Bd. 1915, p. 933.

SECHSTER ABSCHNITT

Die Keimung des Samens¹⁾.

Die Entwicklung eines jungen Pflänzchens aus dem Samen oder die Keimung spielt in der Gärtnerei, in der Land- und Forstwirtschaft eine so große Rolle, daß wir diesem physiologischen Vorgang einen besonderen Abschnitt widmen müssen. Ist schon die Zahl der aus Stecklingen gezogenen Pflanzen eine sehr große, so ist die Zahl der aus Samen kultivierten eine noch bei weitem größere.

Keimungsbedingungen.

Wenn ein Same keimen soll, dann müssen gewisse innere und äußere Bedingungen erfüllt sein. Zu den letzteren gehören: Wasser, Sauerstoff, eine gewisse Temperatur, evtl. Licht, Frostwirkung und bestimmte chemische Einflüsse.

Wasser. Solange der Same trocken aufbewahrt wird, keimt er nicht; erst wenn er eine gewisse Menge Wasser aufzunehmen Gelegenheit hat, quillt er und keimt, vorausgesetzt, daß auch sonst die inneren und äußeren Keimungsbedingungen erfüllt sind.

Während im allgemeinen die Erfahrung lehrt, daß die Samen trocken aufbewahrt werden müssen, wenn sie ihre Keimungsfähigkeit möglichst lange bewahren sollen, dürfen im Gegensatz dazu die Samen gewisser Wasserpflanzen, z. B. die von Nuphar-, Nymphaea- und Aponogeton-Arten nicht aus dem Wasser herausgenommen und längere Zeit trocken gehalten werden, weil sie sonst bald ihre Keimkraft verlieren. Die Samen der *Victoria regia* versenden die Samenhandlungen stets in Wasser, weil ihnen, wie ich vermute, das Austrocknen schadet.

Dagegen schreibt mir ein erfahrener Praktiker, Herr Gartenbaninspektor C. BONSTEDT in Göttingen: „Seit vielen Jahren hebe ich Samen von tropischen Nymphaeen nur noch trocken auf; sie behalten so ihre Keimkraft viele Jahre lang.

¹⁾ NOBBE, F., Handbuch der Samenkunde. Berlin 1876.

DETNER, W., Vergleichende Physiologie des Keimungsprozesses der Samen. Jena 1880.

TUBEUF, K. V., Samen, Früchte und Keimlinge der . . . forstlichen Kulturpflanzen. Berlin 1891, p. 139.

KLEBS, G., Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung. Untersuch. a. d. bot. Institut. z. Tübingen. 1885. IV. Heft, p. 536.

BENARY, E., Die Erziehung der Pflanzen aus Samen. 2. Aufl. Berlin 1911.

KINZEL, W., Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung. Stuttgart 1913.

LAKON, G., Die neuen Forschungsergebnisse auf dem Gebiete der Samenkeimung. Die Naturwissenschaften. 1914, 2. Jg., p. 966.

Wie es mit Nuphar und Victoria sich verhält, vermag ich nicht anzugeben. Victoria keimte hier noch oft, wenn die Samen in der Erde im Freien, selbst dem Frosts ausgesetzt, gelagert hatten.“

Man bringt bei der Sämlingszucht die Samen entweder direkt in feuchten Boden und sorgt für gute Bewässerung oder man läßt, um den Keimungsvorgang zu beschleunigen, die Samen zunächst in gewöhnlichem Wasser 6—24 Stunden quellen und versetzt sie dann in ihr Keimbett: in Sand, Erde, Fließpapier, Flanellappen, Ziegelmehl oder Sägespäne¹⁾. Merkwürdigerweise gibt es auch Samen, die selbst nach längerem Liegen nicht zu quellen vermögen und daher auch nicht keimen. Oder es quillt nur nach und nach ein gewisser Prozentsatz.

Am 1. März 1915 legte ich in Leitungswasser 50 Samen von *Gleditschia japonica* ein. Das Wasser wurde, um Fäulnis zu vermeiden, jeden 3. Tag gewechselt.

Davon quollen nach	1 Tage	4 im ganzen
„ „ „ „	5 Tagen	5 „ „
„ „ „ „	6 „	7 „ „
„ „ „ „	7 „	8 „ „
„ „ „ „	9 „	9 „ „
„ „ „ „	18 „	10 „ „
„ „ „ „	43 „	11 „ „
„ „ „ „	51 „	12 „ „
„ „ „ „	60 „	15 „ „
„ „ „ „	61 „	16 „ „
„ „ „ „	65 „	17 „ „
„ „ „ „	76 „	19 „ „
„ „ „ „	90 „	20 „ „
„ „ „ „	104 „	21 „ „
„ „ „ „	113 „	23 „ „
„ „ „ „	118 „	24 „ „
„ „ „ „	156 „	25 „ „
„ „ „ „	158 „	26 „ „
„ „ „ „	162 „	27 „ „
„ „ „ „	245 „	28 „ „
„ „ „ „	255 „	29 „ „
„ „ „ „	289 „	30 „ „
„ „ „ „	330 „	31 „ „
„ „ „ „	371 „	32 „ „
„ „ „ „	475 „	34 „ „
„ „ „ „	522 „	35 „ „
„ „ „ „	619 „	36 „ „
„ „ „ „	645 „	37 „ „
„ „ „ „	749 „	38 „ „
„ „ „ „	787 „	39 „ „
„ „ „ „	791 „	40 „ „
„ „ „ „	838 „	42 „ „
„ „ „ „	913 „	43 „ „
„ „ „ „	1022 „	44 „ „
„ „ „ „	1289 „	46 „ „
„ „ „ „	1825 „	47 „ „

Davon quollen nach 2555 Tagen 49 im ganzen. Ein Samen ging verloren.

Es hat also volle 7 Jahre gebraucht, bis von 49 Samen alle quollen und zur Keimung gelangen konnten.

Solche durch ihre außerordentliche Hartschaligkeit ausgezeichnete Samen finden sich bei den Gattungen *Trifolium*, *Medicago*, *Acacia*, *Sper-*

¹⁾ Ausführlicheres über Anzucht von Keimlingen findet man bei GRAFE, V., Ernährungphysiologisches Praktikum der höheren Pflanzen. Berlin 1914, p. 1—47,

gula, Polygonum, Cordylone, besonders aber bei Trigonella, Genista, Ulex, Tetragonobolus, Gleditschia, Robinia und anderen Hülsenfrüchtlern. Die Hartschaligkeit ist im anatomischen Bau und wahrscheinlich auch in der Chemie der Samenschale begründet. Manche dieser Samen können bis 20 Jahre und darüber im Wasser liegen, ohne daß so viel Wasser eindringt, als zur Keimung genügt. Vor etwa 32 Jahren schloß NOBBE¹⁾ Samen verschiedener, schwer keimender Leguminosen in Gefäße mit Wasser ein und beobachtete, wie viele quollen und auskeimten. Dabei ergab sich das überraschende Resultat, daß im zweiten und dritten Jahrzehnt in jedem Jahr nur 1—2 Samen keimten.

Schneidet oder feilt man aber solche Samen vorsichtig an oder führt man solche Verletzungen, wie dies bei Rotklee- und anderen kleinen Leguminosensamen im großen geschieht, mit Ritzmaschinen durch, so wird dadurch das Quellungshindernis beseitigt, das Wasser dringt durch die geschaffene Lücke ein, der Same quillt und keimt.

Zur Beseitigung des Quellungshindernisses dient auch Eintauchen der Samen in konzentrierte Schwefelsäure²⁾ für kürzere oder längere Zeit oder die Behandlung mit heißem Wasser. Rotklee Samen werden 15 Minuten und die von Albizzia lophanta durch 8 Stunden der Säure ausgesetzt und nachher mit Wasser gespült.

Jüngst hat DE VRIES³⁾ gezeigt, daß Samenproben von Oenothera, die unter gewöhnlichen Verhältnissen nur zu einem geringen Prozentsatz keimen, zur vollen oder fast vollen Keimung veranlaßt werden, wenn man die Samen bei einem Druck von 6—8 Atmosphären 2—3 Tage im Wasser quellen läßt. Hierbei tritt das Wasser höchstwahrscheinlich in sehr feine, lufthaltige Ritze der Hartschicht hinein, wodurch ein beschleunigtes Aufquellen ermöglicht wird.

Die Samen von Canna und Palmen sind gleichfalls sehr hartschalig. Will man sie rasch zur Keimung bringen, so empfiehlt es sich, sie mit heißem Wasser von 75—80° C zu übergießen und dann bei langsamer Abkühlung 24 Stunden darin zu belassen.

Die Hartschaligkeit mancher Samen ist mitunter mit einer ganz überraschenden Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperatur selbst in siedendem Wasser verbunden. SCHNEIDER-ORELLI⁴⁾ zeigte, daß einzelne unverletzte Medicagosamen, z. B. *M. denticulata* und *M. arabica* einen 7½stündigen Aufenthalt in siedendem Wasser (98°) oder ein ½stündiges Liegen im Wasser von 120° C unter Druck auszuhalten vermögen, ohne die Keimfähigkeit einzubüßen.

Zur Erleichterung der Keimung hartschaliger Samen, besonders von solchen, die unter gewöhnlichen Verhältnissen im Frühjahr ausgesät, erst im zweiten Jahre aufgehen würden (Rose, Kernobst usw.), wird in der Gärtnerei das sogenannte Stratifizieren angewendet. Bei diesem Verfahren werden die Samen gleich im Herbst schichtenweise zwischen feuchten Sand in einen Topf oder in einen Kasten gelegt und dann im Freien oder im Keller in gut verschlossenen Gefäßen eingegraben.

¹⁾ Zitiert nach NEGER, FR. W., Biologie der Pflanzen. Stuttgart 1913, p. 727.

²⁾ HILTNER, L., Die Keimungsverhältnisse der Leguminosensamen und ihre Beeinflussung durch Organismenwirkung. Arb. a. d. Biol. Abt. f. Land- u. Forstwirtschaft. a. Kais. Gesundheitsamte. 1902, Bd. III, Heft 1.

³⁾ DE VRIES, H., Über künstliche Beschleunigung der Wasseraufnahme in Samen durch Druck. Biol. Zbl. 1915, p. 161.

⁴⁾ SCHNEIDER-ORELLI, O., Versuche über die Widerstandsfähigkeit gewisser Medicagosamen (Wollkletten) gegen hohe Temperaturen. Flora 1910, Bd. 100, p. 305.

Im Frühjahr werden die Samen herausgenommen und mit dem anhaftenden Sand ausgesät; ihre Keimung erfolgt dann alsbald.

Das Stratifizieren erhält die Samen vieler Pflanzen länger keimfähig und fördert die Keimkraft.

Der Sauerstoff ist eine wesentliche Bedingung der Keimung. Die meisten im Wasser untergetauchten Samen von Landpflanzen keimen wegen mangelhafter Sauerstoffzufuhr überhaupt nicht. Ja, wenn manche Samen, z. B. die der Feuerbohne, auch nur zur Hälfte ins Wasser tauchen, erscheint ihre Keimung schon beeinträchtigt. Da mit der Bodentiefe der Sauerstoffgehalt mehr und mehr abnimmt, so kann dies von einer gewissen Bodentiefe an für die Keimung von Bedeutung sein. Dies ist unter anderem der Grund, warum die Samen beim Aussäen nicht zu tief in den Boden gelangen dürfen. Man hat für die wichtigsten Kulturpflanzen eine gewisse Saattiefe ausfindig gemacht, die innerhalb gewisser Grenzen eingehalten werden soll. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, daß bei der Bestimmung der Saattiefe der Sauerstoffgehalt das allein Maßgebende sei, denn es kommen hierbei sicher noch andere Umstände, wie Dichte des Bodens, Wärme, Feuchtigkeit, mechanische Hindernisse, Licht und Menge der Reservestoffe in Betracht. Bedarf der Same zur Keimung des Lichtes, so soll er entweder gar nicht oder nur wenig mit Erde bedeckt werden; hat er nur wenig Reservestoffe, so wird er in einer gewissen Tiefe zwar noch keimen, allein er wird nicht instande sein, einen genügend langen Stengel zu bilden, um noch die Oberfläche des Bodens zu erreichen.

Als JESSEN¹⁾ je 100 der nachstehend bezeichneten Samen in verschiedene Bodentiefe brachte, keimten in Proz. bei einer Tieflage von

em	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17½	20
Phleum pratense	100	90	96	92	71	42	56	38	31	46	50	31					
Secale cereale	50	56	50	50	40	52	38	38	38	27	21	13	20	19	8	10	4
Zea mais	46	65	67	50	90	98	100	71	77	79	69	60	52	54	38		
Tritolium repens	44	35	31	17	19	13	15	10	6	4	4	8					

Die Praktiker pflegen die Saattiefe nach der Größe der Samen einzurichten. „Grobe Samen vertragen eine starke Bedeckung, verlangen sie sogar, z. B. Puffbohnen 5–6 cm; kleinere Samen dagegen eine schwache; ganz feine Samen bedeckt man gar nicht oder schützt sie höchstens durch eine Glastafel gegen das Austrocknen. Andere Samen, besonders feinsamige Stauden, die schwer keimen, z. B. Gentiana, alpine Primeln u. a., bedeckt man mit zerhacktem Moos, welches das Austrocknen erschwert. Erwähnt sei hierbei, daß manche Alpenpflanzen vorteilhaft auf Schnee gesät oder mit Schnee bedeckt werden, um gut zu keimen. Als allgemeine Regel gilt, daß die Bedeckung ungefähr der Stärke des Durchmessers der Samen gleichkommen muß²⁾. Bei Aussaaten im Garten oder freien Lande empfiehlt sich aus verschiedenen Gründen (Gefahr des Austrocknens, Vernichtung durch Vögel usw.) eine stärkere Bedeckung.

Temperatur. Es wurde schon bei der Besprechung des Wachstums (p. 128) hervorgehoben, daß sich dasselbe nur innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen, dem Temperaturminimum und dem Temperaturmaximum, vollzieht; innerhalb dieser äußersten Grenzen aber mit verschiedener Intensität, am besten bei dem Temperaturoptimum. Für

¹⁾ DETMER, W., l. c. p. 548.

²⁾ BENARY, E., l. c. p. 45.

die Keimung, die ja im Grunde genommen nichts als Wachstum ist, gilt dasselbe.

Im allgemeinen kann man sagen, Pflanzen eines kalten, alpinen oder arktischen Klimas haben gewöhnlich tiefer liegende Kardinalpunkte der Temperatur als tropische Gewächse. Die folgende Tabelle von FR. HABERLANDT¹⁾ gibt die Kardinalpunkte der Keimung für verschiedene Kulturpflanzen:

	Minimum zwischen ° C	Optimum zwischen ° C	Maximum zwischen ° C
Weizen	0— 4,8	25— 31	31— 37
Roggen	0— 4,8	25— 31	31— 37
Gerste	0— 4,8	25— 31	31— 37
Hafer	0— 4,8	25— 31	31— 37
Mais	4,8— 10,5	37— 44	44— 50
Rispenhirse	4,8— 10,5	37— 44	44— 50
Moorhirse	4,8— 10,5	37— 44	44— 50
Mohar	0— 4,8	—	44— 50
Hanf	0— 4,8	37— 44	44— 50
Buchweizen	0— 4,8	25— 31	37— 44
Sonnenblume	4,8— 10,5	31— 37	37— 44
Zuckermelone	15,6— 18,5	31— 37	44— 50
Raps	0— 4,8	—	37— 44
Kopfkohl	—	25— 31	31— 37
Lein	0— 4,8	25— 31	31— 37
Rotklee	0— 4,8	31— 37	37— 44
Luzerne	0— 4,8	31— 37	37— 44
Erbse	0— 4,8	25— 31	31— 37
Koriander	—	16— 25	25— 31
Majoran	—	16— 25	25— 31
Kürbis	10,5— 15,6	37— 44	44— 50
Gurke	15,6— 18,5	31— 37	44— 50

Licht und Frost. Noch vor nicht langer Zeit war man der Meinung, daß das Licht auf die Keimung der Samen, von einigen Ausnahmen abgesehen, so gut wie keinen Einfluß habe. Eine solche oft hervorgehobene Ausnahme ist *Viscum album*²⁾. In jüngster Zeit sind aber zahlreiche Fälle bekannt geworden, die die große Bedeutung des Lichtes für das Keimen der Samen außer Zweifel stellen³⁾. Das Licht kann bei verschiedenen Pflanzen ganz verschieden einwirken.

Die Samen der Gesneriaceen⁴⁾, von *Pinguicula vulgaris*, *Ficus aurea*, *Ranunculus sceleratus* keimen nur am Lichte, dagegen wird die Keimung von *Nigella sativa* im Lichte unter gewöhnlichen Umständen völlig verhindert (KINZEL)⁵⁾. Ist die Wirkung des Lichtes auf die Keimung eine

¹⁾ DETMER, W., l. c. p. 427.

²⁾ WIESNER, J., Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Abt. I, 1894.

HEINRICHER, E., Ebenda 1912, p. 586.

³⁾ KINZEL, W., Frost und Licht, l. c.

LEHMANN, E., Neuere Untersuchungen über Lichtkeimung, Ztschr. f. Bot. 1909, I. Jg., p. 122.

Derselbe, Ebenda 1913, V. Jg., p. 365.

GASSNER, G., Beitr. z. Frage der Lichtkeimung, Zeitschr. f. Botan. 1915, p. 609.

⁴⁾ FIGDOR, W., Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1907, p. 582.

⁵⁾ Nach meinen Beobachtungen keimt ein geringer Prozentsatz von *Nigella damascena flore pleno* bei gewöhnlicher Zimmertemperatur auch im Lichte.

günstige, so spricht man von „Lichtkeimern“, im entgegengesetzten Falle von „Dunkelkeimern“.

Beschleunigt wird die Keimung durch das Licht bei *Veronica peregrina* (HEINRICHER), *Sarracenia flava*, *Darlingtonia californica* und den meisten *Allium*-Arten.

Es ist ganz erstaunlich, welche kurze Belichtung manchmal schon ausreicht, um die Keimung zu beeinflussen. Nach RACIBORSKI¹⁾ genügt schon eine einstündige Belichtung, um die Keimung der Samen von *Nicotiana* zu ermöglichen²⁾. Und bei *Nigella* setzt nach KINZEL eine nur 3 Minuten dauernde Belichtung das Keimprozent herab.

Die Temperatur kann aber die Lichtwirkung stark beeinflussen. Die Samen von *Nigella sativa*, die monatelang bei 20° im Lichte nicht keimen, zeigen, obwohl wesentlich langsamer als normal verdunkelte, Keimung, wenn die Temperatur auf 10–15° C erniedrigt wird.

Einen ganz ungewohnten Erfolg erzielte LEHMANN³⁾ bei den Samen vom Weiderich, *Lythrum salicaria*, denn hier bringt bei einer Temperatur von etwa 30° eine Belichtung von 1 Minute die gequollenen Samen, die im Dunkeln auch nach 10 Tagen nicht oder in sehr geringen Prozentsätzen auskeimen, innerhalb 11 Stunden zu fast 25% zur Keimung. Bei 30° Keimbetttemperatur genügt schon eine $\frac{1}{10}$ Sekunde dauernde Belichtung mit 730 H. Kerzen, etwa 50% der Samen innerhalb 24 Stunden zur Keimung zu veranlassen.

Die Begünstigung der Keimung wird vornehmlich durch die Strahlen geringerer Brechbarkeit, durch die roten bis gelben, erzielt. Die grünen, blauen und violetten Strahlen hemmen die Keimung, und zwar auch die der Dunkelkeimer. Doch gilt dies nicht ausnahmslos, es kann auch eine Förderung der Keimung bei manchen Samen im Blau eintreten, ja bei einer und derselben Pflanzenart kann je nach Umständen sich ein ganz verschiedenes Resultat ergeben. Gerade bei den Beziehungen des Lichtes zur Keimung wird man sich hüten müssen, Ergebnisse, die auf Grund einiger Versuche gewonnen wurden, gleich zu verallgemeinern.

Die Gattungen einzelner Familien erweisen sich bezüglich des Lichtinflusses auf die Keimung bald gleich, bald verschieden. Nach FIGDOR verhalten sich die Gesneriaceen-Gattungen *Streptocarpus*, *Naegelia*, *Saintpaulia* und *Sinninga* gleich, ebenso nach KINZEL alle untersuchten *Verbasum*-Arten. Die Arten der Gattungen *Viscum*, *Soldanella* und *Allium* zeigen aber dem Lichte gegenüber ein sehr verschiedenes Verhalten.

Die Samen mehrerer *Amarantus*-, *Celosia*- und *Bitum*-Arten erwiesen sich bei Zimmertemperaturen als lichtscheu. Verdunkelung begünstigt ihre Keimung⁴⁾.

Wohl zu beachten bei dem Einfluß der Lichtwirkung ist auch der der Temperatur. Samen, die bei einer bestimmten Temperatur nur im Lichte keimen, sind bei höheren Temperaturen auch im Dunkeln zur

¹⁾ RACIBORSKI, M., Über die Keimung der Tabaksamen. Extrait du Bull. de l'Institut bot. de Buitenzorg 1900, No. 6.

²⁾ Es scheinen sich nicht alle Tabaksorten gleich zu verhalten, denn ich fand oft, daß Tabaksamen zwar im Lichte rascher und besser keimen, aber auch im Finstern zur Keimung gelangen (Zimmertemperaturen).

³⁾ LEHMANN, E., Über die minimale Belichtungszeit, welche die Keimung der Samen von *Lythrum salicaria* auslöst. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. Bd. 36 (1918), p. 157.

⁴⁾ BAAR, H., Über den Einfluß des Lichtes auf die Samenkeimung usw. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien 1912, Bd. CXXI, Abt. I, p. 667.

Keimung zu bringen und manche Samen werden je nach der Temperatur durch das Licht gefördert oder gehemmt¹⁾. Bei niedrigerer Temperatur ist im allgemeinen eine stärkere Belichtung nötig als bei höherer Temperatur.

