

COLUMBIA LIBRARIES OFFSITE
HEALTH SCIENCES STANDARD



HX64086453

QP31 .K88

Vergleichend-physiol

RECAP

Columbia University
in the City of New York
College of Physicians and Surgeons
Library











Digitized by the Internet Archive
in 2010 with funding from
Columbia University Libraries

VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE VORTRÄGE.



VERGLEICHEND - PHYSIOLOGISCHE

V O R T R Ä G E

VOX

C. FR. W. KRUKENBERG.

ERSTER BAND.



HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1886.

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

QP31

K88

WILHELM KÜHNE

DEM PHYSIOLOGEN

OSWALD SCHMIEDEBERG

DEM PHARMAKOLOGEN

WILHELM WALDEYER

DEM ANATOMEN

IN VEREHRUNG UND DANKBARKEIT

ZUGEEIGNET.



Inhalt.

	Seite
I. Die Bedeutung der vergleichenden Methode für die Biologie	1
II. Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Verdauung	37
III. Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Farbstoffe und der Farben	83
IV. Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der thierischen Gerüst- substanzen	185
V. Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der contractilen Gewebe	271
VI. Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der nervösen Apparate .	395



I.

DIE BEDEUTUNG

DER

VERGLEICHENDEN METHODE

FÜR

DIE BIOLOGIE.



CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

Die Bedeutung der vergleichenden Methode für die Biologie.

Die chemischen Erscheinungen, welche die Thiere und Pflanzen während ihres Lebens erkennen lassen, die Stoffe, welche in der lebendigen Werkstätte entstehen, welche im Organismus selbstständig thätig sind oder an bestimmten Plätzen des Körpers für ein späteres Verbrauchsstadium aufgespeichert werden, welche als Secrete oder unbrauchbar für eine weitere Lebensverrichtung als Zerfallsproducte an die Außenwelt abgegeben werden, haben schon seit lange ein allgemeines Interesse erregt, und eine neue Aera in der Biologie wird gewiß nicht mit Unrecht von dem Zeitpunkte ab datirt, wo es *Wöhler* zuerst gelang, eine bis dahin nur als Product des Thierkörpers bekannte Substanz, den Harnstoff, aus cyanfaurem Ammonium im Laboratorium darzustellen. Dieser Synthese sind in den seither verfloßnen 50 Jahren viele andere gefolgt. Man hat gelernt die Oxalsäure, die Ameisensäure, die Milchsäure, das Taurin, viele Fette u. s. w. aus ihren Elementen zusammenzufügen, und der Aufbau zahlreicher chemisch complicirt zusammengesetzter Producte des thierischen wie pflanzlichen Stoffwechsels aus einfacheren Verbindungen ist gelungen. Die theoretische Chemie wie die chemische Industrie haben in gleicher Weise aus diesen Synthesen Nutzen gezogen, aber über die Proceße, welche den Stoffen *intra vitam* ihr Entstehen geben, haben die künstlichen Synthesen nur wenig Aufschluß ertheilt; denn die Chemie errang ihre glän-

zenden Erfolge in dieser Richtung ausnahmslos durch Anwendung von chemisch stark wirkenden Agentien oder von so hohen Temperaturen, welche ein lebendes Wesen unfehlbar zu Grunde richten würden, und welches sich deshalb nothwendig anderer Mittel bedienen muß, um zu den gleichen Resultaten wie der Chemiker zu gelangen¹⁾. Auch die künstlichen Synthesen, die Spaltungen, Reductionen und Oxydationen, welche unter Bedingungen ausgeführt wurden, die den innerhalb des lebenden Körpers vorhandenen möglichst entsprechend gedacht werden, wie z. B. *Drechsel's* Darstellung²⁾ des Harnstoffs aus carbaminfaurem Ammonium durch Electrolyse mittelst Wechselströme oder *Hoppe-Seyler's* Umwandlungsweise³⁾ des Benzols in Phenol durch Palladiumwasserstoff, erfordern, um den vitalen Vorgängen vergleichbar zu sein, noch immer Prämissen, welche der thatsächlichen Begründung entbehren. Selbst nur in sehr seltenen Fällen gelang es, ohne Anwendung irgend eines Mittels, über welches der lebende Organismus nicht selbst verfügt, ein gut charakterisirtes organisches Stoffwechselproduct in ein anderes überzuführen, wie beispielsweise bei der Umwandlung des Turacins in Turacoverdin⁴⁾.

Die Physiologie ist auf einem andern Wege in der Stoffwechselfrage entschieden weiter gekommen; nämlich durch die Experimente an den lebenden Thieren selbst, durch vergleichende Versuche, welche unter verschiedenen Verhältnissen an ein und derselben Art oder unter normalen Bedingungen an möglichst vielen und möglichst verschiedenen Species ausgeführt wurden. Derartige Versuche erlauben in der Regel zwar nicht, den ganzen Proceß, welchem ein dem Thiere einverleibter Stoff in diesem unterliegt, durch eine chemische Formel zum bündigen Ausdrucke zu bringen, aber sie vermögen uns meist doch darüber Aufschluß zu ertheilen, welche Substanz schließlich aus dem gefütterten Körper hervorgeht, und welche Substanzen bei diesem Vorgange in nennenswerther Weise nicht gebildet werden. Mittelst dieses Verfahrens fand *Wöhler*⁵⁾,

daß die neutralen pflanzenfauren Alkalien bei der thierischen Stoffmetamorphose in Carbonate übergehen, daß dabei die Benzoesäure Hippursäure, bei den Vögeln nach *Jaffé*⁶⁾ aber statt dessen Ornithursäure liefert, und *Salkowski*⁷⁾ entdeckte so, daß das Taurin, wenn es den menschlichen Körper passirt, in Taurocarbaminsäure verwandelt wird. Lediglich unter Anwendung der vergleichenden Methode ließ sich der merkwürdige Bestand zweier eiweißverdauenden Enzyme in den Lebersecreten der meisten Wirbellosen constatiren: eine Thatfache, die, so berühmt auch die Forscher sind, welche, ohne den comparativen Weg einzuschlagen, die Verdauungssäfte der Evertebraten untersucht haben, diesen vollkommen unbekannt geblieben war. *Böhm*⁸⁾ bewies durch ein Vergleichsverfahren, daß das Glykogen bei der Muskelcontraction nicht in Milchsäure übergeht, und in ähnlicher Weise gelangte man durch Untersuchungen der contractilen Gewebe⁹⁾, der Körperflüssigkeiten¹⁰⁾, der Leber und ihres Secretes¹¹⁾ bei sehr verschiedenartigen Thieren zu dem bindenden Schlusse, daß der Inosit, das Kreatin, Taurin und Hypoxanthin in den Muskeln von einander völlig unabhängig entstehen können, während andererseits nie in einem Organismus echte Gallenpigmente (Bilirubin oder Biliverdin) ohne gleichzeitige Gegenwart von Hämoglobin, ja selbst nicht bei allen Hämoglobin-führenden Thierformen angetroffen wurden, und es ergaben sich fernerhin bei diesen Versuchen wichtige Thatfachen, welche die Richtigkeit des Satzes darthun, daß bei verschiedenartigen Thieren Organe von äußerlich gleicher Function principielle Verschiedenheiten in ihrem Vermögen, chemische Synthesen auszuführen, aufweisen können.

In gleichem Maße, wie sich die Erwartungen, welche man einst an die rein chemische Behandlung der Lebensvorgänge stellte und von dieser stellenweise noch immer hegt, jetzt, wo seit dem epochemachenden Eingreifen der Chemie in die Biologie mehr als 50 Jahre vergangen sind, als übertrieben erweisen, so gilt das, sage ich, in gleichem Maße von den Hoffnungen, mit welchen man an

eine rein physikalische Behandlung gewisser biologischer Fragen herantrat. Ich sehe ab von den glänzenden Errungenschaften, welche die physiologische Optik und Akustik, die Nervenphysiologie sowie die thierische Locomotion durch eine rein physikalische Behandlung ihrer Themata zu verzeichnen haben, und will hier nur einiger Beschränkungen gedenken, welche die Anwendung physikalischer Methoden und Begriffe in einer Anzahl von Fällen erfährt, und bei denen gleichfalls nur das biologische Vergleichsverfahren eine Aussicht auf Erfolg gestatten dürfte. So wurde der Blutkreislauf bei den Wirbelthieren lange Zeit ziemlich allgemein als ein einfach physikalischer Vorgang behandelt, bis besonders von *Marey* mit Nachdruck hervorgehoben wurde, daß die Gefäße nicht einfache elastische Röhren, sondern Hohlmuskeln darstellen, daß die Blutmenge in den einzelnen Bezirken und Organen des Thierkörpers je nach Bedarf ebbeartig sinkt oder fluthartig anschwillt, und daß ohne diese vitalen Vorgänge die geringe Blutmenge im Körper bei einer gleichmäßigen Vertheilung wie Wasser im Sande verinnen würde. In vielfacher Weise wurde der Fortschritt auch in der Ernährungslehre der Pflanzen wie Thiere durch eine Auffassung gehemmt, welche in der Stoffaufnahme wie Stoffabgabe durch die lebenden Gewebe einen reinen Diffusionsvorgang erblickte und die Zelle als einen einfachen Dialysator betrachtete. Noch jüngsthin glaubte *Maly*¹²⁾ die Bildung freier Salzfäure in den Labdrüsen, die Entstehung freier Schwefelsäure in den Vorderdarmdrüsen bei Gastropoden als eine Diffusionsercheinung erklären zu können; auf eine Erklärung analoger Vorgänge (der Cimicinfäuresecretion bei *Rhaphigaster punctipennis*¹³⁾, der Abcheidung von Salicyliger Säure bei *Chrysomela populi*¹⁴⁾) hat er jedoch auf's Bereitwilligste verzichtet. Aber die Auffassung, daß sich die lebenden Zellen per diffusionem ernähren, ist mit den Eigenschaften des Protoplasmas durchaus nicht in Einklang zu bringen; «denn die Stoffwechselvorgänge in den lebenden Geweben