Während der Winterruhe liegen viele Samen entweder gequollen im Boden oder ungequollen in den Früchten, niederen Temperaturen oft tief unter Null ausgesetzt. Es war mit Rücksicht auf die günstige Wirkung der Kälte auf die Kürzung der Ruheperiode unserer Gehölze von vornherein nicht unwahrscheinlich, daß dasselbe auch bei Samen der Fall sein könnte. Das haben die Untersuchungen von KINZEL, ROSTRUP, DORFIL, PETERSENS u. a. tatsächlich erwiesen. KINZEL²⁾ beobachtete, daß eine Temperaturerniedrigung auf $+2$ und $+5$ schon genügt, um bei *Stachys silvaticus*, *Teucrium chamaedrys* und *Athyraceum ramosum* eine sonst nicht erfolgende Keimung auszulösen. Bei *Gentiana germanica* wurde bei längerer Abkühlung auf -5 bis -10° die Keimung angeregt.

Zu den Pflanzen, die nur nach längerem Durchfrieren keimen, gehören auch: *Androsace*-Arten, *Aretia vitaliana*, *Primula villosa* u. a. Es scheint, daß die Anpassung an den Heimatsort dabei eine Rolle spielt, denn nach ROSTRUP waren für die Samen nördlicher *Primula elatior* stets zwei Winter Frost notwendig, um die Samen zur Keimung zu bringen, während nach KINZEL die Samen derselben Art aus den Tölzer Vorbergen (Bayern) nach längerer, feuchter Lagerung schon auf eine Temperaturerniedrigung auf $+2^{\circ}$ zu 10 Prozent keimten.

Es wird nicht immer leicht sein, die die Keimung fördernden und hemmenden Bedingungen zu beurteilen, weil die verschiedenen Faktoren: Licht, Frost, Substrat u. a. teils gleichsinnig, teils gegensinnig einwirken und es oft schwierig ist, die Einzelwirkung zu überschauen.

Chemische Reize. Viele Samen keimen schon vor der Reife, manche schon in der Frucht (Fig. 146), viele unmittelbar nach der Reife und gewisse erst längere Zeit nach der Ablösung. WIESNER³⁾ hat die verspätete Keimung völlig keimungsfähiger Samen passend mit dem Ausdruck „Keimverzug“ bezeichnet. Die Ursachen des Keimverzuges aufzuklären, gehört zu den wichtigsten Aufgaben der Keimungsphysiologie.

Von dem Keimverzug ist die Erscheinung der Nachreife zu unterscheiden, denn sie besteht darin, daß die Samen nicht sogleich nach der Ernte, sondern erst nach längerem Verweilen im Keimbett keimfähig werden. In manchen Fällen deshalb, weil der Embryo erst seine fertige Ausbildung im Keimlager erlangt⁴⁾. Dies ist der Fall bei den Samen

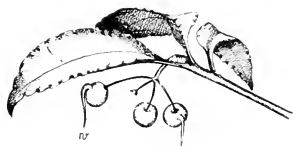


Fig. 146.

Ardisia crenulata. Die Samen keimen schon in den noch am Mutterstocke befindlichen Beeren. *w* Würzelchen. Etwas verkleinert. (Original.)

¹⁾ OTTENWÄLDER, A., Lichtintensität und Substrat bei der Lichtkeimung. Ztschr. f. Bot. 1914, 6. Jg.

²⁾ KINZEL, W., l. c.

³⁾ WIESNER, J., Biologie der Pflanzen. 1913, 3. Aufl., p. 62.

⁴⁾ GOEBEL, K., Organographie der Pflanzen. Jena 1898, p. 454.

von *Anemone hepatica*, *Corydalis cava*, *Paris quadrifolia*, *Thalictrum aquilegifolium*, *Clematis vitalba*, *Caltha palustris*, *Fumaria capreolata*, *Chelidonium maius* und *Fraxinus excelsior*. Der Zeitraum der für dieses Wachstum des Embryos im Sameninnern noch vor der eigentlichen Keimung notwendig ist, kann sehr verschieden sein. Er beträgt mindestens für *Corydalis* 10 Monate, *Fraxinus* 4 Monate, *Anemone* 2 Monate, *Clematis* 17 Tage und *Caltha* 10 Tage¹⁾.

Die bereits erwähnten hartschaligen Samen, deren Samenschale die Quellung verhindert, ruhen oft lange in der Erde, nicht weil sich der Embryo in einer freiwilligen Ruheperiode befindet, sondern nur, weil das Wasser nicht in den Samen einzudringen vermag. Sie zeigen die Erscheinung des Keimverzuges.

So wie man Mittel und Wege gefunden hat, die Winterknospen unserer Gehölze aus ihrer Ruhepause zu erwecken, so ist dies in gewissen Fällen auch bei Samen durch chemische Einflüsse gelungen. Die älteren Angaben darüber, die nur mit größter Vorsicht aufzunehmen sind, und bezüglich welcher auf die Zusammenstellung bei NOBBE²⁾ zu verweisen ist, sollen hier nicht weiter berührt werden.

Das Beste, was wir nach dieser Richtung hin kennen, findet sich in einer Arbeit von FISCHER³⁾. Er beobachtete, daß gut gereifte Samen der Wasserpflanzen *Sagittaria sagittifolia*, *Alisma plantago*, *Potamogeton*-Arten, *Hippuris vulgaris*, *Polygonum amphibium*, *Scirpus lacustris*, *Se. maritimus*, *Sparganium ramosum* und *S. simplex* in reinem Wasser nicht keimen.

So keimte von 1400 im Herbste 1905 gesammelten Samen der *Sagittaria sagittifolia* bis zum 14. August 1906 kein einziger, obwohl sie gesund waren. Liegen diese Samen in unreinem Wasser, in der Nähe zahlreicher Mikroorganismen (Bakterien), so tritt Keimung ein. Der Gedanke lag nahe, daß gewisse, von den Kleinwesen ausgehende Ausscheidungen die Keimung anregen. In der Tat konnte FISCHER zeigen, daß verschiedene, sehr verdünnte Säuren: Milchsäure, Apfelsäure, Oxalsäure, Salz-, Salpeter-, Schwefelsäure u. a., dann gewisse Alkalien wie Kali- und Natronhydrat einen sehr günstigen Einfluß auf die Keimung der genannten Samen ausüben. Die folgende Tabelle gibt darüber näheren Aufschluß.

Sagittaria sagittifolia. Ernte 1906. Temperatur 25 bis 27°. Milchsäure, jeden zweiten Tag erneuert, je etwa 25 cm³. 16. Dezember 1906 bis 14. Jänner 1907.

Konzentration der Säure (in Litern in Prozent)	25	50	100	200	400
Zahl der Samen	0,36	0,18	0,19	0,045	0,0225
Innerhalb 7 Tagen gekeimt	1	6	8	4	5
„ 14 „ „	23	35	53	24	43
„ 21 „ „	46	51	54	109	71
„ 29 „ „	47	101	71	165	82
Keimprozentage nach 29 Tagen	27	63	48	84	66

¹⁾ FINDEIS, MARIE, Über das Wachstum des Embryos im ausgesäten Samen vor der Keimung. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Mathem.-naturw. Kl. Abt. I, 1917, Bd. 126, p. 77—102.

²⁾ NOBBE, FR., l. c. p. 254.

³⁾ FISCHER, A., Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1907, Bd. XXV, p. 108.

Der günstigste Einfluß der Säuren geht aus der Tabelle schlagend hervor und es wird dadurch wahrscheinlich, daß auch in der Natur durch die im Schlamm der Wässer vor sich gehenden chemischen Prozesse die Keimung ausgelöst wird.

Nach OTTENWÄLDER¹⁾ wird auch die Keimung vieler Landpflanzen-samen, die durch das Licht zum Keimen angeregt werden, durch schwache Säuren gefördert. Hierher gehören die Samen von *Epilobium*arten, *Lythrum salicaria*, *Scrophularia nodosa*, *Verbascum thapsiforme*, *Digitalis purpurea* und *Oenothera biennis*. Salzsäure und Salpetersäure wirkten am besten.

Es ist durch vielfache Versuche erwiesen, daß für die Keimung das Substrat gleichfalls von Bedeutung sein kann. Die Samen von *Ranunculus sceleratus* und *Chloris ciliata* keimen in frischem Zustande auf mit destilliertem Wasser durchtränktem Filtrierpapier nur im Lichte. Bei Befeuchtung des Papiers mit KNOPScher Nährlösung aber keimt der Same sowohl im Lichte wie im Dunkeln, oder er keimt im Dunkeln sogar noch besser²⁾. Erde wirkt ähnlich wie KNOPSche Nährlösung.

BAAR³⁾ sagt: „Die *Amarantus*-Samen, welche eine den Samen von *Ranunculus sceleratus* entgegengesetzte Empfindlichkeit besitzen, zeigen auch in bezug auf die Qualität des Keimbettes das entgegengesetzte Verhalten. Gartenerde oder Sand als Substrat ermöglichen nämlich den *Amarantus*-Samen das Erreichen eines höheren Keimprozentes im Lichte.“

LEHMANN fand, daß auch verschiedene eiweißlösende Fermente (*Papayotin*, *Trypsin*) lichtempfindliche Samen im Finstern zur Keimung bringen. Die genannten Fermente wirken auf den Keimungsprozeß durch ihre Gegenwart anregend (katalytisch), vielleicht wirkt auch das Licht so⁴⁾. —

Zu den Einwirkungen des Substrates auf die Keimung gehört auch die von KOCH⁵⁾ festgestellte Tatsache, daß *Orobanche*-Samen nur unter dem Einfluß der Wurzelabscheidungen des Wirtes keimen und dasselbe konnte HEINRICHER für die Samen von *Lathraea* und *Tozzia* nachweisen. Offenbar sind es auch hier bestimmte Körper, die von der Wurzel des Wirtes abgeschieden werden und die Keimung der genannten Samen ermöglichen.

Ähnlich liegt die Sache bei der Anregung der Keimung der Orchideensamen durch gewisse Pilze, von der schon auf Seite 92 die Rede war.

So wie es Stoffe gibt, die die Keimung fördern, so gibt es auch solche, die die Keimung von Sporen, Brutknospen und Samen hemmen. So macht NEGER⁶⁾ die Flüssigkeit, in der die Sporen einer *Pestalozzi*-Art von dem Myzel der Mutterpflanze abgeschieden werden, für das Unterbleiben der Keimung verantwortlich und MAGNUS⁷⁾ konnte sogar aus

¹⁾ OTTENWÄLDER, A., l. c. p. 61.

²⁾ LEHMANN, E., Ber. d. Deutsch. Ges. 1909.

³⁾ BAAR, H., l. c. p. 687.

⁴⁾ LEHMANN, E. u. OTTENWÄLDER, A., Katalytische Wirkung des Lichtes bei der Keimung licht empfindlicher Samen. Ztschr. f. Bot. 1913, V. Jg., p. 337.

⁵⁾ KOCH, L., Entwicklungsgeschichte der *Orobanche* 1887.

⁶⁾ NEGER, FR. W., Keimungshemmende und keimungsfördernde Stoffwechselprodukte. Naturw. Wochenschrift. Neue Folge XVII. p. 141—142.

⁷⁾ MAGNUS, W., Hemmungsstoffe und falsche Keimung. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1920. p. 19—26.

dem Samen der *Phacelia tanaetifolia* einen keimungshemmenden Stoff abcheiden.

Derartige Körper, die die Keimung verhindern, sind wohl im Pflanzenreiche weit verbreiteter als man bisher vermutet hat. Es ist mir in hohem Grade auffallend gewesen, daß die Brutknospen der Lebermoose *Marchantia* und *Lunularia*, solange sie im Brutbecher liegen, schlecht oder gar nicht keimen, sich aber, dem Brutbecher entnommen und auf Filtrierpapier oder Erde gelegt, alsbald weiter entwickeln. Und wie kommt es, daß die Samen in fleischigen Früchten gewöhnlich nicht keimen, aus den Früchten aber herausgenommen sich alsbald zur Keimung anschicken. Meine Vermutung, daß es sich hier um Hemmungsstoffe handelt, wurde durch die Untersuchungen meines Schülers OPPENHEIMER¹⁾ glänzend bestätigt.

Entstehungsfolge der Samen. Auffallend ist auch, daß die Samen eines und desselben Individuums selbst unter günstigen gleichen Bedingungen zu sehr verschiedenen Zeiten keimen. Für die Samen des Klappertopfes *Alectorolophus* hat dies HEINRICHER festgestellt. Ein Teil keimt im ersten, ein Teil im zweiten, ja einige sogar erst im dritten Jahre. Warum die einen früh, die andern spät oder gar nicht keimen, das hat SPERLICH²⁾ aufgedeckt. Er fand, daß die Samen, die an einem Individuum zuerst entstehen, besser und früher keimen und lebenskräftiger sind als die später entstehenden. Diese neigen zum Aussterben. „Je später ein Individuum entsteht, desto schwächer ist seine Deszendenz, um so früher müssen die ihm entstammenden Linien zugrunde gehen.“

Obwohl diese interessante Tatsache vorläufig nur für *Alectorolophus* bewiesen ist, dürfte sie auch für andere Pflanzen gelten, daher wird der Praktiker gut daran tun, sie bei der Gewinnung seines Saatgutes und der Erzielung kräftiger Nachkommen zu berücksichtigen. Er wird also die Entstehungsfolge der Blüten und Früchte genau beachten müssen. Wenn das Aufblühen an der Hauptachse von unten nach oben erfolgt, so liefern die Samen der untersten Früchte die starken, die obersten oder die der Seitenachsen schwache Nachkommen. Diese erscheinen äußerlich oft gar nicht schwach, aber ihre Nachkommen werden immer schwächer, bringen Spät- oder Nichtkeimer hervor und gehen dem Aussterben entgegen.

In Übereinstimmung damit stehen auch gewisse Erfahrungen der Praktiker, die schon lange beobachteten, daß die zuerst an einer Pflanze erscheinenden Blüten größer und vollkommener sind als die später aufblühenden und daß die Samen der ersten größeren Früchte und bessere Samen geben. Von 6 Mutterpflanzen der Gurke „Weigelts Beste von Allen“ (Originalsaat) erntete LÖBNER 1908 je eine Samengurke vom Durchschnittsgewicht 1285 g. Die Samen einer dieser Gurken dienten zur Weiterzucht und alljährlich 1909, 1910 und 1911 wurde so fortgeföhren, daß immer die zuerst erscheinende weibliche Blüte an jeder der 6 Pflanzen für die künftige Samengurke ausgewählt wurde. Der Erfolg war auffallend. Im Jahre 1911 wiesen die 6 Samengurken

¹⁾ OPPENHEIMER, H., Eine keimungshemmende Substanz in der Frucht von *Solanum lycopersicum* L. Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien. Mathem.-naturw. Kl. 1922.

²⁾ SPERLICH, A., Die Fähigkeit der Linienrerhaltung (phyletische Potenz) usw. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. i. Wien. 128. Bd.

Ein Referat darüber von F. WEBER, Naturw. Rundschau. Berlin 1920, p. 673.

³⁾ LÖBNER, M., Grundzüge der Pflanzenvermehrung. 2. Aufl. Berlin 1915, p. 9.

ein Durchschnittsgewicht von 1817 g auf, sie waren also bedeutend größer und schwerer geworden.

Aus den zuerst erschienenen Pfirsichblüten eines Baumes gehen gewöhnlich große, aus den zuletzt aufblühenden kleine Früchte hervor. Die Steine der großen ergeben viel kräftigere Sämlinge als letztere. Für Birnen und Äpfel gibt LÖBNER dasselbe an.

Werden also die Samen wahllos ausgesät, wie das in Baumschulen zumeist geschieht, so erhält man sehr verschiedenartige Sämlinge.

Die Dauer der Keimfähigkeit ist bei jeder Pflanze eine begrenzte, doch verhalten sich die verschiedenen Arten sehr ungleich. Die Samen von *Oxalis rubella*, *O. pentaphylla* und andere keimen nach HILDEBRAND¹⁾ gleich nach dem Aufspringen der Frucht, werden aber durch Austrocknen getötet. Ihre Samen dürfen also nicht austrocknen. Die Samen der Weide bleiben nur wenige Tage keimungsfähig. Abgesehen von diesen und einigen anderen Fällen behalten die meisten Samen ihre Keimfähigkeit jahrelang bei. So keimen nach BURGERSTEIN²⁾ die Früchte von Gerste, Weizen nach zehnjähriger Aufbewahrung (mit Papier umhüllt in einer Schublade) noch etwa zu 70—90%, während beim Roggen die Keimkraft schon nach 10 Jahren erlischt. Andere Samen bleiben noch viel länger keimungsfähig. Es gehören hierher die Samen vieler Schmetterlingsblütler (*Papilionaceae*), Kürbisartiger Pflanzen (*Cucurbitaceae*), ferner die vom Liebesapfel, Zichorie und Raps.

Eine sehr lange Keimfähigkeitsdauer kommt den Samen der bekannten Sinnpflanze *Mimosa pudica* zu. Diese können noch nach 60jähriger Ruhe keimen.

Aus Versuchen, die BECQUEREL³⁾ mit 25—135 Jahre alten Samen von etwa 500 verschiedenen Arten gemacht hat, geht hervor, daß namentlich die Samen der Familien der Leguminosae, Nelumbiaceae, Labiatae und Malvaceae ihre Keimfähigkeit lange bewahren und unter den Leguminosae waren es Samen von *Cassia bicapsularis*, die noch im Alter von 85 Jahren keimten.

In der Literatur wird heute noch zuweilen berichtet, daß aus altägyptischen Mumiengräbern stammender Weizen, dem also ein mehrtausendjähriges Alter zukommt, noch keimungsfähig sei; allein solche Angaben entbehren der tatsächlichen Grundlage und sind durch genaue Nachprüfungen längst widerlegt. Wenn derlei Versuche glückten, so handelte es sich nicht um echten, sondern um unterschobenen, frischen Weizen, der den Reisenden gegen gute Bezahlung von Betrügern auch heute noch angeboten wird.

Es ist bekannt, daß an einem bestimmten Orte mit einer plötzlichen Veränderung der Bodenoberfläche sich auch rasch die Zusammensetzung der Pflanzendecke ändert. Wenn in einem Walde, auf Äckern oder Weiden eine tiefere Umgrabung erfolgt, so erscheinen oft Pflanzen, die sich früher hier nicht oder nicht in so großer Zahl befanden. Woher stammen sie?

¹⁾ HILDEBRAND, FR., Über die Zeit des Keimens des Samens. Gartenflora 1908, 57. Jg., p. 86.

²⁾ BURGERSTEIN, A., Beobachtungen über die Keimkraftdauer von ein- bis zehnjährigem Getreidesamen. Verhandl. d. K. K. zoolog.-bot. Ges. i. Wien, Jg. 1895.

³⁾ BECQUEREL, P., Recherches sur la vie latente des graines. Annales des scienc. nat.-bot. 1907, IX, p. 133.

Vgl. auch EWART, A. J., On the longevity of seeds. Proc. Roy. Soc. Victoria 1908, Bd. 21, p. 1.

Man könnte der Meinung sein, daß die Samen durch Wind, Wasser, Tiere oder den Menschen hierher verschleppt wurden oder daß die Samen in der Erde ruhten und nun durch das Umgraben unter günstige Keimungsbedingungen gebracht wurden. Genaue Versuche von PETER¹⁾ haben gelehrt, daß das letztere der Fall ist. Er entnahm mitten im Walde unter besonderen Vorsichten einer pflanzenlosen, quadratischen Stelle von 30 cm Seitenlänge den ganzen Boden bis 8 cm tief, dann eine ebenso tiefe Lage und schließlich noch ein drittes Mal wieder so eine tiefe Schicht und beobachtete im Gewächshause, ob und welche Pflanzen auf den drei Bodenschichten erschienen. Alle untersuchten Waldböden enthielten verborgene, lebende, ruhende Samen, die, als der Boden gelockert, befeuchtet und belichtet wurde, keimten. Bodenproben aus Wäldern, die seit jeher Wald waren, lieferten nur Waldpflanzen (Erdbeere, Himbeere, Tollkirsche usw.), Proben von gepflanzten Beständen ehemaligen Acker- und Weidelandes ergaben, von vereinzelt Waldpflanzen abgesehen, vorwiegend Acker- und Weidepflanzen (Täschelkraut, Hirtentasche, Ackersenf, Hartheu, Wegerich usw.).

Solche Resultate wurden mit Böden aus gepflanzten Wäldern, deren Aufforstung vor 20—46 Jahren erfolgt war, gewonnen und daraus schließt PETER, daß die noch keimfähigen Samen etwa ebensolange in der Erde ruhten und sich lebensfähig erhielten.

Über die Ursache dieser langen Ruhe spricht sich der genannte Forscher nicht aus; es scheint mir aber möglich, daß die Keimung der Samen wegen zu großer Saattiefe unterblieb und der Boden gleichzeitig einen konservierenden Einfluß auf die Samen ausübt. Dieser Gegenstand würde eine spezielle Untersuchung verdienen.

Das Alter des Samens ist nicht ohne Einfluß auf die Entwicklung mancher Gewächse. Pflanzen, aus alten Gurkensamen gezogen, werden zeitiger fruchtbar und tragen oft mehr Früchte als die aus frisch geernteten Samen gewonnenen, allerdings sehr wuchskräftigen Pflanzen. Deshalb werden alte Gurkensamen von den Gärtnern höher eingeschätzt und besser bezahlt als frische.

Der Scheintod. Ein Lebewesen, das keine merkbaren Lebenszeichen von sich gibt, aber doch lebensfähig ist, bezeichnet man als schein- tot. Die ruhenden Samen, denen die Fähigkeit zum Keimen innewohnt, können daher gleichfalls schein- tot genannt werden. Erst wenn sie die Keimkraft verlieren, sind sie tot.

Es entsteht nun die Frage, ob während des Scheintodes eines Samens oder einer Spore die Lebenserscheinungen vollständig unterbrochen sind oder ob eine Spur von Stoffwechsel doch noch übrig bleibt? Verschiedene von KOCHS und P. BECQUEREL herrührende Experimente, in denen Samen und Sporen niederen Temperaturen, d. h. einer Kälte von -180° bis -235° , im luftleeren Raume monatelang ausgesetzt wurden, zeigten, daß diese unter den erwähnten abnormen Bedingungen, obwohl die Lebenserscheinungen völlig oder fast völlig stille gestanden sein dürften, sich dennoch lebensfähig erhielten.