folgen nicht einfach den Gesetzen der Diffusion und Endosmose, sondern jedes Gewebelement, jede Zelle besitzt während des Lebens die Fähigkeit, gewisse Stoffe anzuziehen, in sich aufzuspeichern und mit Zähigkeit festzuhalten, andere dagegen abzufcheiden und dadurch unabhängig von der umgebenden Flüssigkeit die Zusammensetzung zu bewahren, deren sie zur Ausführung ihrer Functionen bedarf. Worauf diese Fähigkeit beruht, ist uns vorläufig noch ein vollständiges Räthsel¹⁵⁾»; wir wissen nur, daß ein derartiges Elections- und Retentionsvermögen auch todten Massen zukommt, z. B. dem Humus, welcher Natriumsalze durchläßt, die Ammonium- und Kalisalze dagegen energisch festhält. Viele thierische Gewebe leisten in der Fähigkeit, Materien, welche ihnen in mehr als homöopathischer Verdünnung dargeboten werden, in sich aufzuspeichern, ein Unglaubliches. Trotz der empfindlichen Reactionen, welche wir für den Nachweis des Jod und des Mangan besitzen, ist es beispielsweise nicht möglich gewesen, in dem Verdampfungsrückstande einer bedeutenden Wassermenge aus der Adria irgend eines dieser beiden Elemente nachzuweisen, und dennoch begegnen wir reichlichen Quantitäten von Jod in den dortigen Strandpflanzen wie in den Badeschwämmen, und das Mangan finden wir in seltener Reinheit in den Concrementen einer adriatischen Muschelspecies¹⁶⁾. Wie unabhängig sich die cellulare Einnahme und Ausgabe von den äußeren Umständen gestalten können, lehrt gewiß kein Beispiel besser als die von *Strecker*¹⁷⁾ entdeckte Thatfache, daß bei den, in einem kochsalzreichen Medium lebenden Meerwasserfischen (*Gadus morhua*, *Pleuronectes maximus*) die Kaliumsalze in der Galle prävaliren, während die Galle des Ochsen, eines Thieres, dessen Nahrung vorzugsweise Kali enthält, nur Spuren von Kali neben viel Natron nach dem Verbrennen zeigt, und auf wie schwer verständliche Verhältnisse wir bei dem Stoffumfatze im lebenden Körper stoßen, lehren die *Facta*, daß beim Menschen gerade die thätigsten Organe (Gehirn, Rückenmark, Herz) von einer Atrophie am wenigsten

betroffen werden, und daß, während 91—93⁰/₁₀ des im Körper vertheilten Fettes bei Hungerkuren schwindet, Lipome, Fettgeschwülste dabei nicht zurückgehen, obwohl alles ein und dasselbe Fett ist.

Selbst echte parasitäre Wesen verfügen über ein Assimilationsvermögen, und wie für ihre Ernährung und Erhaltung Diffusionsvorgänge nicht ausreichen würden, so ist bei den höher organisirten Thieren auch die Beschaffung der Reservestoffe ein viel complicirterer Proceß als eine simple Diffusionserscheinung. Das Thier producirt wie die Pflanze keine Reservestoffe (kein Fett, kein Glykogen), kein Eiweiß selber, und lediglich das Material dazu bezieht es von außen. Wie *Subbotin's* Versuche¹⁸⁾ gelehrt haben, setzt ein Hund kein Wallrath an, wenn er mit Talg und Spermacet gefüttert wird, kein oleinfreies Fett, wenn er ausschließlich Stearinpalmitinseife erhält; nur richtiges Hundefett lagert sich in seinen Geweben ab, und nur dieses, kein anderes Fett vermag er zu bilden.

Aber alle bisher berührten Punkte treffen bei weitem nicht den fruchtbarsten Boden, von welchem wir bei einer im vergleichend physiologischen Sinne betriebenen Bewirthschaftung die reichsten Ernten erwarten dürfen.

Bei jedem Schritte, den wir in der Biologie vorwärts thun, stoßen wir auf Proceße, von denen zwar nur wenige (ähnlich dem Assimilationsvorgange) den Erscheinungen, welche an einem todten Materiale ablaufen, unvergleichbar geblieben sind, welche aber insgesamt wegen ihrer Variabilität in Vorkommen und Energie nur durch Untersuchungen an den lebenden Wesen selbst erkannt und durch eine vergleichende Behandlungsweise unter allgemeinere Gesichtspunkte zu bringen sind.

Wie jede lebende Protoplasmamasse sich durch ihr Elections- und Retentionsvermögen ihre Selbständigkeit der Außenwelt gegenüber bewahrt, so widerstehen die lebenden Theile des Organismus

den Schwankungen äußerer Lebensbedingungen weiterhin noch dadurch, daß sie sich mannigfachen Einflüssen und Schädlichkeiten (einem ungewohnten Klima, der Einwirkung von Giften) anzupassen vermögen. Seit lange ist bekannt, daß die willkürlichen und unwillkürlichen Muskeln, die drüsenartigen Organe und die Haut bei außergewöhnlicher Inanspruchnahme hypertrophiren; so die Muskeln, wenn dieselben größere Widerstände zu überwinden, die Epidermis, wenn sie normwidrige Pressungen auszuhalten hat, und die Drüsen, wenn von ihnen Leistungen gefordert werden, welche unter regelrechten Verhältnissen an sie nicht gestellt werden. So sah, um an ein Beispiel flüchtig zu erinnern, *Hunter* bei einer Seemöve (*Larus tridactylus*), welche er ein ganzes Jahr lang mit Körnern fütterte, die ursprünglich weiche Magenfehleimhaut so vollständig erhärten, daß sie in ihrem Aussehen und Structur der harten sog. Hornhaut des Körnermagens einer Taube gleich, und umgekehrt gelang es *Holmgrén*, den Körnermagen von Tauben nach hinreichend langer Fütterung der Thiere mit Fleisch allmählig in einen echten Raubvogelmagen umzuwandeln¹⁹⁾. Auch die Sinne schärfen sich, wenn sie Uebergewöhnliches zu leisten haben, und die Thätigkeit der Centralorgane wächst proportional den Ansprüchen, welche an sie gestellt werden. Andererseits verkümmern die Organe bei einem Nichtgebrauch mehr oder weniger, und indem man künstlicherh dafür Sorge trägt, daß, wie es zweckmäßig erscheint, dieser Organtheil eine Hypertrophie, jener eine Atrophie erleidet, und daß trotz dieser unnatürlichen Entwicklung dem Ganzen eine gewisse Harmonie bewahrt bleibt, gelangt man allmählig zu den Vortheilen der Uebung und Erziehung.

Ich will hier nicht an die oftmals ventilirte Frage herantreten, bis zu welchem Punkte sich die Hypertrophie eines Organes treiben läßt, ich will auch nicht die Fragen eingehender erörtern, warum nach oftmaliger, viele Generationen hindurch fortgesetzter Zerflö- rung eines Organtheiles derselbe nicht zum phylogenetischen Ver-

schwinden zu bringen ist, oder warum auffälligere Eigenthümlichkeiten, z. B. in der Färbung ausschließlich in männlicher oder ausschließlich in weiblicher Linie fortgepflanzt werden²⁰⁾, sondern allein noch darauf hinweisen, daß auch in complicirteren Fällen die für die natürliche Ausbildung eines Gewebes in hyper- oder atrophischer Form günstigen Momente aufgedeckt wurden. So hat man durch eine ungewöhnliche Nahrung nicht nur die Excretproducte verändern können, sondern hat sogar bei niederen Organismen, den äußeren Ernährungsflüssigkeiten entsprechend die Wachstums- und Sprossungsvorgänge sowie die Größe der Zellen wechselnd gefunden; man erkannte den Einfluß des Lichtes auf die Entwicklung der Hautpigmente und der Sinnesapparate, den merkwürdigen Einfluß der Kälte auf die Behaarung der Säuger. In ähnlicher Weise wie der Einfluß des zinkhaltigen Bodens an der Flora der Galmeiberge bei Aachen²¹⁾ zeigt sich hier an Thieren die metamorphosirende Kraft der äußeren Existenzbedingungen. Wenn man eingedenk aller der zahlreichen Thatfachen, welche in dieser Hinsicht die Biologie unserer Tage aufweist, sich schließlich noch daran erinnert, wie man durch Abänderung der äußeren Lebensbedingungen aus einem Axolotl ein Amblystoma, aus einer *Artemia salina* eine *Artemia Milhauseni*, ja selbst einen *Branchipus*²²⁾ und aus dem Soorpilz eine *Mycoderma vini*²³⁾ zu züchten verstand, so glaube ich, wird es ohne Zuhilfenahme großer Phantasie möglich sein, Mittel und Wege aufzufinden, durch welche es einem amöbenartigen Wesen gelingen könnte, eine hoch entwickelte Organisation zu entfalten.