Wenn es einmal gelingen sollte, Samen, Bakterien und Sporen bis auf den absoluten Nullpunkt, d. h. auf -273° C abzukühlen, wo jede

¹⁾ PETER, A., Kulturversuche mit ruhenden Samen. Nachrichten von der K. Ges. d. Wiss. z. Göttingen 1893, p. 671.

chemische Reaktion unterbrochen wird, so wird, vorausgesetzt, daß auch dann die genannten Objekte noch keimen, in diesem Falle das Leben tatsächlich aufgehhalten sein. Das wäre wirklicher, echter Scheintod.

Von aktivem Leben, von höchster Lebensfülle bis zum wirklichen Scheintod gibt es aber tausend Übergänge. Der sprossende, blühende und fruchtende Baum erscheint uns in vollem Leben, allein wenn er im Herbste seine Blätter abgeworfen und den Winter blattlos überdauert, macht er den Eindruck des Starren, Scheintoten, und trotzdem ist der das Leben unterhaltende Stoffwechsel nicht unterbrochen, sondern nur sehr verlangsamt. Erst durch künstliche Eingriffe, wie wir sie eben erwähnten, kann der Stoffwechsel bei Samen und Sporen vollständig unterbrochen und das Leben, wie die Bewegung einer Maschine durch einen Hebelgriff, vollends aufgehhalten werden.

In der Natur finden aber im Samen, den wir für scheinot halten, doch kleine chemische Veränderungen statt, die bei hinreichender Dauer sich summieren und zu bleibenden Störungen und schließlich vom bloßen Scheintod zum wirklichen Tod führen.

Welcher Art diese Änderungen sind, ist vorläufig unbekannt. Man wird aber wohl kaum mit der Annahme fehlgehen, daß es sich hier um chemische Vorgänge handelt und daß die Eiweißkörper und Fermente, die im Lebewesen eine so wichtige Rolle spielen, mit dem Alter des Samens nicht gutzumachende Veränderungen physikalisch-chemischer Natur erleiden, die den Tod des Samens herbeiführen¹⁾.

Überschauen wir die im vorhergehenden mitgeteilten Tatsachen, so ergibt sich, daß der Keimprozeß einen recht komplizierten physiologischen Vorgang darstellt, der von äußeren und inneren Bedingungen abhängig ist und von denen die letzteren wieder bald gleich-, bald gegenseitig zusammenwirken können. Wie verschieden kann z. B. das Licht in den Keimprozeß eingreifen, je nach der gleichzeitigen Einwirkung verschiedener Faktoren! —

Die Praxis wird sich die namentlich in den letzten Dezennien von der Wissenschaft festgestellten Tatsachen zunutze machen müssen. Sowohl die Samenkontrollstationen, denen die Prüfung der Güte des Saatgutes obliegt, als auch die Gärtner werden, wenn z. B. die Notwendigkeit oder auch nur der günstige Einfluß des Lichtes oder des Substrates auf die Keimung einer bestimmten Samenart festgestellt ist, dies bei der Sämlingszucht berücksichtigen müssen.

Jeder Gärtner wird nun jetzt beachten müssen, daß die Gesneriaceen nur im Lichte keimen und der Samenprüfer wird, wenn er das Keimprozent eines Saatgutes bestimmen will, nicht wie das früher allgemein der Fall war, die Samen, mögen sie dieser oder jener Art angehören, stets auf Fließpapier bei Abschluß von Licht der Keimung aussetzen, sondern er wird auch die eventuelle Licht-, Temperatur- und Substratwirkung zu beachten haben.

So werden in der Samenkontrollstation in Wien als Keimbett nicht nur Filtrierpapier, sondern auch reiner Quarzsand und Tonschalen verwendet.

Rübensamen werden im Sandkeimbett, Lupinen, Esparsette, Erbsen,

¹⁾ Molisch, H., Der Scheintod der Pflanze. Populäre biologische Vorträge. Jena 1920, p. 181.

Bohnen und Getreide werden fallweise zur Kontrolle des Papierversuchs gleichfalls im Sande geprüft. Gewisse Samen: *Agrostis alba*, *Agrostis vulgaris*, *Aira caespitosa*, *Alnus*, *Alopecurus*, *Anthoxanthum*, *Avena flavescens*, *Dactylis*, *Beta*, *Betula*, *Daucus*, *Glyceria*, *Holcus*, *Nicotiana*, *Phalaris arund.*, *Pinus strobus*, *Poa*-Arten und *Zea* werden, weil man den nützlichen Einfluß schwankender Temperaturen auf die Keimung festgestellt hat, einer intermittierenden Temperatur ausgesetzt und zwar täglich durch etwa 10 Stunden einer Temperatur von 18° und durch 14 Stunden einer Temperatur von 28° C.

Bei *Poa*-Arten, *Dactylis*, *Phacelia*, *Larix europaea*, *Pinus silvestris*, *Pinus maritima*, *Pinus strobus*, *Alnus*- und *Betula*-Arten werden stets auch Parallelversuche im zerstreuten Lichte ausgeführt¹⁾.

¹⁾ WEINZIERL, T. R. v., Die Samenkontrolle in Österreich und ihr Einfluß auf Landwirtschaft und Handel. Internat. agrartechn. Rundschau, V. Jg., 1914.

SIEBENTER ABSCHNITT

Variabilität, Vererbung und Pflanzenzüchtung¹⁾.

Wer aufmerksam die Pflanzen in einem modernen Blumenladen, in einer Blumenausstellung oder in einer Gärtnerei betrachtet, wird überrascht sein von der Schönheit und Pracht, die sich hier in kleinem Raume vereint. Der Laie bewundert die Form, die Farbe, den Wuchs, den Duft, der Kenner aber bewundert nicht bloß all diese Herrlichkeit, sondern er staunt auch darüber, daß die meisten dieser Gewächse vor 50 oder 100 Jahren in dieser Varietät oder Rasse noch gar nicht existierten, sondern vom Gärtner erst im Laufe des letzten Jahrhunderts gezüchtet wurden. Was ist nicht in den letzten Dezennien durch des Züchters Hand aus dem ursprünglichen, wilden *Cyclamen persicum* geworden! Wie verschieden in Wuchs, Farbe und Form der Blüte! Welch ein Unterschied zwischen den Stammeltern und den hochgezüchteten Rokokko- oder Papilio-Cyclamen! Und vollzieht sich nicht in den letzten Jahren vor unseren Augen Schritt für Schritt die Umprägung der *Primula obconica* zu den verschiedensten Rassen?

In bunter Fülle, man kann sagen, kaleidoskopartig erscheinen immer neue Formen von Pelargonien, Amaryllis, Orchideen, Flieder, Rosen,

¹⁾ Die wichtigste, mehr zusammenfassende Literatur in alphabetischer Reihenfolge:

- BATESON, W., MENDEL'S principles of heredity. Cambridge Univ. Press. 1914.
BAUR, E., Einführung in die experimentelle Vererbungslehre. 2. Aufl., Berlin 1914.
CORRENS, C., Die neuen Vererbungsgesetze. 2. Aufl., Berlin 1912.
DARWIN, C., Das Variieren der Tiere und Pflanzen usw., 1. c.
FREUWIRTH, C., Handbuch der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung. Bd. I—V. Berlin, P. Parey.
Derselbe, Die Züchtung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin 1910.
JOHANNSEN, W., Über Erblichkeit in Populationen und in reinen Linien. Jena 1903.
Derselbe, Elemente der exakten Erblichkeitslehre. 2. Aufl., Jena 1913.
Derselbe, Experim. Grundlagen der Deszendenzlehre. Variabilität, Vererbung usw.
In Kultur der Gegenwart, Allgem. Biologie 1915.
KORSCHINSKY, S., Heterogenesis und Evolution. Flora 1901, p. 240.
LÖBNER, M., Leitfaden für gärtnerische Pflanzenzüchtung. Jena 1909.
LOTSY, J. P., Vorlesungen über Deszendenztheorien usw. 2 Teile, Jena 1906 und 1908.
PUNNET, R. C., Mendelismus, deutsch von W. v. PROSKOWETZ und H. ULTIS Brunn 1910.
RÜMKE, v., Anleitung zur Getreidezüchtung. 1889.
TSCHERNIAK, v. E., Der moderne Stand des Vererbungsproblems. Archiv f. Rass.- und Gesellsch.-Biologie 1908, p. 305.
DE VRIES, H., Die Mutationstheorie. 1. u. II. Bd., Leipzig 1901 u. 1903.
Derselbe, Pflanzenzüchtung. Ins Deutsche übersetzt von A. STEFFEN. Berlin 1908.
Molisch, Pflanzenphysiologie. 5. Aufl. 20

Azaleen, Rhododendren und immer von neuem vergrößern die Züchter unsere reiche Musterkarte von Gemüse-, Obst- und Getreide-Arten mit neuen Rassen. Welcher Mittel bedient man sich, um zu all diesen Neuheiten zu gelangen?

Variabilität.

Um die richtige Antwort auf die eben gestellte Frage zu finden, müssen wir von einer sowohl der Pflanze als auch dem Tiere eigentümlichen, von den niedersten bis zu den höchsten Lebewesen verbreiteten Erscheinung ausgehen: der Variabilität. Sie besagt, daß die Nachkommen eines Lebewesens oder eines Elternpaares weder diesem gleichen, noch untereinander in allen Eigenschaften übereinstimmen, sondern mehr oder minder verschieden sind. Für die Beurteilung der Vererbungserscheinungen und der Abstammungslehre erscheint es wichtig, sich stets vor Augen zu halten, daß die Abänderungen, die die Nachkommen einer Pflanze zeigen, ihrem Wesen nach nicht gleichwertig sind.

Wir können drei verschiedene Arten von Varianten unterscheiden: 1. Modifikationen, 2. Kombinationen und 3. Mutationen.

Als Modifikationen bezeichnet man Varianten, die durch Ernährung, Standort, Klima, also durch die Außenwelt, ausgelöst, aber nicht vererbt werden.

Wir wissen, daß die in Gärten gezogene *Hydrangea hortensis* zu meist rosarot blüht. Wird aber der Erde Alaun (vgl. p. 13) hinzugefügt, so blühen die in solchem Boden gezogenen Hortensien blauviolett oder blau. Macht man von der blaublühenden Pflanze Stecklinge und zieht man diese wieder in gewöhnlicher Erde, so blühen diese abermals rosarot; denn die blaue Farbe vererbt sich nicht, es vererbt sich bloß die Fähigkeit, unter gewissen äußeren Umständen, bei Kultur in alaunhaltigem Boden, blaue Blüten hervorzubringen. Die in solchem Boden blaublühende Hortensie stellt also eine bloße Modifikation dar.

Wird der für gewöhnlich lilablühende Flieder beim Treiben bei sehr hoher Temperatur gezogen, so erscheinen die Blüten weiß oder fast weiß.

Verpflanzt man unsere Talpflanzen auf die hohen Berge der Alpen, so ändern sie ihren Habitus, die Stengelglieder bleiben kurz, die Blätter werden kleiner, dicker und die Blüten größer und in den Farben gesättigter. Werden von diesen veränderten Formen Samen gesammelt und wieder in Tale gebaut, so geben sie ihren alpinen Habitus auf und nehmen ihren früheren Talhabitus von neuem auf¹⁾.

Der Gärtner weiß sehr wohl, daß es ihm durch Mastkultur leicht gelingt, ungemeyn üppige Pflanzen zu erziehen, aber es ist ihm auch wohl bekannt, daß sich dieser üppige Wuchs nicht vererbt. Alle die erwähnten Abänderungen sind eben bloße Modifikationen und werden nicht vererbt.

Kombinationen nennen wir mit BAUR²⁾ „erbliche Verschiedenheiten zwischen den Individuen einer Sippe und auch zwischen den Nachkommen eines Elternpaares, verursacht durch Bastardspaltung und Neukombination der Erbinheiten“. Eine genaue Untersuchung einer Sippe zeigt, daß zwischen ihren Individuen zahlreiche kleine, häufig

¹⁾ BONNIER, C., Recherches expérimentales sur l'adaptation des plantes au climat alpin. Ann. des scienc. nat. Bot. 1895, ser. 7, T. 20.

²⁾ BAUR, E., l. c. p. 280.

kaum merkbare Unterschiede bestehen, und daß sie sich entweder als solche oder in neuer Kombination vererben.

Mutationen. In der Natur wie in der Kultur tauchen unter vielen Tausenden von Individuen einer Art plötzlich Abänderungen auf, die nicht durch Kreuzung oder Bastardspaltung, sondern aus unbekanntem Ursachen auftreten und sich vererben. Fig. 147 zeigt einen Zweig einer normalen Buche (*Fagus sylvatica*) und einen aus dieser entstandenen, mit eingeschnittenen Blättern (*Fagus sylvatica* var. *laciniata*). Diese



Fig. 147.

Beispiel einer Mutation bei *Fagus sylvatica*. *a* normaler Zweig. — *b* Mutation mit eingeschnittenen Blättern. (Original.)

Varietät entstand aus unbekanntem Ursachen plötzlich, ihre Blattform vererbt sich und ist daher als Mutation zu betrachten. Varietäten dieser Art gibt es bei vielen unserer Bäume, so z. B. bei Ulmus, Alnus, Tilia, Acer u. a.

Diese Variationen waren bereits bei DARWIN bekannt. KORSCHINSKY¹⁾ hat das Verdienst, alle jene Fälle im Pflanzenreiche, die vielleicht als Mutationen angesehen werden können, zusammengestellt und ihre große Bedeutung für die Gärtnerei betont zu haben. DE VRIES²⁾ nannte solche Variationen „Mutationen“ und versuchte in seinem großen Werke, die „Mutationstheorie“, ihre große Wichtigkeit für die Entstehung der Arten näher zu begründen.

Die Geschichte der Kultur unserer Gartenpflanzen lehrt uns, daß viele Variationen des Wuchses, wie Riesen- und Zwergwuchs, Trauer- und Pyramidenbaum, Variationen in der Form und Farbe der Blätter, Blüten und Früchte manchmal plötzlich auftreten und sich vererben. Eine genaue Untersuchung darüber, ob wirklich hier immer Mutationen vorliegen, wie es KORSCHINSKY und DE VRIES als sicher annehmen, fehlt noch; wenn dem aber so wäre, wie mit großer Wahrscheinlichkeit au-

¹⁾ KORSCHINSKY, S., l. c.

²⁾ DE VRIES, H., l. c.

genommen werden kann, so muß der Mutation (abgesehen von der Bastardierung) bei der Entstehung neuer Formen in der Kultur eine große Bedeutung zugeschrieben werden.

Obwohl die drei erwähnten Arten von Variationen voneinander scharf abgegrenzt sind, erscheint es doch schwierig oder unmöglich, im Einzelfall durch bloßes Ansehen zu entscheiden, ob eine Modifikation, Kombination oder Mutation vorliegt. Eine Entscheidung bringen nur sorgfältig durchgeführte Vererbungsversuche, wie noch genauer aus dem Nachfolgenden hervorgehen wird.

Populationen und reine Linien. Schon LINNÉ wußte, daß die Individuen, die er unter einer Art vereinigte, sich oft durch kleine Differenzen unterscheiden, daher stellte er neben der Art noch Unterarten, Varietäten und Rassen auf. Von diesem Standpunkte hat man verschiedene Arten, z. B. *Viola tricolor* und *Draba verna*, durch Kulturversuche genauer untersucht und gefunden, daß sie, auch wenn die Individuen unter möglichst gleichen Bedingungen gezogen werden, stets Unterschiede aufweisen und zwar solche, die sich vererben. Was wir *Draba verna* nennen, besteht also aus zahlreichen Elementararten, die aber erst bei genauerer Untersuchung erkannt werden. *Draba verna* umfaßt in Europa beiläufig 200 Elementararten, die, soweit untersucht, sich als konstant und voneinander verschieden erwiesen haben. —

Diese sogenannten Elementararten spielen bei der Zucht der Kulturpflanzen eine wichtige Rolle; denn wenn ein einheitlich erscheinendes Saatgut, z. B. eine Getreideart, durch Auslese nach den Elementararten streng gesondert und diese für sich durch weitere sorgfältige Auslese kultiviert werden, so ergibt sich, daß eben dieses ursprüngliche Saatgut kein einheitliches, sondern ein Gemisch von verschiedenen Elementararten darstellte, die sich in der Größe der Ähre, des Korns, in der Höhe des Halmes oder in anderen Merkmalen unterscheiden können. Der Züchter wird dann für die Nachkommenschaft nur jene Formen auswählen, die seinen Wünschen am meisten entsprechen.

JOHANNSEN hat uns in seinen genannten, grundlegenden Werken gelehrt, daß die meisten unserer Saatgüter solche Gemische (Populationen) verschiedener Elementararten sind, die durch fortgesetzte Auslese vollkommen rein als sogenannte reine Linien aus den Populationen abgetrennt werden können. Er versteht unter reiner Linie den „Inbegriff aller Nachkommen eines einzelnen absolut selbstbefruchtenden Individuums, das nicht selbst Bastardnatur hat“¹⁾.

Prüft man ein Saatgut einer Kulturform von *Phaseolus vulgaris* nach der Größe der Bohnen, so erhält man eine geschlossene Reihe von sehr kleinen zu größeren bis zu sehr großen Bohnen. Der Mittelwert aller einzelnen Messungen bildete einen Mittelpunkt, um den sich die anderen Varianten so gruppieren, daß sie vom Mittelpunkt um so weiter abstehen, in je geringerer Zahl sie vorkommen. In einem bestimmten Falle²⁾ ergeben sich bei 2162 Stück Bohnen, die einer Population wahllos entnommen wurden, folgende Variationen im Gewichte.

¹⁾ JOHANNSEN, W., Experimentelle Grundlagen usw., I. c. p. 606.

²⁾ BAUR, E., I. c. I. Aufl., p. 27.

Gewicht der Bohnen in eg	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Zahl der Bohnen mit diesen Gewichten	4	27	65	179	361	587	533	418	260	132	52	21	9	2	

Die kleinsten Samen, die Minusvarianten, schwanken zwischen 20 und 25 eg, die größten, die Plusvarianten, zwischen 85—90 eg, die häufigsten Werte liegen zwischen 45—50 eg.

Wenn wir nun eine der größten und eine der kleinsten Bohnen zum Ausgangspunkt eines neuen Saatgutes machen, so sind die Nachkommen der größten Bohne durchschnittlich größer als die der kleinsten Bohne. Der Durchschnitt der Nachkommen der größten Bohne ist aber kleiner als die größte Bohne selbst und der Durchschnitt der Nachkommenschaft der kleinsten Bohne ist größer als die kleinste Bohne war. Die Nachkommen der Plus- und Minusvarianten nähern sich also wieder dem Mittelwert der ursprünglichen Population — eine Erscheinung, die man dem englischen Gelehrten GALTON zu Ehren als GALTONSche Regression bezeichnet. Es ist also dafür gesorgt, daß die Bäume nicht in den Himmel wachsen, denn die Variationen halten sich innerhalb gewisser Grenzen. Aus der Tatsache, daß die großen Bohnen durchschnittlich größere Bohnen liefern als die kleinen Bohnen, hat man den falschen Schluß gezogen, daß die Größenvariation sich vererbt und daß man die Durchschnittsgröße in der Folge vergrößern kann. JOHANNSEN hat aber gezeigt, daß hier ein Fehlschluß vorliegt, denn wenn man nicht von einer Population, sondern von einer reinen Linie ausgeht, und die aus dieser auf dem Wege strenger Selbstbefruchtung gewonnenen Bohnen auf ihre Größe hin untersucht, so bekommen wir zwar ganz ähnliche Varianten wie früher, allein wenn man davon wieder die extrem großen und die extrem kleinsten aussät und unter den gleichen Bedingungen wie früher kultiviert, so wird eine Verschiebung der Durchschnittsgröße nicht erzielt. Die Auswahl von Plus- und Minusvarianten hat also keinen Erfolg in der Nachkommenschaft.

Der scheinbare Widerspruch in dem Ergebnis, je nachdem man von einer Population oder von einer reinen Linie ausgeht, ist, wie JOHANNSEN einwandfrei gezeigt hat, darauf zurückzuführen, daß die Population eben aus einem Gemisch von sehr zahlreichen reinen Linien besteht, deren jede eine etwas verschiedene Variationsreihe hat, daß aber alle zusammen eine Summationsreihe der reinen Linien geben. Wählt man nun aus einer solchen Population eine extrem große Bohne und zeigt sich in ihrer Nachkommenschaft eine Verschiebung der Durchschnittsgröße zugunsten der Plusvariante, so rührt dies daher, weil wir zufällig einen Vertreter jener reinen Linien gewählt haben, deren Durchschnittsgröße von der der Ausgangspopulation ziemlich verschieden ist. In einer reinen Linie hat eine weitere Auswahl keinen Erfolg.

Die verschiedenen Größen der Bohnen einer reinen Linie sind auf Verschiedenheit der Ernährung zurückzuführen, die selbst bei Individuen desselben Standortes, ja sogar bei Zweigen desselben Individuums ungleich ist. Diese durch die Ernährung, den Standort, allgemeiner gesagt, durch die Außenwelt hervorgerufenen Modifikationen werden nicht vererbt.

Mit dieser Erkenntnis wurde eine der wichtigsten Tatsachen der

modernen, exakten Erbliehkeitslehre gewonnen, wichtig unter anderem auch deshalb, weil DARWIN bei Aufstellung seiner Selektionstheorie in dem falschen Glauben befangen war, daß sich auch die Modifikationen vererben, und weil mit der Klarlegung ihrer Nichtvererbung der DARWINschen Theorie eine der bedeutendsten Stützen entzogen wurde.

Vererbung.

Der Begriff der Vererbung ist ursprünglich kein wissenschaftlicher, sondern ein volkstümlicher. Seit alters her weiß man, daß die Eigenschaften der Eltern in den Kindern wieder erscheinen, daß die Kinder den Eltern gleichen oder ähnlich sind. Das Individuum enthält eine Summe von Anlagen, die sämtlich in den Keimzellen enthalten sind und die sich in den Nachkommen der betreffenden Art entfalten.