Wennschon anfangs vielfache Zweifel sich regten, ob es wirklich ganglionäre Elemente und Nerven seien, welche als solche bei Medusen beschrieben worden waren, und durch Experimente schließlich entschieden wurde, daß man sie thatsächlich gefunden, so sind doch überall nur grobe Täuschungen untergelaufen, wo Drüsen für Muskeln, Muskeln für Nerven etc. gehalten wurden. So sehr gehen

in der ganzen Thierreihe die morphologischen und die allgemein functionellen Eigenthümlichkeiten der Gewebe Hand in Hand, daß man allein geleitet von der, an Wirbelthieren gewonnenen Functionskennntniß sich bis dahin, wo die Organisation beginnt, für schlußberechtigt halten durfte. Und wer sein Auge nicht verfehlt vor dem bisweilen sehr auffälligen Erwerbungs- und Vererbungsvermögen formeller und functioneller Eigenthümlichkeiten und dabei nur unbeachtet läßt die Defiderien der Biologie, der muß sich sehier erfreuen an dem Theorem von dem Zusammenhange, der unter allem Lebenden besteht.

Aber bei einem Schlusse von so schwerwiegender Bedeutung, der nicht nur für die Morphologie, sondern für die Physiologie in gleichem Maße für fruchtbringend gehalten wird, gilt es noch andere Factoren zu berücksichtigen, die lebenswichtiger sind als die Form, als die Structur und Textur des lebenden Substrates. Im mannigfachen Gegenfatze zu den Voraussetzungen, zu denen die vergleichende Anatomie, vorwiegend bei Verwendung morphologisch-ontogenetischer Thatfachen gelangte, stehen die Ergebnisse der physiologisch-chemischen Forchung; aus einigen Thatfachen geht sogar mit Evidenz hervor, daß (ähnlich der Allotropie und dem Isomorphismus bei den Kry stallen) Form und chemische Beschaffenheit sich nicht immer decken, daß ein und derselben Form auch in der lebenden Welt chemisch verschiedenartige Substanzen zu Grunde liegen, und daß verschieden gestaltete Zellen vorherrschend ein und denselben Körper beherbergen können.

Die generelle Physiologie hat nach gründlicher Untersuchung aller Erscheinungen, welche als rein vitale, als den lebenden Wesen eigenthümliche angesprochen wurden, nur die Assimilation (d. i. die Anbildung lebender Substanz) als ein Charakteristikum des Lebens aufrecht zu halten vermocht; die Assimilationsvorgänge verlaufen aber in der lebendigen Werkstatt unesehen und ungehört, beschränkt auf den kleinsten Raum, ohne Betheiligung starker

chemischer Affinitäten, ohne die in unseren Laboratorien bei chemischen Umsetzungen gebräuchlichen tiefgreifenden physikalischen Veränderungen der gewöhnlichen Verhältnisse, — und sie gelangen uns deshalb als solche nicht zur Wahrnehmung; geringe Temperaturerhöhungen, Stoffaufnahme, Stoffanfaß und isolirbare Stoffwechselproducte sind ziemlich alles, was uns auf diese Proceßes schließen und uns von ihnen indirect Weniges erfahren läßt. Mit der Untersuchung dieser Erscheinungen müssen wir uns somit vorläufig begnügen, und sollte der Kenntniß der Stoffwechselproducte von manchen Seiten auch kein größerer biologischer Werth zugefanden werden als den anatomischen und morphologisch-embryologischen Befunden, so stehen sie doch diesen an biologischer Bedeutung jedenfalls nicht nach und haben ebenföhr ein Anrecht bei Erörterung der Frage nach der Zusammengehörigkeit des Lebendigen in Betracht gezogen zu werden als jene.

Stets wo es gelang, durch äußere Eingriffe, durch ein bestimmtes Nahrungsmittel, durch Abhaltung allen Lichtes oder gewisser Lichtforten u. f. w. den Organismus zu modificiren, handelte es sich ausschließlich um morphologische Veränderungen. Die geringfügigen Modificationen, welche man an den Stoffwechselferscheinungen auf diesem Wege hervorzubringen vermochte, sind für den Gesamtorganismus, vorausgesetzt, daß sie von diesem auf die Dauer hin überhaupt ertragen werden, von geringem Belang. Wenn wir dem lebenden Organismus Stoffe einverleiben, mit welchen er bisher noch nicht in Berührung kam, und er dieselben unzufetzen weiß, dann haben wir an ihm nur eine Fähigkeit entdeckt, die uns früher unbekannt war; aber noch niemals ist es gelungen, in einem Lebewesen neue assimilatorische oder metabolische Kräfte experimentell zu erwecken. Wir verstanden nur, ähnlich wie bei den, der Hypertrophie und Atrophie fähigen Geweben und Organen, einen in der lebenden Substanz neben vielen anderen Proceßes ablaufenden Vorgang durch unser Zuthun von

außen besonders anzuregen und dafür andere vitale Proceſſe zum Stillſtande zu zwingen. So gelang es z. B. *Heckel*²⁴⁾, einem franzöſiſchen Biologen, die Leberfunction der *Malpighi*'ſchen Gefäße bei Inſecten (*Mantis religiosa*, *Blatta occidentalis*, *Cerambyx heros*) durch Arſenikfütterung zu vernichten, während dabei ihre Nierenfunction erhalten blieb. Wie in pathologiſchen Fällen weder eine Zelle, noch ein Organ Functionen erkennen ließen, welchen eine qualitative Veränderung ihrer vitalen Verhältniſſe, ihres Aſſimilationsvermögens oder ihres Stoffwechſels zu Grunde lag, ſo war man auch experimentell zu derartigen phyſiologiſchen Transformationen ſtets außer Stande. Nur zu den Sagen rechnet man jetzt die Berichte, daß die Milchdrüſen als Nieren functionirt, daß man mit Hautnerven z. B. der Oberbauchgegend geſehen, mit Empfindungsnerven Tiſche bewegt habe, oder daß Bindegewebszellen binnen 5 Minuten den Charakter von Ganglienzellen angenommen haben.

Mit Ausnahme der bezeichneten Novitäten des Stoffwechſels und der Umformungen, welche auf den erſten Blick bisweilen (z. B. wenn an Stelle der Kiemenathmung die Hautrefpiration tritt) als ſchwerwiegend phyſiologiſche imponiren, im Grunde genommen aber phyſiologiſch nichts bedeuten, gelang es, wie gefagt, an lebenden Thieren bisher ganz excluſivlich nur morphiſche Veränderungen experimentell hervorzurufen, — Veränderungen zwar, welche oft (wie z. B. bei der Züchtung der Hausthiere und beſonders des Geflügels) ſehr merkwürdiger Natur ſind. Eine allgemeinere biologiſche Bedeutung kann dieſen Erfahrungen aber umſoweniger zugeſtanden werden, als unfere biologiſchen, unfere functionellen Begriffe, die an der Zelle und an den fog. organiſchen Geſtaltungſeſetzen überhaupt haften, außerordentlich minimal ſind. So vermögen wir mit dem hiſtologiſchen Baue weder bei den einzelnen Nerven und Ganglien, noch bei den einzelnen (glatten, quergeſtreiften und doppeltſchräggeſtreiften) Muskeln und Drüſen den

Begriff einer durchweg zutreffenden Functionseigenthümlichkeit zu verbinden; nur durch die ausgezeichneten Untersuchungen, welche sich an *Hermann Meyer's* bahnbrechende Arbeit²⁵⁾ über die Structur der Spongiosa knüpfen, gelang es in einer bestimmten Textur der Knochen ebenso wie in der Anordnung der Fibrovalalstränge in der Pflanze einen physiologischen Nutzen zu erkennen. Wir wissen nicht, warum hier die Zellen klein, warum sie dort ausnehmend groß sind²⁶⁾, wir wissen nicht, warum die Zellen, wie z. B. bei den Blutkörperchen der Säuger, bald eine elliptische, bald eine runde Form haben²⁷⁾, warum die Drüsen bald traubenförmig, bald schlauchförmig gestaltet sind²⁸⁾; ja wir wußten bis vor kurzem nicht einmal, was ein zelliger Bau vor einem einheitlichen Protoplasmaklumpen voraus hat. Erst *Bunge's* und *Schmiedeberg's* Synthese der Hippursäure²⁹⁾ durch das lebende Nierengewebe, denen die mittelst lebensfrischer Zellen anderer Organtheile ausgeführten Synthesen von *Salomon*, *Kochs*³⁰⁾ und *Pflüger*³¹⁾ folgten, lehrten uns eine bis dahin völlig unbekannt gebliebene Eigenschaft des organisirten lebenden Substrates in seiner ganzen Tragweite würdigen.