Wenn wir die Eizelle verschiedener Pflanzen betrachten, so bemerken wir selbst mit gut bewaffnetem Auge oft keine wesentlichen Unterschiede und doch wird aus der Eizelle einer Lilie niemals eine Hyazinthe, ebenso wenig wie aus einem Hühnerei sich eine Gans entwickelt. Es sind eben die Anlagen in den Eiern und Pollen verschiedener Pflanzen verschieden. Sie bilden das gewisse „Etwas“, die Erbmasse, auch Idioplasma genannt, das sowohl bei der ungeschlechtlichen wie bei der geschlechtlichen Fortpflanzung den Nachkommen mitgegeben oder, wie wir gewöhnlich sagen, vererbt wird. Am leichtesten vereinigen sich geschlechtlich Individuen derselben Art, dann die Varietäten und Rassen einer Art, genau so wie sich ja auch nur nahe verwandte Pflanzen pflanzen lassen. Das ist die Regel. Doch gibt es auch Fälle, wo sich verschiedene Arten derselben Gattung, oder sogar einander nahestehende Gattungen geschlechtlich vereinigen lassen und Nachkommen erzeugen. Nachkommen verschiedener Eltern nennt man Bastarde (Mischlinge oder Hybriden). Es handelt sich bei der Bastardierung stets um die Vereinigung zweier durch ihre innere Konstitution, durch ihre Erbmasse (Genotypus nach JOHANNSEN) verschiedener Geschlechtszellen.

Der Maulesel ist ein Bastard zwischen Pferd und Esel. KÖLREUTER kreuzte 1760 zwei Tabakarten, *Nicotiana rustica* und *Nicotiana paniculata*, und erhielt als ersten „botanischen Maulesel“ eine Zwischenform und seitdem sind eine große Reihe von Bastarden in der Kultur gewonnen und damit neue Formen erzielt worden¹⁾.

Je mehr sich die Zahl der Bastarde häufte, desto verwirrender wurde die Mannigfaltigkeit, man begnügte sich mit der Beschreibung, mit einzelnen Tatsachen, aber niemand fand eine Regel, ein Gesetz, niemand „sah den ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht“.

Es war daher eine wissenschaftliche Großtat ersten Ranges, als der Priester des Königs Klosters zu Brünn in Mähren, GREGOR MENDEL²⁾ (Fig. 148), den ich persönlich zu kennen noch das Glück hatte, auf Grund umfassender, auf viele Jahre ausgedehnter Kreuzungsversuche hauptsächlich mit Erbsen, Regeln bzw. Gesetze fand, nach denen sich die Vererbung vollzieht.

Die Ergebnisse seiner grundlegenden Versuche veröffentlichte er

¹⁾ FOCKE, W. O., Die Pflanzenmischlinge. Berlin 1881.

²⁾ Vgl. ILLIS, H., J. G. Mendel als Forscher und Mensch. Brünn 1908.

1865 in den Verhandlungen des naturforschenden Vereins zu Brünn¹⁾, wo sie zunächst unbeachtet verborgen blieben. Erst 35 Jahre später haben unabhängig voneinander drei Botaniker, CORRENS²⁾, v. TSCHERMAK³⁾ und DE VRIES⁴⁾, diese Gesetze selbständig wieder entdeckt, sie bestätigt und so der Vergessenheit entrissen.

MENDELS Regeln.

Um die von MENDEL entdeckten Regeln kennen zu lernen, wollen wir zwei von CORRENS⁴⁾ studierte Bastardierungen genauer verfolgen, zunächst die von der bekannten Wunderblume *Mirabilis*.

Mirabilis. Als Stammeltern werden zwei Sorten gewählt, die eine *Mirabilis Jalapa alba* mit rein weißen Blüten, die andere *Mirabilis Jalapa rosea* mit intensiv rosenroten Blüten. Durch strenge Inzucht hat man sich früher überzeugt, daß die weißblühende Varietät nur weiße, die rotblühende nur rote Blüten hervorbringt. Sie sind also völlig konstant. Kreuzt man nun, nachdem man zuvor die Blüten kastriert und für die Abhaltung der Insekten in üblicher Weise gesorgt hat, die beiden Sorten, indem man den Blütenstaub der roten auf die Narbe der weißen Sorte oder umgekehrt bringt, so erhält man Samen, aus denen wir im nächsten Jahre die erste Generation gewinnen.

Alle ihre Angehörigen sehen gleich aus und blühen rosa, aber nicht so intensiv wie der eine Elter, sondern wesentlich heller (Fig. 149).

Wenn wir nun die Bastarde der ersten Generation durch Gazesäcke vor Insektenbestäubung schützen und der Selbstbestäubung überlassen, so erhalten wir wieder Samen und aus diesen ziehen wir die zweite Generation. Von vornherein konnte man erwarten, daß die Bastarde



Fig. 148.
Gregor Mendel.
Nach LUIS. II.

¹⁾ MENDEL, G., Versuche über Pflanzenhybriden. Verhandl. d. naturf. Ver. i. Brünn 1865. (Auch abgedruckt in Flora 1901, 89. Bd., Ergänzbld. n. in Ostwalds Klassiker d. exakt. Wissensch., Nr. 121.)

²⁾ CORRENS, C., G. Mendels Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1900, Bd. 17, p. 158.

³⁾ TSCHERMAK, E. v., Über künstliche Kreuzung von *Pisum sativum*. Ztschr. f. d. landw. Versuchsw. i. Österr. 1900.

⁴⁾ DE VRIES, H., Sur la loi de disjonction des hybrides. Comptes rend. Acad. d. scienc. Paris 1900, T. 130.

Derselbe, Das Spaltungsgesetz der Bastarde. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1900, p. 83.

⁵⁾ CORRENS, C., Die neuen Vererbungsgesetze. 2. Aufl., Berlin 1912.

dieser zweiten Generation denen der ersten in der Blütenfarbe gleichen werden, dies ist aber nicht der Fall, sondern es treten jetzt dreierlei Individuen auf: 1. solche mit reinweißen, 2. mit tiefrosa und 3. mit hellrosa Blüten. 1 und 2 gleichen in der Blütenfarbe vollständig den Stammeltern, von denen wir ausgegangen sind, und 3 gleicht darin dem Bastard der 1. Generation (Fig. 149). Mithin erscheinen bei einem Teil der Bastarde die Eigenschaften der Großeltern wieder, wir sagen, der Bastard spaltet oder er „mendelt“.

Wenn man die Summe der weißen, tiefrosa und hellrosa Individuen zahlenmäßig bestimmt, so ergibt sich ein ganz bestimmtes Verhältnis:

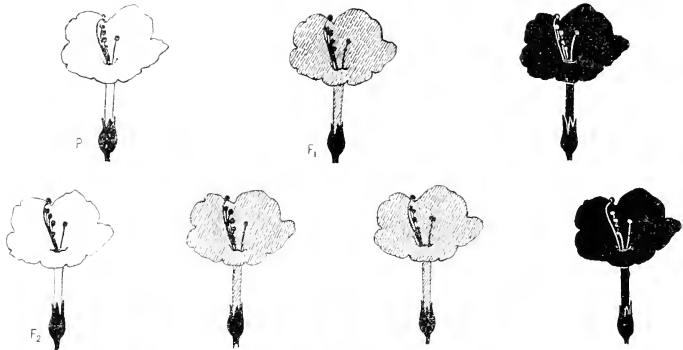


Fig. 149.

Mirabilis Jalapa alba · *rosea*, Blüten in ihrem Verhalten bei der Kreuzung.

P die beiden Eltern weiß und tief rosenrot (hier schwarz).

F₁ der Bastard der 1. Generation ist hellrosa (hier grau).

F₂ die 2. Generation besteht aus Individuen, die links (und rechts) den Stammeltern und aus solchen, die (in der Mitte) dem Bastard der 1. Generation gleichen. Die ersteren liefern immer nur mehr ihresgleichen, die letzteren liefern in den folgenden Generationen wieder alle Vertreter der 2. Generation. Nach CORRENS.

es kommen nämlich auf je zwei hellrosaroten je ein weißes und je ein tiefrosenrotes Individuum, mit anderen Worten, die zweite Generation setzt sich aus 50% hellrosa, 25% weißen und 25% tiefrosaroten Exemplaren zusammen.

Untersucht man die wieder durch Selbstbestäubung gewonnene 3. Generation, so zeigt sich, daß die weißen und tiefrosaroten Individuen nur ihresgleichen geben, die hellrosaroten aber wieder spalten und die uns schon bekannten dreierlei Nachkommen geben, nach dem Verhältnis 1 : 2 : 1. Und zieht man in derselben Weise eine 4., 5. und weitere Generation, so erhält man stets dasselbe Ergebnis: weiß und tiefrosa geben immer wieder ihresgleichen und hellrosa spaltet wieder in die drei schon genannten Nachkommen auf und zwar stets nach dem Verhältnis 1 : 2 : 1.

Es ist üblich geworden, die Stammeltern (parentes) als Parentalgeneration mit dem Buchstaben P, und die folgenden Filialgenerationen (filii = Kinder) mit F₁, F₂, F₃ usw. zu bezeichnen.

Die erwähnten Zahlenverhältnisse zeigen, daß — Selbstbefruchtung und die gleichen Aussichten für die Fortpflanzung vorausgesetzt — die Abkömmlinge des Bastardes schließlich wieder in die beiden Stammeltern, weiß und tiefrosa, übergehen. Schon in der zweiten Generation beträgt die Zahl der hellrosaroten nur mehr $\frac{1}{2}$, in der dritten Generation $\frac{1}{4}$, in der vierten nur $\frac{1}{8}$, es ist also ersichtlich, daß die Zahl immer kleiner und schließlich sozusagen Null werden muß.

Wir haben gesehen, daß die Bastardierung nicht regellos vor sich geht, wie man bisher gewöhnlich annahm, sondern mit einer auffallenden Gesetzmäßigkeit zutage tritt.

MENDEL'S großes Verdienst lag darin, daß er seine Beobachtungen nicht schon mit F_1 abbrach, sondern auch die folgenden Generationen der Bastarde auf das genaueste verfolgte, in die Untersuchungen auch Mathematik hineinbrachte und die verschiedenen Nachkommen ihrer Zahl nach feststellte.

Um die gefundenen Zahlenverhältnisse und das Auftreten von dreierlei Nachkommen zu erklären, stellte MENDEL folgende, durch spätere Untersuchungen aufs beste gestützte Hypothese auf.

Durch die Kreuzung der beiden Stammeltern werden die vorher getrennten Anlagen für weiß und tiefrosa bei der Befruchtung in der Eizelle zusammengebracht und bewirken, daß F_1 hellrosa blüht. Der Bastard erzeugt Geschlechtszellen (Ei- und Pollenzellen), die die beiden Anlagen nicht mehr vereint, sondern getrennt (gespalten) enthalten, und zwar entstehen 50% mit der Anlage weiß und 50% mit der Anlage tiefrosa. Es sind dann folgende vier Kombinationen möglich, die gleich oft auftreten werden. Es verbindet sich

- | | | | | | |
|----|----------|----------|-----|----------|-----------|
| 1. | weiblich | weiß | mit | männlich | weiß. |
| 2. | .. | .. | .. | .. | tiefrosa, |
| 3. | .. | tiefrosa | .. | .. | weiß. |
| 4. | .. | .. | .. | .. | tiefrosa. |

Im Falle 1 erhält man weiße, im Falle 4 tiefrosa und im Falle 2 und 3 hellrosa Blüten, die bei der Erzeugung neuer Keimzellen wieder spalten müssen. Nun verstehen wir auch, warum bei der Bastardierung dreierlei Pflanzen auftreten müssen. Mit der Annahme MENDEL'S, daß der Bastard die beiden Geschlechtszellen in gleicher Zahl bilde, erklärt sich aber auch das Verhältnis 1 : 2 : 1, denn dann sind die Aussichten für den Eintritt der vier erwähnten möglichen Kombinationen gleich groß, es muß daher hellrosa doppelt so oft als weiß und tiefrosenrot erscheinen. Die Klarlegung dieser Verhältnisse ermöglicht es, vorauszusagen, wie die Bastarde ausfallen werden, wenn man den Bastard mit einem der Eltern kreuzt, und darin besteht unter anderem der große Wert der MENDEL'schen Spaltregeln.

Urtica. Im vorhergehenden Vererbungsversuch mit *Mirabilis* unterschieden sich die beiden Stammeltern durch ein physiologisches Merkmal, durch die Blütenfarbe. Und nun soll ein auch von CORRENS geprüfter Pflanzenerbe, in dem die Eltern durch ein Formmerkmal voneinander abweichen und der deshalb so lehrreich ist, weil der Bastard in der ersten Generation einem der Eltern völlig gleicht und weil man ihm seine Bastardnatur gar nicht ansieht.

Es handelt sich hier um zwei Brennnesseln. *Urtica pilulifera* existiert

in zwei erblich vollkommen beständigen Sippen, die sich nur in einem Merkmal unterscheiden: die eine, *Urtica pilulifera*, hat gezähnte Blätter, die andere, *Urtica Dodartii*, fast ganzrandige (Fig. 150).

Der Bastard (F_1) gleicht dem einen Elter mit gesägtem Blattrand, der *Urtica pilulifera* so, daß er sich davon durch den bloßen Augenschein nicht unterscheiden läßt. MENDEL würde sagen, das Merkmal „gezähnt“

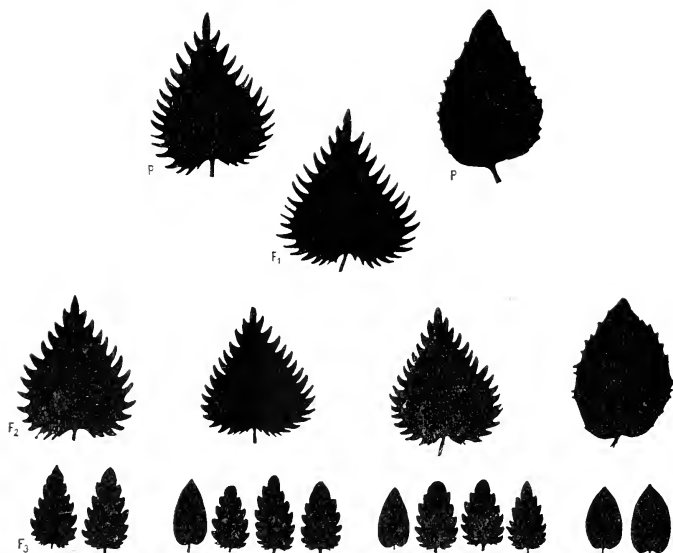


Fig. 150.

Kreuzung von *Urtica pilulifera* (oben links) mit *U. Dodartii*. Die beiden Stammeltern P. F_1 die 1. Generation. Der Bastard gleicht der *U. pilulifera*. Ihre Blattform dominiert. F_2 , die 2. Generation, besteht aus reiner *U. pil.* (links), reiner *Dodartii* (rechts) und Mischlingen (in der Mitte) nach dem Verhältnis 1:2:1. F_3 , die 3. Generation. Die Abkömmlinge von links und rechts konstant, die mittleren mendeln weiter. Siehe Text. Nach CORRENS.

dominiert so über das Merkmal „ganzrandig“, daß das letztere ganz unterdrückt (verborgen) erscheint. „Gezähnt“ dominiert, „ganzrandig“ ist rezessiv.

Die zweite Generation zeigt zweierlei Nachkommen, gezähnte und ganzrandige, und zwar in dem Verhältnis 3 : 1 oder 75 : 25. In Wirklichkeit aber sind die 75% nicht gleich, sondern es sind nur 50% Bastarde, die 25% sind schon reinrassig, also durch Spaltung zu dem einen gezähnten Elter zurückgekehrt. Es ist daher auch hier das alte Verhältnis wie bei *Mirabilis* vorhanden, d. h. 25 : 50 : 25 oder 1 : 2 : 1.

In F_3 und den folgenden Generationen zeigt sich dasselbe wie in F_2 . Die zu den Stammeltern zurückgekehrten, in der Fig. 150 links und

rechts befindlichen Nachkommen erzeugen (bei Selbstbefruchtung) nur ihresgleichen, die Bastarde aber spalten nach dem Verhältnis 3 : 1 weiter.

MENDEL hat in seinen Versuchen mit Erbsen ebenfalls eine Dominanz des einen Merkmals über das andere nachgewiesen. Es dominieren hoher Wuchs über den Zwergwuchs, die gelbe Farbe der Keimblätter über die grüne, die glatte Oberfläche der Samen über die runzeltartige usw. Zwischen diesen Extremen, wo der Bastard einem der Eltern gleicht, bis zu jenen, wo er zwischen beiden die Mitte hält, gibt es im Pflanzenreiche sehr viele Übergänge.

Aus den bisherigen Erfahrungen über Bastardierung lassen sich unter anderem folgende drei Gesetze ableiten:

1. daß die Bastarde zwischen zwei wirklich reinen Sippen, gleiche äußere Bedingungen vorausgesetzt, in der ersten Generation alle gleich sind (Gesetz der Uniformität),
2. die bei der Befruchtung der Eizelle sich vereinigenden Anlagen der beiden Eltern werden bei der Entwicklung der Geschlechtszellen des Bastardes wieder getrennt, so zwar, daß sich in 50% der Geschlechtszellen die eine Anlage und in 50% die andere Anlage vorfindet (Spaltungsgesetz). Wir sagen, die Pflanze spaltet in ihrer Nachkommenschaft auf, oder sie „mendelt“.
3. das Gesetz der Selbständigkeit der Merkmale.

Wir haben bisher die Bastardierung von zwei Eltern betrachtet, die nur durch ein Merkmal voneinander verschieden waren, sie lieferten Monohybriden. Wie gestaltet sich aber die Sache, wenn die Eltern sich durch 2, 3 oder mehr Merkmale voneinander unterscheiden, wenn also die Bastardierung Di-, Tri- oder Polyhybriden liefert? Darauf näher einzugehen, ist hier nicht möglich, es sei nur kurz folgendes hervorgehoben. Die in einem Elter vorhandenen Eigenschaften werden nicht immer zusammen vererbt, sondern sie können ganz unabhängig voneinander auf die Nachkommen vererbt und neu kombiniert werden. Kreuzen wir z. B. zwei Maissorten, die eine mit glatten weißen, die andere mit blauen runzeligen Körnern, so erhalten wir in der ersten Generation Bastarde mit blauen glatten Körnern und in der zweiten Generation Nachkommen von vielerlei Körnern:

glatte blaue
glatte weiße
runzelige blaue
runzelige weiße

in dem Verhältnis 9 : 3 : 3 : 1.

Die Merkmale der Eltern werden also geschieden und neu kombiniert. Daraus dürfen wir schließen, daß die Anlagen der Merkmale (Erbinheiten, Erbfaktoren, Gene) im Keimplasma ziemlich selbständig sind und daß sich das Keimplasma gleich einem Mosaik aus Teilchen aufbaut, die den einzelnen Merkmalen entsprechen.

Die MENDELSchen Regeln haben unter anderem deshalb eine so große Bedeutung gewonnen, weil sie nicht bloß für einige wenige Pflanzen, sondern fast allgemein gelten, nicht bloß für Pflanzen, sondern auch für Tiere und den Menschen.

Mit der Vermehrung der spaltenden Merkmale wächst die Zahl der möglichen Kombinationen sehr rasch, bei zehn gegebenen Merkmal-

paaren sind schon mehr als eine Million Kombinationen der gebildeten Keimzellen möglich, die über tausend äußerlich verschiedene Nachkommen liefern¹⁾.

Von Wichtigkeit für die Theorie und Praxis sind auch die Kreuzungsneuheiten. Es können neue, den Eltern fehlende Eigenschaften im Bastarde auftreten. Kreuzt man zwei bestimmte Sorten weißblühender Wicken (*Lathyrus odoratus*), so erhält man purpurrotblühende Pflanzen. Wir können uns diese auf den ersten Blick sonderbar anmutende Tatsache durch die Annahme erklären, daß die zwei verschiedenen Anlagen, die Purpur geben, in den beiden Eltern getrennt vorkommen, getrennt aber wirkungslos sind. Erst wenn sie im Bastarde vereinigt werden, können sie Purpur liefern.

Erblichkeit und Pflanzenzüchtung.

Wie in so vielen Gebieten des Wissens hat man zuerst ganz empirisch Erfahrungen über Vererbung gesammelt und sie dann praktisch verwertet. DARWIN konnte sich bei Aufstellung seiner Selektionstheorie zunächst fast nur auf die Erfahrungen der Tier- und Pflanzenzüchter stützen, denn exakte, wissenschaftliche Vererbungsversuche gehören ja erst der neueren Zeit an.

Bei der Heranzüchtung neuer Formen kommen vor allem zwei Erscheinungen in Betracht: die Auslese und die Kreuzung.

Die Auslese geht von der Variabilität aus. Und von den drei unterschiedenen Varianten kommen nur die Kombinationen und Mutationen in Betracht, da ja die Modifikationen nicht vererbbar sind.

Bemerkt der Gärtner unter zahlreichen Individuen einer Art eine erwünschte Abänderung, sei es in der Frucht, sei es in der Form oder Farbe der Blüte, des Laubes oder sei es im Wachstum, so wird dieses Individuum isoliert und vor Fremdbestäubung geschützt. Werden die Nachkommen wieder so behandelt, dann erhält man durch Auslese eine Rasse, die ganz oder ziemlich samenbeständig ist, d. h. bis 100% von Nachkommen mit der gewünschten Abänderung liefert.

Früher hat man, wenn man z. B. eine gute Roggenrasse züchten wollte, aus einem Roggenfelde diejenigen Exemplare, die dem Züchter am wertvollsten erschienen, ausgelesen und die Früchte dieser Ähren vermischt wieder ausgesät. Indem man bei den Nachkommen dieser Elitepflanzen wieder so verfuhr, gelangte man schließlich zu besseren Kulturrassen. Heute geht man namentlich auf Grund der Erfahrungen von H. NILSSON in Svalöf (Schweden) bei der Züchtung von der Individualisierung aus, d. h. die Körner eines Roggenindividuums mit wertvollen Eigenschaften werden für sich geerntet und gesondert von anderen ausgesät²⁾. Auf diese Weise gelangt man gewöhnlich schon in der nächsten Generation zu konstanten Rassen. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß in einem Roggenfelde eine überaus große Anzahl von Elementararten oder reinen Linien existieren, die durch die Individualauslese geschieden werden und sich dann, wenn Kreuzung mit anderen Rassen vermieden

¹⁾ CORRENS, C., l. c. p. 49.