In den Erscheinungen der Stoffmetamorphose manifestirt sich bald eine Zusammengehörigkeit ähnlich organisirter Formen, bald tritt das nämliche Stoffwechselproduct bei systematisch sehr entfernt stehenden Gliedern der Thierreihe auf, während dasselbe bei organisatorisch nahe verwandten Formen durch einen functionell zwar gleichwerthigen, chemisch aber sehr differenten Körper vertreten wird. In der Verbreitung des Kreatins, Kreatinins und Taurins, der, wie es scheint, ausschließlich auf die Wirbelthiere im Vorkommen beschränkten Gallensäuren, Gallenpigmente, in der Verbreitung der organischen Gerüstsubstanzen³²⁾ und in den Eiweißkörpern der lymphatischen Flüssigkeiten, welche für gewisse Typen oder Gruppen von Thieren charakteristisch sind³³⁾, tritt die Abgrenzung eines bestimmten Modus des Stoffwechsels nach den allgemeinen Organisationsverhältnissen klar zu Tage. Die Verbreitung

der respirirenden Materien im Blute resp. in der Hämolymphe, in den Muskeln oder dem Centralnervensystem folgt dagegen viel weniger der Organisationsanlage. Das Hämoglobin³⁴⁾ z. B. findet sich bei allen Wirbelthieren mit alleiniger Ausnahme der Leptocephaliden³⁵⁾; wir begegnen ihm ferner bei Insecten, vielen Krebsen, Anneliden, Nemertinen und Gephyreen, bei einigen Lamellibranchiaten und Gastropoden, wo es bei den einen ausschließlich in der Ganglienkette, bei anderen in den Muskeln und in der Mehrzahl der Fälle wie bei den Wirbelthieren in den Körperflüssigkeiten angetroffen wird. Wie sehr aber den Processen, welche im Thierkörper zur Bildung des Hämoglobins führen, eine systematische Abgrenzung mangelt, erfieht man daraus, daß unter den gemeinen Süßwassermollusken der respirirende Stoff der Hämolymphe bei *Planorbis* Hämoglobin ist, während die Hämolymphe von *Limnaeus* und *Paludina* wie diejenige von *Helix*, *Limax*, *Arion* und der meisten marinen Gastropodenformen statt dessen Hämocyanin führt, daß unter den Gephyreen die perienterische Flüssigkeit von *Sipunculus nudus* einen ganz besonderen Respirationsstoff, das Hämerythrin³⁶⁾, enthält, während bei anderen Arten dieser Classe, bei *Phoronis*, *Thalassema* die Hämolymphe hämoglobinhaltig sein wird, und daß endlich *Lernanthropus* sich wie die höheren Thiere eines durch Hämoglobin gerötheten Blutes zu erfreuen hat, trotzdem bei Meer- wie Süßwassererufstaceen gewöhnlich³⁷⁾ das Hämocyanin die innere Athmung vermittelt. Genau denselben Abweichungen vom Systeme begegnen wir bei der Harnsäurebildung³⁸⁾. Die Harnsäure erscheint als Stoffwechselproduct bei fleisch- wie pflanzenfressenden Wirbelthieren (Schlangen, Vögel), bei fleisch- wie pflanzenfressenden Mollusken (*Sepia*, *Helix*), bei fleisch- wie pflanzenfressenden Insecten (*Carabus*, *Lampyrus*), bei Milben und Tunicaten; bei gewissen carnivoren wie phytophagen Fischen (*Mustelus*, *Cyprinus*) und Mollusken (*Octopus*, *Pinna*) sowie bei Krebsen³⁹⁾, Spinnen und Scorpionen⁴⁰⁾ scheint dagegen die

Harnsäure vollständig zu fehlen und statt ihrer meist Guanin aufzutreten.