²⁾ L. V. VILMORIN, der bekannte französische Züchter, hatte schon vor DARWIN'S Auftreten die Individualauslese empfohlen. *Notices sur l'amélioration des plantes par les semis*. Nouvelle édition, Paris 1886.

wird, rein erhalten. „Darum ist jetzt NILSSONS Grundsatz für alle Zuchtzwecke, mit seiner Zuchtreihe von einer einzigen Mutterpflanze auszugehen. Nur solche Zuchten ergeben reine Sorten. Eine zweite in Svalöf gemachte und für Wissenschaft und Praxis gleich wertvolle Entdeckung war die von dem erstaunlichen Reichtum unserer landwirtschaftlichen Gewächse an elementaren Arten. Jede kultivierte Art scheint gegen hundert zu enthalten und bei Getreide fand man in jeder älteren Art sogar mehrere hundert. Dazu sind die Unterschiede zwischen diesen elementaren Formen so bedeutend, daß sie fast allen möglichen Bedürfnissen des praktischen Landwirts in weitem Umfang entsprechen; mit anderen Worten, durch sorgfältiges Durchsuchen des Schlages kann fast in jedem Fall eine Pflanze gefunden werden, welche dem gesuchten Ideal entspricht. Von solcher Pflanze kann eine reine und konstante Rasse ohne weitere Schwierigkeiten als Isolierung und Vermehrung der Nachkommenschaft gezogen werden. Keine Sonderkultur und wiederholte Auslese ist nötig, die einzige Sorgfalt erfordert der Schutz vor Nachbarbefruchtung“¹⁾. Im Felde stehen aber auch Bastarde. Geht man bei der Einzelauslese zufällig von einem Bastard aus, so sind allerdings die Nachkommen nicht gleich konstant, aber da sie bei weiterer Zucht mendeln, so kommt man auch in diesem Falle alsbald zu konstanten Rassen.

Der Ausleseprozeß wird sich verschieden gestalten, je nachdem es sich handelt 1. um autogame Pflanzen, d. h. um solche, die sich durch Selbstbefruchtung fortpflanzen, wie Bohne, Gerste u. a., 2. um gelegentlich allogame Pflanzen, d. h. solche, die sich durch Fremdbestäubung, aber künstlich auch durch Selbstbefruchtung fortpflanzen, und 3. um stets allogame Pflanzen, bei denen entweder wegen der Geschlechtstrennung oder, weil der Pollen auf die ihn erzeugende Blüte wirkungslos ist, eine Selbstbefruchtung unmöglich ist.

Wie diese Auslese im einzelnen vor sich geht, kann hier nicht behandelt werden, es sei diesbezüglich insbesondere auf die Werke von BAUR²⁾, FRUHWIRTH³⁾, LÖBNER⁴⁾, v. RÜMKER⁵⁾, v. TSCHERMAK⁶⁾ und DE VRIES⁷⁾ verwiesen.

Ist die neue Abänderung durch Samen, also auf geschlechtlichem Wege, überhaupt nicht vererbbar, so bedient sich der Gärtner der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Stecklinge oder Veredlung und auf diese Weise werden, wie wir wissen, Abänderungen ganz besonders treu fixiert. Diese letztere Art der Weiterzüchtung kommt unter anderem auch bei den „Sports“ in Anwendung, worunter man gewöhnlich Knospenvariationen versteht, die plötzlich auftreten und von den Mutterzweigen durch auffallende Eigenschaften abweichen. Zahlreiche panaschierte Nadel- und Laubbölzer, Farbenvariationen der Blüten von Azaleen, Rosen, Begonien und Chrysanthemen verdanken ihren Ursprung einem „Sport“.

Kreuzung. Eine noch größere Bedeutung als die Auslese hat im

1) DE VRIES, H., Pflanzenzüchtung, I. c. p. 90.

2) BAUR, E., I. c.

3) FRUHWIRTH, C., I. c.

4) LÖBNER, M., I. c.

5) v. RÜMKER, K., I. c.

6) v. TSCHERMAK, K., in FRUHWIRTHS „Die Züchtung der landw. Kulturpflanzen“. Berlin. I. IV. Bd.

7) DE VRIES, H., Pflanzenzüchtung, I. c.

Gartenbau die Kreuzung, entweder für sich oder in Verbindung mit der Auslese.

In der Blüte sind verschiedene Einrichtungen getroffen, die darauf abzielen, daß der Pollen einer Blüte nicht auf die Narbe derselben Blüte (Selbstbestäubung), sondern auf die einer anderen Blüte gelangt (Fremdbestäubung), was in der Natur meist entweder durch den Wind oder durch Insekten bewerkstelligt wird.

In der Natur waltet bei der Kreuzung der Zufall, denn von ihm hängt es ab, ob die Luftströmung oder ein Insekt den Blütenstaub gerade auf die Blüte dieses oder jenes Individuums bringt. In der Kultur hingegen herrscht der Wille des Züchters, denn er wählt die zu vereinigenden Eltern aus und kreuzt sie.

So ist das große Heer von Rosen-, Orchideen-, Fuchsien-, Begonien-, Chrysanthem-, Astern-, Cannan-, Georginen-, Scabiosen-, Obst- und Getreidehybriden entstanden. Während man bei der Auslese der Variationen ganz auf den Zufall angewiesen ist und daher immer warten muß, bis die Natur eine Variation liefert, kann man bei der Bastardierung planmäßig vorgehen. Kreuzt man z. B. eine meltauempfindliche Rose mit einer meltauunempfindlichen oder eine duftende Sorte mit einer anders duftenden, so kann man schließlich zu Formen gelangen, die eine wesentliche Verbesserung der Rasse im Sinne des Züchters darstellen.

Durch glückliche Auswahl der Eltern ist viel zu erreichen. BURBANK¹⁾, der bekannte amerikanische Pflanzenzüchter, hat durch Auslese und Kreuzung eine Reihe höchst wertvoller Kulturpflanzen gezüchtet. Ich erinnere nur an den stachellosen Kaktus, an die dornenlosen und an die weißen Brombeeren, an das verbesserte Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*), an die „steinlose“ Pflaume u. a.

Stammen die Bastarde von Eltern ab, die konstant sind und sich nur durch ein Merkmal unterscheiden, so ist die Verschiedenheit der erzielten Bastardformen nicht groß, anders aber, wenn die Eltern stark variieren und durch mehrere oder gar viele Merkmale voneinander abweichen. Dann kann eine Fülle verschiedener Formen entstehen und daraus wählt der Züchter, was ihm beliebt.

Besonderes Interesse beanspruchen auch die durch die Praktiker gewonnenen Kreuzungen zwischen zwei Gattungen. So kennt man Orchideenbastarde zwischen *Laelia* und *Cattleya*, *Laelia* und *Epidendron*, *Epidendron* und *Sophranites*, *Odontoglossum* und *Cochlioda*.

LEMOINE in Nancy zwang drei Gattungen zu einer Verbindung, indem er *Sciadocalyx* mit einem Bastard von *Tydaea* und *Isoloma* kreuzte. Allerdings darf man nicht vergessen, daß auch die Gattung nur einen konventionellen Begriff darstellt und kein sicheres Maß der Verwandtschaft und daß das, was der eine als Gattung bezeichnet, für den anderen vielleicht nur eine Art ist.

Merkwürdigerweise lassen sich hingegen anscheinend nahestehende Arten nicht erfolgreich miteinander kreuzen, z. B. nicht *Primula sinensis* mit *Primula obconica*²⁾.

Ein Hemmnis der Pflanzenzüchtung liegt in der Tatsache, daß viele Bastarde unfruchtbar sind, weil sie keine Samen entwickeln. Der Maul-

¹⁾ Vgl. DE VRIES, Pflanzenzüchtung, I. c.

²⁾ LÖRNER, M., I. c. p. 47.

esel ist ebenso wie der Kanarienvogelbastard unfruchtbar. Beide müssen immer wieder durch Kreuzung erzeugt werden. Ebenso steht es mit vielen Pflanzenbastarden. *Ribes Gordianum* (*R. aureum* \times *R. sanguineum*), *Forsythia intermedia* (*F. suspensa* \times *F. viridissima*) und das Kreuzungsprodukt einer japanischen Pflaume mit dem Pfirsich erwiesen sich als unfruchtbar. Viele Orchideenbastarde sind, wenn auch nicht unfruchtbar, so doch schwer zur Weiterzucht zu verwenden. Je weniger verwandt die Stammeltern sind, desto größer ist in der Regel die Unfruchtbarkeit. Sexuelle und systematische Verwandtschaft begegnen sich gewöhnlich, doch gibt es auch hier viele Unregelmäßigkeiten.

Äußerlich prägt sich die Unfruchtbarkeit schon in der nicht ganz normalen Ausbildung der Staubblätter, der Griffel oder der Pollenkörner aus. Es darf aber nicht übersehen werden, daß die Unfruchtbarkeit nur selten eine absolute ist. Untersucht man einen unfruchtbaren Bastard genau, so wird man mitunter doch einzelne gut ausgebildete Antheren finden, deren Pollen zur Befruchtung dienen können. Von Wichtigkeit für den Züchter ist, daß die Unfruchtbarkeit bei den durch ungeschlechtliche Fortpflanzung erzeugten Nachkommen der Bastarde nach und nach abnehmen kann. *Primula Kewensis* trug ursprünglich keine Samen, heute ist sie fruchtbar. Die *Begonie Gloire de Lorraine*, von der man lange Zeit nur männliche, und zwar unfruchtbare Blüten kannte, erzeugt nunmehr auch vereinzelt weibliche Blüten, zu deren Bestäubung man hier und da auftretende mit wirksamen Pollen versehene Staubbeutel fand¹⁾. v. WETTSTEIN beobachtete, daß anfangs sterile oder fast sterile Bastarde von *Sempervivum* später an Fruchtbarkeit sprunghaft zunahmten²⁾.

Xenien.

Zum Schlusse soll noch einer höchst auffallenden Erscheinung gedacht werden, die zwar praktisch bisher keine Bedeutung erlangt hat, die aber von großer theoretischer Wichtigkeit ist. Ich meine die sogenannten Xenien³⁾. Man versteht darunter gewöhnlich schon an der bestäubten Mutterpflanze auftretende Abänderungen der Früchte, Samen und sogar noch anderer Teile, Abänderungen, die unter dem Einflusse des Blütenstaubes bei der Bastardierung entstehen.

Sieht man von unsicheren Angaben in der Literatur ab, so sind Xenien nachgewiesen bei Mais, Roggen, Levkojen, Fisoln und Erbsen, jedoch nur wahrscheinlich gemacht für Erdbeeren und einige andere Gewächse.

Eine der gründlichsten Arbeiten über Xenien verdanken wir CORRENS⁴⁾. Er hat die einschlägigen Verhältnisse namentlich bei verschiedenen Maisrassen, die sich durch auffallende Eigenschaften auszeichnen, studiert. Ein Beispiel aus CORRENS' Werk sei hier erwähnt (Fig. 151). Wird eine reine Maisrasse alba (a), deren Körner hellgelb sind, mit einer Rasse cyanea (b), deren Körner tiefblau sind, bestäubt, so erhält man schon

¹⁾ LÖBNER, M., l. c. p. 52.

²⁾ v. WETTSTEIN, R., Über sprunghafte Zunahme der Fertilität bei Bastarden. WIENNER-Festschrift, Wien 1908, p. 368.

³⁾ FOCKE, W. O., Die Pflanzenmischlinge. Berlin 1881, p. 519.

⁴⁾ CORRENS, C., Bastarde zwischen Maisrassen mit besond. Berücksichtigung der Xenien. Bibliotheca botanica, Heft 53, Stuttgart 1901.

Vgl. auch GULTAY, E., Über den direkten Einfluß des Pollens auf Frucht- und Samenbildung. PRINGSHEIMS Jahrb. f. wiss. Bot. 1893. Bd. 25, p. 489.

an der Mutterpflanze Mischkolben *x*, die zahlreiche hellblaue Körner, die Xenien, enthalten (Fig. 151).

Der Grund, warum in diesem Versuche nicht alle Körner des Mischkolbens blau sind, liegt nach CORRENS darin, daß *cyanea* nicht reinrassig war, sondern auch die Rasse *alba* enthielt. Arbeitet man exakt mit reinrassigen Eltern, so liefern die Mischlingskolben nur Xenien.

Die Xenien werden uns verständlich, wenn wir uns daran erinnern, daß bei bedecktsamigen Pflanzen (Angiospermen) eine doppelte Befruchtung vorkommt (vgl. p. 268). Wir wissen, daß der generative Kern des Pollenschlauches sich vor der Befruchtung in zwei Kerne teilt, wovon der eine sich mit der Eizelle, der andere mit dem Embryosackkern vereinigt. Wir erhalten also bei der Bastardierung gewissermaßen zwei Hybriden, den Embryo, der aus der Eizelle entsteht, und das Endosperm, das sich aus dem Embryosackkern entwickelt. Es ist also ganz verständlich, daß sich der Einfluß des Vaters (Pollens) schon im Samen der Mutter geltend machen kann.

Die Versuche von CORRENS mit Mais haben gelehrt, daß der Einfluß des Pollens bei den Xenien über das Endosperm nicht hinausgeht. Ob das auch bei anderen Xenien der Fall ist oder ob bei anderen Pflanzen nicht doch auch ein Einfluß sich über das Endosperm hinaus geltend macht, müssen weitere Versuche lehren. —

Die Xenien dürften meiner Meinung nach in der Natur viel weiter verbreitet sein, als es den Anschein hat, denn unter der Voraussetzung, daß die doppelte Befruchtung bei Angiospermen allgemein oder allgemeiner verbreitet ist, und mit Rücksicht darauf, daß viele Arten in der Natur in vielen Elementararten existieren, müssen Xenien häufig vorkommen. Man merkt es ihnen nur nicht an, da die Unterscheidungsmerkmale

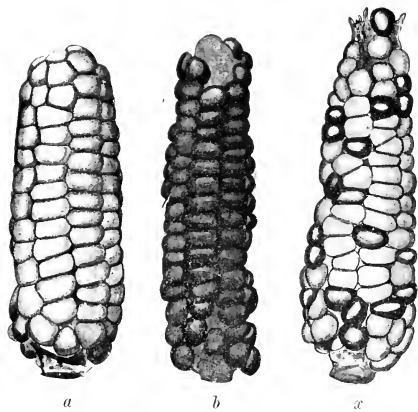


Fig. 151.

Xenien bei *Zea mays*. *a* Kolben der Rasse *Zea alba*, Körner hellgelb. *b* Kolben der Rasse *Zea cyanea*, Körner tiefblau. *a* mit *b* bestäubt gibt den Mischlingskolben *x*. In diesem finden sich zahlreiche, mäßig intensiv blaue Körner, die Xenien. $\frac{2}{3}$ natürl. Größe.

Nach CORRENS.

zwischen den Eltern gewöhnlich wenig auffallend sind. —

Es ist noch nicht lange her, daß man bei der Pflanzenzüchtung, da anscheinend vieles dem bloßen Zufall anheimgestellt blieb, einfach darauf los probierte, um neue Rassen zu gewinnen. Daß auf diesem Wege gute Erfolge erzielt wurden, soll keineswegs geleugnet werden, aber sie wurden oft unter Aufwand von viel Material und auf Umwegen gewonnen. Jetzt, da wir die MENDELSchen Spaltregeln kennen, kann man plan-

mäßig vorgehen, auf Grund von Erfahrungen die Eigenschaften der Bastarde voraussagen. Eigenschaften kombinieren und so vollkommene Merkmale der Eltern im Bastarde vereinigen. Das ist für die Praxis von großer Bedeutung und daher soll sich die moderne Züchtung auf den festen Boden der Vererbungslehre stellen.

Es ist mit Rücksicht darauf mit Freude zu begrüßen, daß an verschiedenen Orten eigene Institute gegründet wurden und hoffentlich noch gegründet werden, die ganz oder zum großen Teil in den Dienst der Vererbung und Züchtung gestellt werden. Ich erinnere an das mit glänzendem Erfolge von BATESON geleitete JOHN INNES Horticultural Institution in Wimbledon bei London, an das MENDEL-Institut in Eisgrub (Mähren), an das Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie in Berlin, an das Institut für Vererbungsforschung in Potsdam, an die staatliche Anstalt für Pflanzenzüchtung in Weihenstephan (Bayern), an die von NILSSON-EHLE geleitete, berühmte Züchtungsanstalt in Svalöf (Schweden) und andere.

Hoffentlich ist die Zeit nicht mehr ferne, wo auch an höheren Gärtnerschulen der Vererbungslehre mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird als dies bisher der Fall war, denn nur so wird es möglich sein, die Praktiker bei ihren Züchtungsversuchen auf den richtigen Weg zu leiten.

Vor 56 Jahren schrieb v. KERNER¹⁾ die Worte: „Ein charakteristisches Zeichen der jüngst vergangenen Periode war es, daß einerseits die Gärtner es verschmähten, sich um die Resultate der wissenschaftlichen Forschungen zu bekümmern und andererseits die Herren, welche sich auf dem gelehrten Kothurn bewegten und die sich gar zu gern die Männer der Wissenschaft nennen hörten, es unter ihrer Würde fanden, die Ergebnisse theoretischer Forschung in das Leben einzuführen.“ Inzwischen ist es um vieles besser geworden, und wenn dieses mein Buch etwas dazu beigetragen haben sollte, diesen verkehrten Standpunkt jener Zeit zu beseitigen und die Theoretiker und Praktiker zu gemeinsamer, sich ergänzender Arbeit zu vereinigen, so ist eines der wesentlichsten Ziele des vorliegenden Werkes erreicht.

¹⁾ KERNER, A. v., Die Kultur der Alpenpflanzen. Innsbruck 1864.

Sachregister.

A.

- Abfallen der Blütenknospen, Früchte und Zweige 201—202.
Abgabe von Sauerstoff 40—41.
Abhärtung 72—73.
— der Stecklinge 72.
— verpflanzter Gewächse 72—73.
— der Warmhauspflanzen 72.
Abies 9. 243.
Ablaktieren 238.
Ableger 226.
Ablenkung der Wurzeln durch Gase 156.
Abschneiden von Sprossen unter Wasser 74—75.
Absorptionsspektrum des Chlorophylls 39.
Abutilon 11. 176. 195. 196. 249. 250.
Abzug des Blumentopfes 119.
Acacia 18. 290.
Acer 11. 36. 120. 151. 181. 244. 280.
Achillea 113—115. 282.
Achimenes 207. 233.
Achyranthes 41.
Acorus 263.
Aderung des Blattes 263. 264.
Adoxa 136.
Adsorption 23—24.
Adventivbildungen 124. 175.
—, Begriff der 174.
Änderung der Blütenfarbe 13—15. 84.
Aerotropismus 156.
Aeschinanthus 233.
Aesculus 59. 120. 151. 187. 201. 283.
—, Chlorose von 9.
Äther, ein Mittel zum Treiben 180. 187.
Ätherisieren und Treiberei 180.
Aethylen 188.
Äugeln 240.
Agaricus 87. 88—90.
Agathis 260.
Agave 61—62. 212.
Ageratum 34. 212.
Agrostis 302.
Ahornzucker 57.
Ailanthus 151.
Aira 301.
Akebia 9.
Aktinomyzet 19.
Aktives Leben und Wasser 51.
Alaun 13—15.
Albikatio 248.
Albizzia 291.
Alchemilla 269.
Aldrovandia 106.
Alectorolophus 97. 269. 298.
Aletris 249.
Alisma 296.
Alkohol als Atmungsprodukt 110.
Allium 38. 224. 294.
Alnus 19. 20. 181. 302.
—, Knöllchen von 19. 20.
Aloë 61, 233.
Alopecurus 302.
Alpenpflanzen, Kultur der 7.
Altersschwäche als Folge der ungeschlechtlichen Vermehrung 262—265.
Aluminium 12—14.
Aluminiumsulfat 13.
Amarantus 16. 294. 297.
Aminosäuren 76.

Ammoniak 15. 186.
 Ammoniakalaun 14.
 Amorphophallus 116.
 Anastatica 133.
 Anbiiden der Zweige 171.
 Androsace 295.
 Anectochilus 73.
 Anemone 285. 296.
 Anspitzen 240.
 Anthemis 243. 282.
 Anthericum 295.
 Antheridium 266.
 Anthokyan 14. 83—86.
 Anthokyanbildung, Steigerung der 83—86.
 Anthoxanthum 302. 318.
 Antipoden 267.
 Anzucht der Orchideen aus Samen 92—97.
 Apfelsäure 111. 267.
 Apium 132.
 Aponogeton 289.
 Arabis 284. 285.
 Aralia 242. 243.
 Araucaria 258—259. 167.
 Arbutus 243.
 Arhegonium 265.
 Arctostaphylos 243.
 Ardisia 20. 295.
 Arenga 60. 61.
 Aretia 295.
 Argon 15.
 Aristolochia 9.
 Artischocken 132.
 Arum 116.
 Arundo 263.
 Aschenbestandteile 5—15.
 —, die entbehrlichen 12.
 —, — unentbehrlichen 5.
 Asparagin 76.
 Asparagus 131.
 Asperula 212.
 Aspidistra 49.
 Aspidium 265—267.
 Asplenium 231.
 Assimilate 75—83.
 Assimilatenstrom, absteigender 76—83.
 Assimilation 40.
 — des freien Stickstoffs 16—21.
 — der Kohlensäure 37—50.
 Aster 6, 282.
 —, künstliche Färbung der 84.
 Atherurus 232.

Atmosphärlilien 21.
 Atmung 109—120.
 —, gewöhnliche 110.
 —, intramolekulare 110.
 Atmung der Sakkulanten 111.
 — und Wärmeentwicklung 111—118.
 Atropa 242.
 Aucuba 11. 120. 212. 229. 243.
 Aufschießen 278.
 Augenstecklinge 235.
 Ausläufer 223.
 Auslese 179. 316.
 Ausscheidungen der Wurzelhaare 21—22.
 Außenbedingungen des Wachstums 128.
 Austreiben nach Entblätterung 178.
 Auxanometer 125—127.
 —, selbstschreibendes 126.
 Avena 147. 302.
 Avicennia 119.
 Azalea 7. 120. 179. 184. 195. 197. 243.
 244.
 Azetylen und Treiben 186. 188.
 Azetogen 19.
 Azeton 189.
 Azotobacter 17.

B.

Bakterien im Boden 26.
 —, nitrifizierende 15.
 —, denitrifizierende 26.
 —, thermophile 115. 205.
 —, wärmelebende 117.
 Bakterienansammlung um eine Luftblase
 41.
 Bakterienmethode Engelmans 41.
 Baeterium callfactor 118.
 — coli 117.
 — radiceicola 17.
 Bambusa 125.
 Barbara-Zweige 177.
 Bartschia 97.
 Bastard 255. 310.
 —, Unfruchtbarkeit des 318.
 Bau des Bodens 22—23.
 Baumschnitt 168—176.
 — zur Herstellung der Form 169—173.
 Baumwolle, Selbsterhitzung der 117.
 Befruchtung, doppelte 268. 320.
 Befruchtungsvorgang 268.

Begießen 73.
 — mit warmem Wasser 73.
 Begonia 49. 72. 124. 125. 142. 195. 202.
 211. 216. 221. 230. 297.
 Belichtungsverhältnisse im Gewächshause
 151.
 Bellis 205. 282.
 Benincasa 243.
 Bertholonia 233.
 Beschneiden der Wurzeln 174.
 Beta 302.
 Betula 151—181. 302.
 Bewegung des Wassers in der Pflanze
 51—75.
 Beziehungen zwischen Reis und Unterlage
 246—248.
 Biegen der Zweige 173.
 Bignonia 241.
 Bindung des freien Stickstoffs 16—20.
 Biologische Bedeutung des Laubfalles 192.
 Biota 258.
 Birke, Blüten der 57.
 Birkenwein 57.
 Bizzaria 253.
 Blattläuse und Vergrünungen 285—286.
 Blattrötung 83.
 Blattstecklinge 229—231.
 Bleichsucht 8—12.
 Bleinitrat 33.
 Blindwerden der Mistbeefenster 21.
 Blitum 294.
 Blühwilligkeit 49.
 Blüten, gefüllte 281—286.
 Blütenbildung und ihre Ursachen 274—280.
 — — Licht 275—277.
 — — Wärme 276.
 — — Feuchtigkeit 278.
 — — Zucker 280.
 —, Theorie der 279—280.
 — und Nährsalzmangel 288.
 —, verfrühte 278. 280.
 Blütenfarbe der Hortensie 13—14.
 Blütenknospen, Abfallen der 201—202.
 Blütenstaub 268.
 Blumentopf 119—120.
 Blüten 55—58.
 Blutmehl 29.
 Blutungsdruck 55—58.
 Bocconia 9.
 Boden 13. 21—28.
 —, Bau des 23.

Boden, chemische Eigenschaften 6.
 —, Kleinlebewesen im 26.
 —, physikalische Eigenschaften 6. 23—25.
 Bodenadsorption 23.
 Bodenbakterien, stickstoffbindende 17.
 Bodeneinfluß auf die Blütenfarbe der
 Hortensie 13—14.
 Bodenentstehung 21.
 Bodenimpfung 19.
 Bodennässe, stagnierende 119. 197.
 Bodenwärme 24. 25. 118.
 Boehmeria 56. 195. 198.
 Boletus 90.
 Bor 12.
 Borrage 221.
 Botrychium 96.
 Brachwirtschaft 29.
 Brassica 72. 132. 232.
 Brechen der Zweige 83.
 Brom 12.
 Brutknospen 224.
 Brutsteine 89.
 Brutziegel 89.
 Brutzwiebel 224. 233.
 Bryonia 243.
 Bryonopsis 243.
 Bryophyllum 232.
 Buntblättrigkeit 248.
 Burdonen 256.
 Buxus 151. 197.

C.

Caladium 207. 249.
 Calamus 64.
 Calanthe 211.
 Calendula 115.
 Callistephus 15.
 Calluna 6. 202.
 Caltha 285. 296.
 Calycanthus 229.
 Camellia 195. 229.
 Campanula 15. 281.
 Canna 291.
 Capsella 16. 36. 98.
 Caragana 138—139. 199. 243.
 — als Trauerbaum 138—139.
 Cardamine 232. 285.
 Cardy 132.
 Carlina, 133.
 Carotin 39. 40.

- Carpinus 10, 113, 151, 201.
 Cassia 298.
 Castanea 9, 249, 273.
 Casuarina 13.
 Cattleya 92, 93, 318.
 Cayaponia 243.
 Ceanothus 280.
 Cedrus 243.
 Celosia 294.
 Centaurea 99.
 Cephalotaxus 243.
 Ceratopteris 231.
 Cereis 272.
 Cereus 236, 244.
 Chamaecyparis 257, 258.
 Champignon 88—90.
 — im Blumentopf 90.
 Champignonbrut 89.
 Champignonmyzel 89.
 Champignonzucht 88—90.
 Chara 269.
 Chelidonium 232, 296.
 Chemische Reize und Keimung 295—298.
 Chemotaxis 267.
 Chenopodium 16.
 Chilisalpeter 29—32.
 Chimäre 251—256.
 Chionanthus 243.
 Chirita 233.
 Chlor 12, 13.
 Chloralhydrat 189.
 Chlorkalium 3.
 Chloris 297.
 Chlorophyll 8, 9.
 — a 39, 40.
 — b 39, 40.
 Chlorophyllkörner 39.
 Chlorophyllüberproduktion im elektrischen
 Lichte 46.
 Chlorophyllose Phanerogamen 97.
 Chlorose 8—12.
 Chromatophoren 39.
 Chromosom 254.
 Chrysanthemum 243, 282.
 Chrysodium 231.
 Cichorium 132.
 Cineraria 31, 34, 282.
 Citrus 229, 233.
 Clarkia 281.
 Clematis 241, 296.
 Clivanthus 243.
 Clostridium 17.
 Cochlearia 224, 263.
 Cochlioda 318.
 Cocos 13, 59, 60.
 Coleus 31, 49, 197, 207, 242, 247, 249.
 Colocasia 54—55, 263.
 Columnnea 233.
 Colutea 280.
 Conocephalus 58.
 Convallaria 179, 185.
 Convolvulus 285.
 —, Chlorose des 9.
 Coprinus 155.
 Cordyline 291.
 Cornus 181, 182, 188.
 Corydalis 178, 296.
 Corylus 91, 140, 178, 181, 182.
 Cotyledon 233.
 Cotinus 280.
 Crassula 233.
 Crataegus 243.
 Crataegomespilus 252, 253, 254.
 Crocus 178.
 Croton 195, 249.
 Cryptomeria 260, 261.
 Cucumis 243.
 Cucurbita 44, 129, 243.
 Cumarin 212.
 Cupressineen, Jugendform der 257—259.
 Cupressus 260.
 Cuscuta 87, 97.
 Cussonia 243.
 Cyankali 186.
 Cycas 13.
 Cyclamen 14, 224, 305.
 Cyclanthera 243.
 Cydonia 229, 241, 243, 244, 245, 246, 280.
 Cynara 132.
 Cyperus 197.
 Cypripedium 92.
 Cytisus 113, 243, 252—254.

D.

- Daedylis 302.
 Dahlia 224, 282.
 Dammara 202, 260.
 Daphne 243.
 Darlingtonia 294.
 Datura 242, 248.
 Daucus 39, 301.
 Dauer der Keimfähigkeit 299—300.

Dauer des Lebens 219.
 — — Warmbades 181.
 Davallia 35.
 Dentaria 224.
 Dewargefäß 113—115.
 Dianthus 283.
 Diastase 75.
 Dietyophora 125.
 Diffusion 51.
 Digitalis 6. 297.
 Dionaea 73. 102—103. 104. 133. 233.
 Dioscorea 236. 263.
 Diospyros 37.
 Diplacium 231.
 Dominante Merkmale 314.
 Draba 178. 308.
 Dracaena 224. 235. 237.
 Drainage 118.
 Drehen der Zweige 82.
 Drimia 232.
 Drosera 7. 73. 103—105. 233.
 Druck, negativer 63—64. 70.
 —, osmotischer 52.
 Dryopteris 231.
 Dünger 29—34.
 Düngung 29—34.
 — der Gartenpflanzen 31—33.
 — — Luft mit Kohlensäure 47—50.
 — — Obstbäume 33.
 — — Topfgewächse 31—33.
 Dunkelkeimer 294.
 Durchwachsung 286.

E.
 Ecballium 243.
 Echeveria 233.
 Echinocactus 236.
 Echinocystis 243.
 Echium 278.
 Edelreis 237.
 Edgeworthia 243.
 Einfluß des Reises auf die Unterlage
 246—248.
 Einfrieren kürzt die Ruheperiode 179.
 Einschnitte zur Regulierung des Wachstums
 172—174.
 Einspritzung von Wasser 184.
 — — Äther 186.
 — — Alkohol 187.
 Eisen 3. 8.
 — kein Bestandteil des Chlorophylls 39.

Eisen, Notwendigkeit des 8.
 Eisenchlorid 13.
 Eisenfeilpulver 13.
 Eisennägel 13.
 Eisenocker 13.
 Eisenspäne 13.
 Eisensulfat 13.
 Eisenvitriol 11. 13. 14.
 Eistod 208.
 Eiweiß 76.
 Eizelle 268.
 Elaeagnaceen 29.
 Elektrisches Licht und Pflanzenkultur
 45—46.
 Elementararten 308.
 Elemente, die unentbehrlichen 5—12.
 —, — entbehrlichen 12—15.
 Elodea 40. 263.
 Embryo 268. 269.
 Embryosack 267. 268.
 Embryosackkern 267. 268.
 Empfindlichkeit, heliotropische 144.
 Endiviensalat 132.
 Endosperm 268.
 ENGELMANN'S Bakterienmethode 41. 267.
 Entspitzen 169.
 Entstärkung des Blattes 41.
 Entstehung des Bodens 21—22.
 Enzian, Schwierigkeit der Kultur 96.
 Ephedra 202.
 Epidendron 318.
 Epilobium 297.
 Epipactis 6.
 Epiphyllum 244. 245.
 Episcia 207.
 Eranthemum 73. 207.
 Erblichkeit 316—319.
 Erde 25.
 Erfrieren 205—216.
 — und Auftauen 210—212.
 — knapp über dem Eispunkt 206—208.
 —, Ursachen des 212—216.
 Erica 7. 101.
 Eriobotrya 120.
 Erle, Knöllchen der 19. 20.
 Ernährung 3—106.
 — der Pilze 86—90.
 — mangelhafte 35.
 Ernährungsweisen besonderer Art 90—97.
 Erodium 84. 133.
 Eryum 243.

Erwärmung der Blätter 112.
 Erwärmung der Blüten 113—116.
 — — Cycadeen und Palmenblütenstände 116.
 — des Bodens 24.
 — der Samen 112.
 Erythrina 13.
 Etiololement 11, 12, 130.
 Etiololement in der Praxis 131—132.
 Eucalyptus 64.
 Eucomis 233.
 Eupatorium 198.
 Euphorbia 236.
 Euphrasia 97.
 Evonymus 195, 197, 202, 249.
 Exine 268.

F.

Fagus 141, 151, 178, 182, 187, 223, 307.
 Faktoren der Organbildung 159.
 Farbenänderung 84.
 Farbstoffträger 39.
 Farnkraut, Fortpflanzung eines 265—267.
 Feinerde 23.
 Fermente und Keimung 297.
 Festuca 263.
 Fett 75.
 Feuchtigkeit und Blüten 278.
 Fichtenspargel 97.
 Ficus 147, 236, 293.
 Filialgeneration 312.
 Fittonia 216.
 Fixe Lichtlage 146.
 Fleischfressende Pflanzen 101—106.
 Fliehkraft 134—135.
 Fluoreszenz des Chlorophylls 39.
 Förderung der Blüten- und Fruchtbildung durch den Baumschnitt 173—175.
 Formaldehyd 186.
 Formbaum und Baumschnitt 169—173.
 Formel des Chlorophylls 39.
 Forsythia 178, 181, 184, 243, 319.
 Fortpflanzung 219—286.
 —, die geschlechtliche 222, 265—286.
 —, — ungeschlechtliche 222—264.
 — eines Farnkrautes 265.
 — einer bedecktsamigen Pflanze 267—268.
 — und Außenbedingungen 274—280.
 Fragaria 223.

Fraxinus 139, 140, 151, 178, 182, 202, 242, 243, 249, 250, 296.
 Fraxinus als Trauerbaum 139.
 Freiwillige Ruhe 178.
 Fremdbestäubung 318.
 Frenela 260.
 Frischbleiben von unter Wasser abgeschnittenen Sprossen 74—75.
 Frost und Laubfall 200, 201.
 — — Keimung 289.
 Fruchtbarkeit, erhöhte 38.
 —, künstliche Förderung der 78.
 Fruchtbildung und ihre Ursachen 274—280.
 — — Licht 275—277.
 Fruchtgürtel 78, 80.
 Fruchtholz 162.
 Fruchtholzschnitt 83.
 Frühblütigkeit 289.
 Früchte, Abfallen der 201—202.
 —, kernlose 273.
 Fuchsia 49, 195, 197, 281.
 Füllung der Blüte 280—286.
 Fumaria 296.
 Funktionsdauer 221.
 Funikulus 267, 268.
 Funkia 249.

G.

Gagea 178.
 Galanthus 178, 267—268.
 Galeobdolon 205.
 Gallmilben und Füllung der Blüten 285—286.
 GALTONsche Regression 309.
 Garrya 243
 Gefäße 54.
 Gefrieren 205, 206.
 — lebloser Körper, der Zelle und Gewebe 208—210.
 — der Gelatine 209.
 — des Kleisters 209.
 — und Auftauen 210—212.
 Gefrierpunkt 210.
 Gefüllte Blüten 280—286.
 Gehilfinnen 267.
 Generationswechsel 287.
 Genista 291.
 Genotypus 310.
 Gentiana 283, 292, 295.
 Geotropismus 134—138.

Geranium 133.
 Gerberlohe, Erhitzung der 118.
 Geschwulstbildung, infolge abnormer Lage 245, 246.
 Gesetz des Minimums 5.
 Gesneria 230.
 Getreide, Lagern des 13, 131.
 Gewebe, intermediäres 241.
 Gewebemethode der Champignonkultur 89.
 Gifte und Atmung 111.
 Gigas-Formen 256.
 Gingko 4, 247.
 Glas, Löslichkeit des 21.
 Glechoma 277.
 Gleditschia 291.
 Globularia 6.
 Gloxinia 230, 233.
 Glyceria 302.
 Goldfussia 195, 202.
 Gomutipalme 61.
 Grasknoten, Geotropismus der 138.
 Graukeilphotometer 150.
 Grenzlösung, plasmolytische 53.
 Große Periode des Wachstums 124.
 Großfußhühner 118.
 Gründüngung 18.
 Grumilea 21.
 Grundorgane 37.
 Guano 29.
 Guttation 54—55.
 GUTTERSches Locheisen 33.
 Gymnogramme 231.
 Gynura 56.

H.

Haarröhrchen 64.
 Halbparasiten 97.
 Halbschmarotzer 97.
 Hallimasch 90.
 Hammerschlag 13.
 Handinsolator 149.
 Hartschaligkeit der Samen 290—291.
 Hedera 212, 229, 242.
 Heizung durch Pilze 116—118.
 Helianthus 8, 16, 134, 135, 148, 248, 282.
 Heliotropismus 141—148.
 Hemionitis 231.
 Hemmung des Wachstums infolge der Lage 163—168.
 — der Saftbewegung 172.
 Herausschleudern von Wassertröpfchen 55.

Herrenpilz 90.
 Heterocentron 241.
 Heu, Selbsterhitzung des 117.
 Hieracium 223.
 Hippocrepis 6.
 Hippuris 296.
 Hitzelaubfall 196.
 Holeus 302.
 Holz leitet das Wasser 62—63.
 Hornspäne 31.
 Hortensia 13—14.
 Hülsenfrüchtler 17—19.
 Humus 25—26.
 Hyacinthen, Sitzenbleiben der 131, 177.
 Hyacinthus 68, 225, 232, 233, 310.
 Hybriden 255, 256, 310.
 Hydrangea 13, 306.
 — Chlorose der 9.
 Hydrotropismus 154—156.
 Hydrotropischer Trichter 154—155.

I.

Ilex 243.
 Imbibition 51.
 Imbibitionsbewegungen 133.
 Impatiens 195, 197—198, 275.
 Impfung des Bodens 18—19.
 Individualanalyse 316.
 Individuum 219.
 —, physiologisches 159.
 Indusium 266.
 Infektiöse Panachure 248.
 Infiltrationsmethode 68—69.
 Insektenfressende Pflanzen 101—106.
 Insektenverdauende Pflanzen 101—106.
 Integument 268.
 Intensität des Lichtes und Heliotropismus 146.
 Intine 268.
 Ipomoea 84, 85.
 Isoapfelsäure 111.
 Isoloma 318.
 Ixora 243.

J.

Jahresring 63.
 Japanische Zwergbäumchen 35—36.
 Jasminum 249.
 Jauche 29, 32.
 Jod 12.

Jodprobe von SACHS 42, 43.
 Jugendformen 257—259.
 Juglans 58, 113, 120, 202.
 Jungfernfruchtbildung 269—274.
 Jungfernfrüchtigkeit 269—274.
 Jungfernzuegung 269.

K.

Kainit 30.
 Kälte und Treiben 179.
 Kälteschutzmittel 215—216.
 Kali 29—30.
 Kalisalz 30.
 Kalium 3, 12.
 Kallus 227—229.
 — Bildung nach Verletzung 186.
 — der Siebröhren 77.
 Kalk 5, 6, 30, 31, 87.
 — Stickstoff 29.
 — Verbindungen, Giftigkeit der 7.
 Kalzium 3.
 —, Notwendigkeit des 6.
 Kambium 62, 124, 242.
 Kampfer 189.
 Kapillarität 51, 64—66.
 Kardinalpunkte der Temperatur 129, 293.
 Kartoffel, Süßwerden der 179.
 —, Entwicklung oberirdischer Knollen
 225—226.
 Katalytische Wirkung der Reizstoffe 34.
 Keimung des Samens 289—302.
 — Licht und Frost 294.
 — — Sauerstoff 292.
 — — Wasser 289—292.
 Keimungshemmende Stoffe 297—298.
 Keimfähigkeitslauer 299—300.
 Keimungsbedingungen 289—297.
 Keimverzug 295.
 Kern, generativer 268.
 —, vegetativer 268.
 Kernholz 63.
 Kernlose Früchte 273.
 Kerria 283, 284, 285.
 Kieselsäure 12, 13.
 Kieselskelette 12.
 Kitaibelia 250.
 Kittschicht 241.
 Kleeseide 87, 97.
 Klinostat 135.
 KNIGHTS Versuch 134—135.

Knöllchen der Leguminosen 17.
 — Bakterien 17.
 Knollen 223.
 —, Entwicklung oberirdischer 225—226.
 Knorsche Nährlösung 3.
 Knospen, Weckung der 179.
 — aus Blättern 231—233.
 — Kern 267, 268.
 — Variationen 317.
 Kobaltgelatine 69.
 — Methode 69.
 — Papier 69.
 Kochsalz 7.
 — Düngung 13.
 Kohäsion der Flüssigkeit 71.
 Kohlensäure 15, 40, 109.
 Kohlensäure-Assimilation 167, 37—50.
 — Düngung der Luft 47—50.
 — Gehalt der Luft 37.
 Kohlenstoff 3, 36.
 Kohlpanaschierung 249.
 Kombination 306.
 Kopfkohl 132.
 Kopfsalat 132.
 Kopulieren 240.
 Kordon 169.
 Kork 67.
 Korrelation zwischen Wurzel und Krone
 173.
 Korrosion 22.
 Kreuzung 317—319.
 Krümmung und Neigung der Zweige
 163—168.
 Kupfer 12, 15, 33, 34.
 Kurztriebe 162.
 Kurzzweige 161.
 Kutikula 67.

L.

Laburnum 250.
 Lachenalia 224, 233.
 Lachnea 243.
 Lactuca 132.
 Laelia 318.
 Lagenaria 243.
 Lagern des Getreides 13, 131.
 Lamium 16, 275.
 Langzweig 161.
 Lantana 197.
 Larix 151, 243, 302.

- Latenz des Einflusses beim Warmbad 184.
 Lathraea 87. 97. 277. 297.
 Lathyrus 316.
 Laubblatt, Photographie im 42—43.
 Laubfall 192—201.
 —, Ursachen des 194.
 Laurus 197.
 Lavatera 250.
 Lebende Pflanzen und Verwitterung 22.
 Lebensdauer 219—222.
 Lebenseinheit 159.
 LEFRANCsche Farben 150.
 Leguminosen 17—19.
 Leitzweig 161. 162.
 Leptandra 233.
 Leuchtgas 189. 200.
 Levisticum 232.
 Levkojen, gefüllte 283—284.
 Lianenstamm, Ausfließen des Wassers
 65—66.
 Lichtfarbe und Kohlensäureassimilation
 45.
 —-Genuß 148—154.
 —-Intensität 143. 146.
 —-Intensitätsbestimmung 148—150.
 —-Keimer 294.
 —-Lage, fixe 146.
 —-Mangel und Laubfall 197.
 —-Meßmethode 148.
 —-Messung und Pflanzenkultur 151—154.
 —-Quellen, künstliche und Kohlensäure-
 assimilation 45—47.
 —, Blüten- und Fruchtbildung 275—278.
 — im Gewächshause 152—154.
 — und Kohlensäureassimilation 45.
 Licht und Organbildung 160. 168.
 — und Ruheperiode 187. 191.
 — und Wachstum 129—132.
 Ligustrum 242. 243. 250.
 Lilium 224. 233. 310.
 Linaria 275. 285.
 Linien, reine 308—310.
 Liriodendron 151.
 Livistona 119.
 Lobelia 220. 275.
 Locheisen 33.
 Lokaler Stammdruck 58—61.
 Loranthus 97. 99.
 Luffa 243.
 Luft, atmosphärische 15.
 —, verdünnte in den Gefäßen 63.
 Lunularia 298.
 Lychnis 101. 285.
 Lycopodium, Schwierigkeit der Kultur 96.
 Lycoris 15.
 Lysimachia 263.
 Lythrum 294. 297.
- M.**
- Maclura 77.
 Magnesium 3. 12. 40.
 Magnolia 9.
 Malaxis 232.
 Maltose 75.
 Malva 275.
 Mammillaria 236.
 Mammutbäume 64.
 Mangansulfat 33—34.
 Mangan 12. 15. 33—34.
 Mannbarkeit 274.
 Manometer zur Messung des Blutungs-
 druckes 56.
 Marchantia 298.
 Marmorplatte, Korrosion der 22.
 Marsilia 269.
 Mastjahre 276.
 Matthiola 283—284.
 Medicago 243. 290. 291.
 Melilotus 243.
 Melampyrum 97. 98.
 Membran, ganz durchlässig 52.
 —, halb durchlässig 52.
 Mendeln 312.
 MENDELs Regeln 311—316.
 Mercurialis 16. 247.
 Meristemzellen 124.
 Mesembryanthemum 241.
 Mespilus 243. 253.
 Micrococcus 117.
 Mikropyle 267.
 Miltonia 95.
 Mimosa 18. 109. 134. 199. 299.
 Mimulus 48. 233. 275. 277.
 Minimum, Gesetz des 5.
 —, spezifisches 214.
 Mirabilis 311—313.
 Mischling 310.
 Mistbeet, Heizung des 118.
 Mistel 99—101.
 Modifikation 306.
 Monotropa 97.