Aehnlich wie die Federfarbstoffe bei einigen Vögeln⁴¹⁾, bezeugen die Pigmente schon bei den niedrigst organisirten lebenden Wesen und selbst bei den Amorphozoën, daß der Stoffwechsel bei Thieren einer Classe bemerkenswerthe Verschiedenheiten, der Species oder dem Nährboden entsprechend, aufweist. Der blaue, von niederen Organismen producirt Farbstoffkörper, den ich⁴²⁾ auf feucht gehaltenem Fibrin sich bilden sah, erwies sich als chemisch völlig verschieden von dem blauen Vibrionfarbstoffe, den verschiedene Forscher amylnreichen Nahrungsmitteln entnahmen; und von allen beiden Stoffen weicht chemisch sowohl das färbende Princip des blauen Eiters wie das der blauen Milch⁴³⁾ ab, welche beiden Pigmente gleichfalls von einander differiren, trotzdem auch sie höchst gering differencirten Organismen ihre Entstehung verdanken. Diese seltsamen Farbstoffverschiedenheiten, denen sich weiterhin ein oder mehrere rothe Pigmente hinzugesellen, bei den vibrionenartigen Wesen, die sich hierin documentirenden Schwankungen des Stoffwechsels bestärken uns in der Hoffnung, daß es möglich sein wird, die Stoffmetamorphosen auch bei anderen, bei höher organisirten Thieren willkürlich zu verändern, daß es vielleicht gelingen wird, als Excretstoff statt der Harnsäure das Guanin, als Respirationsstoff statt des Hämocyans oder Hämerythrins das Hämoglobin in einem Organismus, der unter gewöhnlichen Verhältnissen desselben entbehrt, entstehen zu lassen. Bislang liegen positive Resultate in dieser Richtung nicht vor, und es werden dieselben bei, im Systeme höher stehenden Formen um so schwieriger zu erzielen sein, weil bei diesen den vitalen Processen ein viel geringerer Spielraum gewährt ist als bei den einfacheren Lebewesen. Die Keimanlage vermag überall in der Thierreihe Ungleichartiges aus sich zu erzeugen, aber dieser am productiven Können kaum annähernd vergleichbar erscheinen selbst die für einen weiteren

Ausbau des Individuums bestimmten Elemente, welche physiologisch als Folge einer Hiftolyse⁴⁴⁾ oder pathologisch als Granulationsgewebe den vorgeschriebenen, nur Altes wiederholenden Wachsthumsvorgang ausnahmsweise unterbrechen.

Wie ich bereits hervorhob, vermochten wir die Functionen vieler Organe durch äußere Umstände zu verstärken, herabzusetzen und auszuschalten oder auch zu ihrer Erhaltung beizutragen, aber sie nicht qualitativ zu modificiren, und zwar deshalb nicht, weil wir die chemischen Proceße in ihnen nicht zu verändern verstehen. Wir sind nur im Stande an einem Organe oder Gewebe einen Cyclus von quantitativen Veränderungen hervorzurufen, welchen mancher Muskel, manche Drüse in den einzelnen Lebensaltern des Individuums selbst durchläuft.

In sehr ansprechender Weise hat die Descendenztheorie die embryologischen Thatfachen für ihren Zweck zu benutzen verstanden. *Hæckel* erblickt in der Ontogenie eine beschleunigte Recapitulation der Phylogenie und bezeichnet diese Auffassung als biogenetisches Grundgesetz; aber es ist dabei sehr wohl zu berücksichtigen, daß es sich auch in diesem Falle nur um formelle oder organifatorische Aehnlichkeiten handelt, nicht um chemisch-physiologische, nicht um speciell affimilatorische. Bemerkenswerth ist allerdings, wie sehr gewisse Apparate in der Anordnung ihrer Theilstücke beim Embryo von den späteren Verhältnissen abweichen. So besitzt in einem späteren Embryonalstadium das Herz der Vögel⁴⁵⁾ wie das der Säuger⁴⁶⁾ noch keinen oder einen nur unvollkommen actionsfähigen Hemmungsapparat; die rhythmischen Contractionen, die es schon zu dieser Zeit deutlich wahrnehmen läßt, scheinen rein protoplasmatischer Natur zu sein, wie denn auch nach *Harting's* Untersuchungen⁴⁷⁾ zu schließen, die Bewegungen der Chromatophoren am Cephalopodenembryo noch nicht von dem complicirten Mechanismus⁴⁸⁾ dirigirt werden, der an der Hautdecke des entwickelten Thieres das wunderbare Farbenpiel entstehen läßt.

Zwar hat es keineswegs an Forschern gefehlt, welche glaubten annehmen zu dürfen, daß bei höheren Thieren die Stoffwechselproducte des Embryos von denen des späteren Lebens völlig verschieden seien, daß erstere anfangs denen gleichen, welche bei Cöleraten angetroffen werden, und daß in einem vorgeschritteneren Embryonalstadium interimistisch ein