Morchel 90.
 Mosaikkrankheit des Tabaks 251.
 Mucor 155.
 Mumienweizen 299.
 Musa 125.
 Mutation 307—308.
 Mykorrhiza 90.
 — der Orchideen 92—97.
 —, ektotrophe 90. 92.
 — endotrophe 91.
 Myosotis 34. 84.
 Myrica 19.

N.

Nabelschnur 267.
 Nachreife des Samens 295.
 Nachweis des Sauerstoffs 40—41.
 Naegelia 294.
 Nährlösung 3.
 — von KNOX 3.
 — für Pilze 87.
 Nährsalze von WAGNER 31.
 —-Mangel und Blüten 278.
 Nana-Formen 34.
 Nanismus 35.
 Naphthalin 189.
 Narcissus 282.
 Natrium 13.
 Negativer Druck der Gefäßluft 51. 63—64.
 Neigung und Krümmung der Zweige
 163—165.
 — der Zweige und Organbildung 163—165.
 Nemopanthus 243.
 Neonlicht 47.
 Neottia 91.
 Nepenthes 105. 197.
 Nephrolepis 49.
 Nicotiana 242. 248. 302. 310.
 Nigella 293.
 Nitragin 19.
 Nitrate 15—16.
 Nitratpflanzen 16.
 Nitrifikation 15.
 Nitrite 15.
 Norgesalpeter 29.
 Normale Lage beim Pflöpfen 245.
 Normalpapier 149.
 —-Ton 149.
 Nucellus 267.

Nuphar 289. 290.
 Nymphaea 289.

O.

Odontoglossum 92. 93. 95. 318.
 Oenothera 291. 297.
 Oidiumkrankheit, Schwefel gegen 33.
 Okulieren 240.
 Olea 243.
 Oncidium 96. 263.
 Ophioglossum 96.
 Opuntia 167.
 Orchideen Mykorrhiza 92—97.
 — und Wasserkultur 5.
 Organbildende Stoffe 279.
 Organbildung 156—176.
 Organische Säuren, Entstehung 111.
 — Substanz, Bedeutung für Pilze 86.
 Orites 13.
 Ornithogalum 233.
 Orbanehe 87. 97. 277. 297.
 Ortsnatur 261.
 Osmose 51—52.
 Osmotischer Druck 52.
 — Wert 53.
 Osteomeles 243.
 Osyris 97.
 Oxalis 116. 148. 299.
 Oxalsäure 111.
 Ozon 15.

P.

Paeonia 241.
 Pahnwein 60—61.
 Panachierung 11. 12. 248—251. 283.
 Panachure 11. 248—251.
 —, infektiöse 248—251.
 Panicum 86. 147.
 Papaver 284.
 Papilionaceen 17.
 Parasiten 86.
 Parasitisch lebende Blütenpflanzen 97—
 101.
 Parentalgeneration 312.
 Paris 296.
 Parthenogenese 269.
 Parthenokarpie 269—274.
 Paulownia 160. 201. 229.
 Pavetta 21.

Pechnelke 101.
 Pedicularis 97.
 Peireskia 243.
 Pelargonium 253—255, 283.
 Peperomia 233.
 Pepsin 102.
 Periodizität 176, 177.
 Periklinalchimären 254.
 Pernetia 243.
 Pestalozzia 297.
 Petunia 242, 284.
 Pfeffers Zelle 52.
 Pflanzenkultur im elektr. Lichte 45—46.
 — im Neonlicht 47.
 Pflanzenschlaf 134.
 Pflanzenzüchtung 316—321.
 Pfropfbastard 251—256.
 Pfropfen 239—240.
 Pfropfhybride 251—256.
 Phacelia 298, 302.
 Phalaris 302.
 Phalenopsis 221.
 Phaseolus 17, 129.
 Phelipaea 98—99.
 Phleum 292.
 Phlox 14.
 Phoenix 60, 119.
 Phosphor 3, 12, 30.
 Phosphorsäure 29.
 Photographien im Laubblatte 43.
 Phototropismus 141—148.
 Phycomyces 143, 144, 155.
 Phyllagathis 233.
 Phyllirea 243.
 Physalis 242, 248.
 Physodeira 207.
 Pikieren 175.
 Pilogyne 243.
 Pilze, Ernährung der 86—90.
 —, Heizung durch 116—118.
 Pimelea 243.
 Pingicula 106, 279, 293.
 Pinus 35, 151, 197, 202, 243, 260, 280, 302.
 Pinzieren 169.
 Pirola, Schwierigkeit der Kultur 96.
 Pirus 243, 244.
 Pistacia 247.
 Pisum 17, 243.
 Plasma 38.
 Plasmolyse 53.

Plectranthus 242.
 Poa 263, 302.
 Podocarpus 35, 197, 202, 243, 280.
 Pogostemon 229.
 Polarität 158—160, 166.
 — und Steckling 237.
 Polkerne 267, 268.
 Pollen 268.
 —-Schläuche, negativer Aërotropismus, 156.
 Polygonum 34, 291, 296.
 Population 308—310.
 Populus 141, 151, 160, 202, 229, 262.
 Portulaca 233.
 Potamogeton 296.
 Präkoziiflorie 278.
 Präsentationszeit 145.
 Praxis des Warmbades 184—186.
 Primula 14, 48, 84, 275, 282, 284, 295, 318, 319.
 Prinos 243.
 Prolifikation 286.
 Prothallium 265.
 Protoplasma 38.
 Prunus 6, 35, 187, 202, 247, 286.
 Ptelea 249.
 Pteris 231.
 Pulmonaria 83.
 Pulque 61—62.
 Pyramidenbäume 141.
 Pyramideneiche 141.
 Pyramidenpappel 262.

Q.

Quellung 51, 133.
 Quellungsbewegungen 133.
 Quercus 9, 35, 141, 151, 202.

R.

Radioaktive Stoffe 33.
 Radium und Ruheperiode 187.
 —-Emanation und Ruheperiode 187.
 Räuber 175.
 Ranunculus 224, 232, 263, 283, 285, 286, 293, 297.
 Raphanocarpus 243.
 Rauch als Treibmittel 188—189.
 —, Einfluß des 199.

- Ranch-Feuer 215.
 Reaktionen des Anthokyans 83.
 Regenwurm 27—28.
 Reif oder Wachsüberzug 67.
 Reine Linie 308—310.
 Reinkultur 88.
 Reis 237.
 Reiz 137.
 Reizfortpflanzung 147.
 Reizstoffe 33—34.
 Reseda als mehrjährige Pflanze 220.
 —, Prolifikation der Blüte 285.
 Reserveeisen des Samens 8.
 Retinospore 35. 258.
 Rezessive Merkmale 314.
 Rhamnus 181.
 Rhizoctonia 92.
 Rhizome 224.
 Rhododendron 197. 229. 243. 244.
 Rhynchospermum 35.
 Ribes 181. 319.
 Richardia 197.
 Richtung der Strahlen und Heliotropismus 143.
 Riesenformen 256.
 Rinde 63.
 Rindenporen, Wucherung der 198.
 Ringeln 76—80.
 — krautiger Pflanzen 79.
 — des Weinstocks 79.
 Ringelung 76—80. 273.
 Robinia 9. 11. 18. 113. 141. 146. 199. 243. 291.
 Rochea 233.
 Römersalat 132.
 Rohchlorophylllösung 39.
 Rohr, spanisches 64.
 Rosa 115. 233. 241. 280. 283. 284. 285.
 Rose von Jericho 133.
 Rubus 49. 223.
 Ruderalflora 16.
 Ruhe, freiwillige 178.
 —, unfreiwillige 178.
 Ruheperiode 176—178.
 —, Tiefe der 177. 180.
 Rumex 6.
- S.**
- Saattiefe 292.
 Saccische Jodprobe 42.
 Saftbläschen 38.
 Sagittaria 296.
 Saintpaulia 294.
 Salisburya 151. 246.
 Salix 113. 140. 157. 158. 159. 180. 181. 182. 183. 229.
 Salpeter 16.
 Salpeterbakterien 26.
 — -pflanzen 7. 16.
 — -säure 15.
 Salpetrige Säure 15.
 Salvia 101.
 Sambucus 280.
 Samenanlage 267. 268.
 —-Jahre 276.
 —-Keimung 289—302.
 —-Knospe 267.
 Same, Alter des 300.
 Sanchezia 54. 207. 249.
 Sansevieria 233.
 Saprophyten 86.
 Saprophytische Blütenpflanzen 97.
 Sarothamnus 6.
 Sarracenia 105. 294.
 Sauerstoff 3. 15. 109.
 — und Keimung 292.
 Sauerstoff-Nachweis 40—41.
 Sangkraut 53. 71—72.
 Saure Substanzen, Ausscheidung von 22.
 Sauromatum 116.
 Scabiosa 282.
 Scheintod 300.
 Schildchen 249.
 Schizolobium 59.
 Schleimfluß 59.
 Schließzellen 68.
 Schnitt, kurzer 173.
 —, langer 173.
 Schnurbaum 169—172.
 —, einarmiger 170.
 —, zweiarmer 171.
 — in U-Form 171.
 Schröpfen 172.
 Schütte 197.
 Schuttflora 16.
 Schutzeinrichtungen gegen allzu starke Transpiration 67—68.
 Schutzmittel gegen Kälte 215—216.
 Schwefel 3. 12. 33.
 —-blüte 33.
 —-kohlenstoff 26. 33.
 Schwefelsaures Kali 33.

- Schwefelsaure Tonerde 14.
 Schwerkraft und Geotropismus 134—137.
 — — Organbildung 160.
 Sciadocalyx 318.
 Sciadophyllum 243.
 Sciadopitys 35.
 Scilla 116.
 Scirpus 296.
 Scleranthus 6.
 Scrophularia 297.
 Secale 292.
 Sedum 233.
 Seitenpfropfen 240.
 Sektorialchimäre 254.
 Selaginella 198. 233.
 Selbstbefruchtung 317.
 Selbstbestäubung 318.
 Selbsterhitzung der Baumwolle 117.
 — — Gerberlohe 118.
 — — des Heues 117.
 — — Pferdemistes 118.
 Selbsterwärmung von Pflanzen 111—118.
 Sellerie 132.
 Sempervivum 148. 223. 319.
 Sequoia 64. 219.
 Seradella 19.
 Setaria 147.
 Sicydium 243.
 Sicyos 243.
 Siebplatten 77.
 Siebröhren 77.
 Silene 101.
 Silizium 12.
 Sinapis 16.
 Sinningia 294.
 Sinnpflanze 134.
 Sitzenbleiben der Hyazinthen 131. 177.
 Skalentöne 149.
 Skelett des Bodens 23.
 Solanum 16. 48. 79. 116. 230. 243. 248.
 251. 253. 255.
 Soldanella 294.
 Sommerdürre 196.
 Sommerruhe von Knollen- und Zwiebel-
 gewächsen 178.
 Sonneratia 119.
 Sophora 138. 140.
 Sophronites 318.
 Sorbus 250.
 Sorte 262.
 Sorus 266.
 Spaltöffnung 68.
 Spaltpfropfen 240.
 Spanisches Rohr 64.
 Sparganium 296.
 Sparmannia 261.
 Spargel 131.
 Spencerapfel 273.
 Spergula 291.
 Spermatozoid 266. 267.
 Sphagnum 6—7.
 Spindeln 131.
 Spiraea 9. 185.
 Spirogyra, Gefrieren der 209.
 Splint 63.
 Sporangien 265. 266.
 Sporen 265. 266.
 Sporenbehälter 265. 266.
 Sports 317.
 Sproßeigenschaften, Erhaltung der 256—
 261.
 —-Individualität 257—262.
 Stachys 295.
 Stagnierende Bodennässe 197.
 Stallmist 29.
 Stammschlinge 78. 80.
 Stapelia 236.
 Staphylea 270. 283.
 Stärke 41. 75.
 —-Körner 41.
 Starrkrampfbazillus 110.
 Statolithen 138.
 —-Theorie 138.
 Staub 15.
 Staubblätter 268.
 Staubgefäße 268.
 Stauung des Assimilationsstromes 76.
 Steckholz 234.
 Steckling 226.
 Stecklingszucht, Bedingungen der 234.
 —, Vorteile der 256.
 Stellaria 16. 177.
 Stickstoff 3. 12. 15—21. 29—33.
 —-bindende Pflanzen 16—21.
 —-Sammler 17.
 Stockausschlag 163.
 Stoffaufnahme 51—53.
 Straßpappel 141.
 Stratifizieren 291.
 Streptocarpus 233. 294.
 Substrat und Keimung 297.
 Süßwerden der Kartoffel 179.

Sukkulenz 67.
 Superphosphat 29—30.
 Swietenia 280.
 Symbiose 92.
 —, künstliche 246.
 Symplocos 13.
 Synergiden 267.
 Syringa 69. 178. 180. 181. 183. 185. 188.
 242. 280.

T.

Tabak, Mosaikkrankheit des 251.
 —-Rauch und Laubfall 198.
 —- und Pflanze 198—200.
 Tagetes 34.
 Taxodium 202.
 Taxus 197. 243. 259. 260.
 Tellima 232.
 Tetragonobolus 290. 291.
 Teuerium 6. 295.
 Temperatur und Wachstum 128—129.
 — — Atmung 111.
 — des Warmbades 181.
 — des Bodens 24.
 — und Kohlensäureassimilation 45.
 — — Keimung 293.
 —, intermittierende 302.
 —-Maximum 45. 129.
 —-Minimum 45. 128.
 —-Optimum 45. 129.
 Thalictrum 296.
 Theophrasta 230. 233.
 Theoretisches über Blütenbildung 279
 —280.
 — — Treibmethoden 189—192.
 Thermoflasche 113.
 Thermophile Algen 205. 206.
 — Bakterien 117—118.
 — Schimmelpilze 117.
 Thesium 97.
 Thladiantha 243.
 Thomasschlacke 29. 30. 32.
 Thuja 151. 202. 257. 258.
 Thymol 189.
 Tiefe der Ruheperiode 181.
 Tierfangende Pflanzen 101.
 Tilia 113. 177. 178. 182.
 Toddy 60.
 Todespunkt 214.
 Tolmiea 54. 198. 232.

Tonerde, amorphe 14.
 — schwefelsaure 14.
 Topfpflanzen 174.
 Topfkultur 174.
 Topophysis 261.
 Torf 29.
 Torenia 29. 233.
 Torreya 243.
 Tozzia 97. 297.
 Tradescantia 86. 176. 198. 210. 215. 216.
 229. 247. 249.
 Transpiration 51. 66—71.
 — und gärtnerische Arbeiten 72—75.
 —, Meßmethoden 66.
 — als Saugkraft 70.
 — — Ursachen des Laubfalles 195.
 Transpirationsgröße 70.
 Transplantation 237—256.
 Trauerbäume 138—140.
 Treiberei 178—192.
 Treibmethoden 179.
 Treibstoffe 189.
 Trennungsschichte 193.
 Trichosanthes 243.
 Trichter, hydrotropischer 154—155.
 Trifolium 243. 290. 292.
 Trigonella 291.
 Triticum 129.
 Tropaeolum 43. 48. 59. 58. 146. 224.
 Trüffel 90.
 Tsuga 243.
 Tuber 90.
 Turgeszenz 53.
 Turgor 53.
 Turgoränderungen 133.
 Turgorbewegungen 134.
 Turgordruck 53.
 Tydea 318.
 Typha 48.
 Tyrosin 76.

U.

Überkältung 210.
 Ulex 291.
 Ulmus 141. 160. 202.
 Unentbehrliche Aschenbestandteile 5.
 Unterkühlung 210.
 Unterlage 237.
 Unterschied zwischen Pflanze und Tier 133.
 Urtica 16. 313—315.
 Utricularia 102. 106.

V.

- Vaccinium 6.
 Vakuolen 38.
 Vanda 93. 96.
 Variabilität 305—310.
 Varianten 306—308.
 —, sprungweise 138. 307.
 Variationsbewegungen 134.
 Vegetationskegel 123.
 Vegetationspunkt 123.
 Veltheimia 116.
 Venusfliegenfalle 102. 133.
 Verbasum 294. 297.
 Verbindungen, harmonische 245.
 —, disharmonische 245.
 Veredlung 237—256.
 Vererbung 305—316.
 Vererbungsinstitute 321.
 Vergeilung 11. 130—132.
 Verglasung des Gewächshauses 153.
 Vergrünung und Blattläuse 286.
 Verjüngung 175—176.
 Verletzung und Atmung 111.
 — — Treiben 186.
 — — Laubfall 200.
 Verletzung der Wurzeln 174.
 Vermehrung, vegetative 222. 262.
 Veronica 294.
 Verpflanzen 174.
 Verunreinigungen der Luft 198—199.
 Verwachsung 241.
 Verwandtschaft, natürliche 242. 244.
 Verwelken infolge niederer Temperatur
 206—207.
 Verwitterung 21.
 Verzweigung 34—36.
 Viburnum 212.
 Vicia 243.
 Victoria regia 116. 289.
 Vinca 223. 263.
 Viola 25. 205. 308.
 Viscum 87. 97. 99—101. 191. 293. 294.
 —, physiologische Rassen 99.
 —, Ruhe der Samen 191.
 Vitis 79. 85. 113. 263.
 Vollmast 276.
 Vorkeim 265.
 Vorteile der Stecklingszucht 256—262.
 — — Veredlung 237—242.

W.

- Wachstum 123—202. 133.
 —, rasches 125.
 — und Außenbedingungen 128.
 — — große Periode 124—125.
 — in Abhängigkeit von Neigung und
 Krümmung der Zweige 163—168.
 Wachstumsbewegungen 133—156.
 Wachstumshemmung infolge der Lage
 163—168.
 Wachsüberzüge 67.
 Wärme des Bodens 24.
 Wärmeentwicklung durch Atmung 111
 —118.
 Wärme und Blütenbildung 278.
 Walnister 118.
 Wanderung der Assimilate 75—83.
 Warmbad, Mittel zum Treiben 180—186.
 —, Dauer des 181.
 —, Praxis des 184.
 —, Temperatur 181.
 Wasser und seine Bewegung in der
 Pflanze 51—72.
 — — Keimung 289—292.
 — — die Pflanze 51—75.
 Wasserentziehungstheorie des Erfrierens
 213—215.
 Wasserentzug und Ruheperiode 178.
 — — Erfrieren 213—215.
 Wasserkultur 3—5.
 Wassermangel, Ursache des Laubfalles 195.
 Wasserschosse 175. 261.
 Wasserspalten 54.
 Wasserstoff 3. 15.
 WEBER'Sches Gesetz 137—138.
 Wechselwirtschaft 29.
 Weckung der Knospen 172.
 Weinstock, Blüten des 57.
 Welken abgeschnittener Sprosse 74.
 Wetterdistel 133.
 Wickstroemia 268.
 Wildling 237.
 Wistaria 9.
 Woodwardia 231.
 Wulstbildung bei Veredlung 245.
 Wunden, das Blüten aus 55.
 Wundkorkbildung 186.
 Wurzeldruck 53—58.
 Wurzelhaare 22—23.
 Wurzelkraft 53.

- Wurzeln, negativer Heliotropismus der 141.
 —, Hydrotropismus der 154—156.
 —, Treiben der 185.
 Wurzelsteckling 229.
 Wurzelstock 223.
 Wurzelverpilzung 90.
- X.**
- Xanthophyll 39. 40.
 Xenien 319—321.
 Xeranthemum, künstliche Färbung 84.
- Y.**
- Yucca 224.
- Z.**
- Zauberring 76. 78—80.
 Zea 8, 129. 292. 301. 319.
 Zeiger am Bogen 125.
 Zelle 38.
 — und Saftsteigen 71—72.
 Zellkern 38.
 Zellsaft 38.
 Zellwand 38.
 Zink 45.
 Zirkelschnitt 76. 78—80.
 Zone, die wachsende 127—128.
 Zucker 43. 75.
 — und Blütenbildung 279. 280.
 —-Ahorn 57.
 Züchtungsinstitute 321.
 Zungenpfropfen 240.
 Zweigabsprünge 202.
 Zweige, Drehen und Biegen 82. 169.
 —, Abfallen der 201—202.
 Zweigstecklinge 227.
 Zweigsystem, unter dem Einfluß äußerer
 und innerer Kräfte 161—163.
 Zwergbäumchen, japanische 34—36.
 Zwergobstbäume 247.
 Zwergobstkultur 36. 81.
 Zwergobstunterlage 81—82.
 Zwergwuchs 34—36.
 Zwiebelbrut 224.
 Zwiebeln 223. 224.
 Zwischenpfropfung 245.

Schriften von Hans Molisch

Verlag von Gustav Fischer in Jena

Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen.

Mit 12 Abbild. im Text. VI, 38 S. gr. 8° 1909 Mk 24.—

Naturwissensch. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtsch. 1909, H. 12: Molisch bekennt sich offen zu jenen Botanikern, welche Sinn und Vorliebe für solche pflanzenphysiologische Fragen haben, die zwischen Theorie und Praxis eine Brücke schlagen. Er hat die Resultate seiner in wissenschaftlichen Zeit-schriften schon veröffentlichten Arbeiten über ein neues Verfahren, die Pflanzen zu „treiben“, in einem allgemein-verständlichen Buche zusammengefaßt. Mit diesem wendet er sich an das große Publikum der Gärtner und Gartenliebhaber und der mit angewandter Botanik beschäftigten Schulen. Sein Verfahren ist geeignet, der Gärtnerei Tausende zu ersparen, und seine Veröffentlichung bedeutet eine uneigennützig und gemeinnützige Gabe von hohem Werte.

Grundriß einer Histochemie der pflanzlichen Genußmittel.

Mit 15 Holz-schnitten im Text. 65 S. gr. 8° 1891 Mk 40.—

Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen.

Eine physiolog. Studie. Mit einer farb. Tafel. VIII, 119 S. gr. 8° 1892 Mk 60.—

Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen.

Mit 11 Holz-schnitten im Text. VIII, 73 S. gr. 8° 1897 Mk 50.—

Studien über den Milchsafft und Schleimsafft der Pflanzen.

Mit 33 Holz-schnitten im Text. VIII, 111 S. gr. 8° 1901 Mk 80.—

Die Purpurbakterien nach neuen Untersuchungen.

Eine mikro-biologische Studie. Mit 4 Tafeln. VII, 95 S. gr. 8° 1907 Mk 100.—

Die Eisenbakterien.

Mit 3 Chromotafeln und 12 Abbild. im Text. VI, 84 S. gr. 8° 1910 Mk 100.—

Leuchtende Pflanzen.

Eine physiologische Studie. Zweite, vermehrte Auflage. Mit 18 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. VIII, 200 S. gr. 8° 1912 Mk 150.—

Inhalt: 1. Gibt es leuchtende Algen? — 2. Ueber das Leuchten der Peridineen. — 3. Das Leuchten der Pilze. — 4. Das Leuchten und die Entwicklung der Leucht-bakterien in Abhängigkeit von verschiedenen Salzen und der Temperatur. — 5. Ernährung, Leuchten und Wachstum. — 6. Ueber das Wesen des Leuchtprozesses bei den Pflanzen. — 7. Die Eigenschaften des Pilzlichtes. — 8. Ueber angebliche Lichterscheinungen bei Phanerogamen.

Mikrochemie der Pflanze.

Zweite, vermehrte Auflage. Mit 135 Abbild. im Text. XI, 434 S. gr. 8° 1921 Mk 174.—, geb. Mk 234.—

Die Naturwissenschaften, 1922, Heft 9: . . . Doch nicht nur durch diese seine eigenen Entdeckungen spricht Molisch als Forscher unmittelbar zum Leser; er hat auch die meisten Ergebnisse anderer, wie er im Vorworte mitteilt, selbst nachgeprüft. Daher durchzieht das ganze Werk der lebendige Geist eigen-er Erfahrung: so schenkt Molisch dem denkbar Lernenden außer überreicher Anregung auch ein Dokument echter Naturforschersarbeit.

K. Freudenberg, Freiburg i. Br.

Anatomie der Pflanze.

Zweite, neubearbeitete Auflage. Mit 139 Abbild. im Text. VI, 153 S. gr. 8° 1922 Mk 24.—, geb. Mk 44.—

Die angegebenen Preise sind die im August 1922 gültigen; für das Ausland erhöhen sie sich durch den vorgeschriebenen Valuta-Zuschlag. Die Preise für gebundene Bücher sind unverbindlich.

Verlag von Gustav Fischer in Jena

Die angegebenen Preise sind die im August 1922 gültigen; für das Ausland erhöhen sie sich durch den vorgeschriebenen Valuta-Zuschlag. Die Preise für gebundene Bücher sind unterbündlich.

Populäre biologische Vorträge

Von

Hans Molisch,

o. ö. Prof. und Direktor des pflanzenphysiologischen Instituts a. d. Universität Wien.

Mit 63 Abbildungen. (IV, 280 S. gr. 8^o.) 1920.

geb. Mk 162.—

Inhalt: 1. Goethe als Naturforscher. 2. Eine Wanderung durch den javanischen Urwald. 3. Reiseerinnerungen aus China und Japan. 4. Das Leuchten der Pflanzen. (Mit 8 Abbild.) 5. Warmbad und Pflanzentreiberei. (Mit 4 Abbild.) 6. Ultramikroskop und Botanik. (Mit 1 Abbild.) 7. Das Erfrieren der Pflanzen. (Mit 7 Abbild.) 8. Ueber den Ursprung des Lebens. 9. Das Radium und die Pflanze. 10. Der Naturmensch als Entdecker auf botanischem Gebiete. 11. Der Scheintod der Pflanze. 12. Die Verwertung des Abnormen und Pathologischen in der Pflanzenkultur. 13. Biologie des atmosphärischen Staubes (Aëroplankton). 14. Die Wärmeentwicklung der Pflanze. 15. Ueber die Herstellung von Photographien in einem Laubblatte. 16. Ueber die Kunst, das Leben der Pflanze zu verlängern. 17. Botanische Paradoxa. — Autoren-Verzeichnis.

Zeitschrift f. Garten- u. Obstbau, 1920, Nr. 4: . . . Die in diesem Buche gesammelten Vorträge behandeln Themen recht verschiedener Art. Für den Gärtner werden in erster Linie solche von Wichtigkeit sein, wie „Warmbad und Pflanzentreiberei“, „Das Erfrieren der Pflanzen“, „Der Scheintod der Pflanze“, „Die Verwertung des Abnormen und Pathologischen in der Pflanzenkultur“, wie auch „Ueber die Kunst, das Leben der Pflanzen zu verlängern“. Aber auch die anderen Vorträge sollte jeder lesen, der sich mit dem wissenschaftlichen Geiste unserer Zeit vertraut machen will. Das Buch sei einem jeden empfohlen, der sich für Biologie im weitesten Sinne interessiert. C. S.

Kölnische Zeitung, 14. März, 1921: . . . Molisch ist ein Meister auf dem Gebiet der volkstümlichen Darstellung; ob er von seinen Reiseerlebnissen in Ostasien erzählt, oder vom Erfrieren der Pflanze, oder ihrer Wärmeentwicklung; er weiß zu fesseln, und dadurch, daß er dem Leser jedesmal auf ein von ihm selbst beachtetes Gebiet führt, versteht er es meisterhaft zu belehren. . . . Man merkt fast allen den Vorträgen an, daß der Verfasser gerade als Mann der Wissenschaft die Bedeutung der Praxis für die Lösung vieler botanischer Fragen sehr hoch schätzt und deshalb wird neben dem eigentlichen Fachmann auch der Berufsgärtner und Gartenfreund von den Vorträgen reiche Anregung und Freude erfahren. Janson.

Ostpreußische Zeitung, 24. Juni 1920: . . . Vorträge, in denen sich der Forscher als glänzender Beobachter und packender Erzähler zeigt, alles in allem ein sehr empfehlenswertes Werk, das dem Leser in der gegenwärtigen stürmischen Zeit Stunden reinsten Genusses verschaffen kann. Dr. W. Johnas.

Frankfurter Zeitung, 21. Nov. 1920: . . . Jeder, der Sinn für das Leben der uns umgebenden Natur hat, wird diese anspruchslos geschriebenen Blätter mit Freude und Gewinn lesen und auch der Fachmann findet Einzelprobleme darin klar und exakt behandelt. O. Stecke, Frankfurt.

Natur u. Technik (Zürich), 1920, Heft 4: . . . eine wertvolle Bereicherung der noch so spärlichen naturwissenschaftlichen Literatur, die der Naturfreund mit wirklichem Genuß lesen kann und die sein Wissen wirklich bereichert. . . .

Rosenkrankheiten und Rosenfeinde. Eine Anleitung, die Krankheiten und Feinde der Rosen zu erkennen und zu bekämpfen. Von Dr. **Richard Laubert** und **Martin Schwartz**. Mit einer farbigen Tafel. VI, 60 S. gr. 8^o 1910 Mk 20.—

Hedwigia, 1910, Heft 2: . . . Die Verfasser haben bei der Bearbeitung des Büchelchens den einzigen Grundsatz verfolgt, bei den Interessenten keinerlei wissenschaftliche Voraussetzungen zu machen. Laubert, welcher die Pilzkrankheiten bearbeitet hat, gibt erst nach Schilderung der äußeren Verhältnisse einen kurze Uebersicht über die Entwicklung der betreffenden Schmarotzerpilze, die von jedem Laien verstanden werden kann. Schon allein dieser Umstand macht das Werkchen für den Laien wertvoll, aber es kommt noch hinzu, daß der Verfasser seine eigenen langjährigen Erfahrungen schildert, die sich auf die Widerstandsfähigkeit der bekannteren Sorten und auf die Bekämpfung beziehen. . . . Die tierischen Schädlinge hat Schwartz bearbeitet. Bei der großen Zahl derselben mußte unlichste Kürze walten. Deshalb sind die Beschädigungen eingeteilt nach den Pflanzenorganen, die davon betroffen werden. Eine kurze aber treffende Beschreibung des Tieres geht den Bekämpfungsmitteln voraus. Man kann das Werkchen mit gutem Gewissen allen denen empfehlen, welche sich mit Rosenzucht, sei es als Gärtner, sei es als Liebhaber, beschäftigen. G. Lindau.

Dendrologische Winterstudien. Grundlegende Vorarbeiten für eine eingehende Beschreibung der Unterscheidungsmerkmale der in Mitteleuropa einheimischen und angepflanzten sommergrünen Gehölze im blattlosen Zustand. Von **Camillo Karl Schneider**. Mit 224 Textabbild. VII, 290 S. gr. 8^o 1903. Mk 150.—

Die Wurzelpilze der Orchideen. Ihre Kultur und ihr Leben in der Pflanze. Von Dr. **Hans Burgess**, Assistent am botanisch. Institut a. d. Universität Jena. Mit 38 Abbild. im Text und 3 Tafeln. IV, 220 S. gr. 8^o 1909 Mk 130.—

Der Handlungsgärtner, vom 6. Juli 1910: Das vorliegende, auf Grund eigener, sorgfältiger Beobachtungen verfaßte Werk behandelt in erschöpfender Fülle die Existenz dieser den Orchideen zum Gedeihen unentbehrlichen Pilze. . . . Das für den Wissenschaftler wie auch für den Praktiker recht lehrreiche Buch bietet, wenn es auch für den letzteren die Theorie der Symbiose, die Entwicklungsgeschichte, Systematik und den Stoffwechsel etwas zu eingehend behandelt, dem Spezialisten und Orchideenliebhaber eine ganze Reihe wertvoller Anregungen, zumal auch die praktische Seite bei Erwähnung der Versuche gebührend berücksichtigt ist. Für ihn werden die einzelnen Keimungsversuche und deren Ergebnisse und die Abhängigkeit der Orchideen von dem Wurzelpilz willkommene Erklärungen über die Existenzbedingungen der Orchideen geben und ihn auf Fehler aufmerksam machen, die er bisher mangels einer gründlichen Anleitung in seiner Kultur beging. Anerkennenswert ist übrigens das Bestreben des Verfassers, sein Buch nicht nur in wissenschaftlichen Kreisen einzuführen, sondern auch den Fachleuten mit praktischen Anregungen an die Hand zu gehen, indem er schwer verständliche Ausdrücke möglichst vermieden hat, und wo dies nicht anging, eine leichtfaßliche Erklärung beifügen ließ.

Das Aetherverfahren beim Frühtreiben mit besonderer Berücksichtigung der Fliedertreiberei. Von **W. Johannsen**, ord. Prof. der Pflanzenphysiologie an der Universität Kopenhagen. Zweite, wesentlich erweiterte Auflage. Mit 13 Abbild. im Text. 65 S. gr. 8^o 1906 Mk 30.—

Botanische Zeitung, 1910, Nr. 10. . . . Die vorliegende Schrift behandelt in populärer Form ein Verfahren, welches in der Praxis des Frühtreibens bereits vielfach sich bewährt und Anwendung gefunden hat, die Behandlung der ruhenden Pflanzen vor Beginn des Treibens mit Aether. Die Methode, welche den Beginn des Treibens schon zu einer sonst nicht in Betracht kommenden Zeit ermöglicht und die Entwicklung der Triebe und Blüten außerordentlich beschleunigt, wird in einer dem praktischen Bedürfnis angepaßten Weise derart geschildert, daß man direkt danach arbeiten kann.

Die kleine Schrift verfolgt also wesentlich praktische Zwecke, entbehrt aber nicht des wissenschaftlichen Interesses. . . . Behrens.

Bau und Leben unserer Waldbäume. Von Dr. **M. Büsgen**, Prof. a. d. Preuß. Forstakademie in Hann.-Münden. Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit 129 Abbild. im Text. VIII, 340 S. gr. 8^o 1917 Mk 180.—

Naturwissenschaftliche Wochenschrift

Begründet von Prof. Dr. H. Potonié

Herausgegeben von Prof. Dr. H. Mische in Berlin

1922 erscheint Band 37 (neue Folge Bd. 21)

Preis: vierteljährlich (= 13 Nummern) Mk 40.—

Verlag von Gustav Fischer in Jena

In wissenschaftlicher und doch für einen jeden Gebildeten verständlicher Weise sucht die „Naturwissenschaftliche Wochenschrift“ der Allgemeinheit das zugänglich zu machen, was die Gegenwart auf naturwissenschaftlichen Gebieten bringt. Sie will Mittlerin sein für alle diejenigen, die sich nach den Studienjahren mit ihren reichen Bildungsmöglichkeiten und starken und vielfältigen Anregungen sich in einen Kreis versetzt sehen, der ihnen auf naturwissenschaftlichem Gebiete im allgemeinen nur ungenügende Anregungen zu bieten vermag. Die **Naturwissenschaftliche Wochenschrift** gewährt eine **Übersicht über die wichtigsten naturwissenschaftlichen Erscheinungen** unserer Zeit und hält den großen Kreis der naturwissenschaftlich Gebildeten und Interessierten, die an den Fortschritten und neuen Ideen teilnehmen und sich geistige Selbständigkeit und Frische bewahren wollen, mit den Naturwissenschaften in steter und enger Berührung.

Sie erreicht ihr Ziel durch Veröffentlichung von Aufsätzen über eigene Forschungen, sofern sie für weitere Kreise ein Interesse haben, ferner durch Zusammenfassungen über bestimmte Forschungsgebiete, sowie durch kleinere Mitteilungen über die neuesten Fortschritte in den verschiedenen Disziplinen der Wissenschaft. Überall ist das Wesentliche möglichst klar und einfach herausgearbeitet, damit es dem naturwissenschaftlich gebildeten Laien, d. h. dem Nichtspezialisten, verständlich wird. In diesem Sinne ist die Wochenschrift populär. Das Verständnis wird durch Beigabe von Abbildungen zu erleichtern versucht.

Die „Naturwissenschaftliche Wochenschrift“ bietet im einzelnen also

Originalartikel

von hervorragenden Forschern und tüchtigen Gelehrten (zum Teil mit Abbildungen). In jeder Nummer erscheinen

Berichte

über wichtige neuere und allgemein interessante Publikationen, Forschungsergebnisse und Entdeckungen in den verschiedenen Gebieten der Naturwissenschaften, also in der Astronomie, Physik, Chemie, Botanik, Zoologie, Anthropologie, Geologie, Paläontologie, Geographie, Physiologie usw. Auch von diesen Berichten sind manche mit lehrreichen Abbildungen versehen. Besonderes Gewicht wird auf sorgfältige und kritisierende

Bücherbesprechungen

gelegt. Von sachkundigen Rezensenten wird die große Mehrzahl der für einen weiteren Leserkreis in Betracht kommenden Bücher und auch ein guter Teil Publikationen von mehr speziellem wissenschaftlichen Interesse besprochen.

Ferner wird dem Leser in einer Abteilung „Anregungen und Antworten“ Gelegenheit gegeben,

Auskunft über wissenschaftliche Fragen

zu erhalten oder selber Anregungen und Beobachtungen mitzuteilen.

Um eine Vorstellung von dem Inhalt zu geben, sei hier ein Auszug aus den Veröffentlichungen der letzten Jahre angefügt.

Auswahl von Original-Artikeln aus Jahrgang 1921/22:

Über die Funktion des Schwanzes der Wirbeltiere. Von Dr. Rob. Mertens, Frankfurt a. M. [21 : 51]

Vom Leben zum Tode. Eine naturwissensch. Betrachtung. Von Dr. Emil Lenk, Darmstadt. [21 : 51]

Naturwissenschaftliche Wochenschrift

- Besitz ein Vogel Einsicht in kausale Zusammenhänge. Von Prof. Dr. J. Reineke, Kiel. Mit 1 Abbild. [21: 54]
- Das Problem der geschlechtlichen Zuchtwahl im Lichte neuerer Beobachtungen. Von Dr. H. J. Feuerborn, Kiel. Mit 1 Abbild. [22: 1]
- Idiosynkrasie und Anaphylaxie. Von Dr. W. A. Collier, Frankfurt a. M. [22: 2]
- Ueber Fragen der Aberration und Lichtausbreitung. Von Dr. K. Vogtherr, München. [22: 2]
- Zur Kenntnis des Dickenwachstums der Opuntien. Von Karl Reineke. Mit 7 Abbild. [22: 3]
- Kritische Betrachtung über die Grundlagen der Relativitätstheorie Einsteins. Von Prof. Dr. Friedr. Dahl. [22: 3]
- Geologie und Wünschelrute. Von Prof. Dr. Edwin Hennig, Tübingen. [22: 4]
- Zur Grundlegung der Ganzheitsforderung der Biologie. Von H. Latzin, Aitzgersdorf b. Wien. Mit 1 Abbild. [22: 4]
- Die logische Stellung der Biologie im System der Wissenschaften. Von Dr. Adolf Meyer, Hamburg. [22: 5]
- Segelflug und fliegende Fische. Von Dr. med. W. Frölich. [22: 5]
- Zur Kontraktionstheorie. Eine Rechtfertigung. Von Prof. Dr. Fr. Nölke, Bremen. [22: 6]
- Der Darmkanal des Maikäfers. Von Christ Schweizer, Stuttgart. Mit 4 Abbild. [22: 6]
- Danzig als Heimat des Bernsteins. Von Prof. Dr. Paul Gahms, Zoppot. [22: 7]
- Reste eines alten Höhlenflusses. Von Dr. H. K. Becker, Frankfurt a. M. [22: 8]
- Die Viskosität des Protoplasmas. Von Dr. Friedr. Weber, Graz. [22: 9]
- Stoff und Eigenschaft. Von Ernst Fischer, Leipzig. [22: 10]
- Die elementare Theorie der Gravitation. Von Prof. Dr. St. Mohorovičić, Agram. Mit 2 Abbild. [22: 11]
- Das Problem der Wünschelrute. Von Ferd. Scheminsky, Wien. Mit 2 Abbild. [22: 12]
- Ueber das Vorkommen von Trypanosomen bei unseren heimischen Wirbeltieren und ihre Kultur auf künstl. Nährböden. Von cand. zool. Otto Nieschulz, Utrecht. Mit 4 Abbild. [22: 12]
- Zur Klärung des Aetherproblems. Von Reg. Rat Dr. H. Fricke, Berlin. Mit 1 Abb. [22: 13]
- Pflanzenverbreitung und vorgeschichtl. Besiedlung. Von Lehrer Emil Schalow, Breslau. [22: 13]
- Das Donautal in Oesterreich. Von Prof. Dr. Oskar Kende, Wien. [22: 14]
- Axiom und Erfahrung. Von Dr. B. de Rudder, München. (Krit. Betrachtg. üb. d. Aufsatz von Dahl in 21: 3) [22: 14]
- Beiträge zur Relativität der Individuen I: Versuche mit Seesternen. Von Dr. W. Goetsch, München. Mit 3 Abb. [22: 15]
- Beiträge zur Höhlenkunde. Von Dr. Hans Karl Becker, Frankfurt a. M. [22: 15]
- Probleme der Artveränderung. Von Dr. phil. et med. Hans Krieg, Tübingen. [22: 16]
- Das Biddersche Organ. Von Gustav Zeuner. Mit 7 Abbild. [22: 17]
- Vom diluvialen Menschen und seiner Jagd. Von Prof. Dr. Krenkel, Leipzig. [22: 18]
- Das Meer zur Wellengebirgszeit zwischen Schwarzwald und Thüringerwald. Von Dr. Paul Vollrath, Stuttgart. Mit 1 Karte. [22: 19]
- Der Köderwurm. Von Hermann Lechler, Stuttgart. Mit 4 Abbild. [22: 19]
- Neuer Rekonstruktionsversuch eines liassischen Flugsauriers. Von Carl Stieler, Berlin. Mit 6 Abbild. [22: 20]
- Mechanische und vitalistische Strömungen in der Geschichte der biologischen Theorien. Von Dr. Hans-Adam Stolte, Würzburg. [22: 21]
- Das Vogelleben auf dem Koralleneiland Leysan im Stillen Ozean. Von Prof. Dr. v. Buttell-Keppen, Oldenburg. [22: 22]
- Goethes Naturschauung in seinen Gedichten. Von Dr. Wilh. Troll, München. [22: 23]
- Die Ablenkung des Fixsternlichtes im Schwerfeld der Sonne. Von Sigismund v. Kobbe, Coblenz. [22: 23]
- Mathematisches Neuland: Arnold Kowalewskis Buntordnungslehre. Von Univ.-Prof. Dr. Hans Rust, Königsberg i. Pr. [22: 24]
- Alfonso Corti. Ein Gedenkblatt zum 15. Juni. Von Dr. Gottfr. Brückner, Grimma. [22: 24]
- Bemerkungen über Standorte und Verbreitung der deutschen Farnkräuter. Von Dr. Hugo Fischer, Essen. [22: 25]
- Der österreichische Anteil am Böhmischem Massiv. Von Dr. Oskar Kende, Wien. [22: 26]
- Die Eiszeit in Deutschland und der vorgeschichtliche Mensch. Von Dr. K. Ottricht, Breslau. Mit 3 Abb. [22: 27]

Probe-Nummern versendet der Verlag und jede Buchhandlung kostenfrei.

Bestellungen auf die „Naturwissenschaftliche Wochenschrift“ nehmen an jede Buchhandlung, jedes Postamt oder der Verlag von Gustav Fischer in Jena.

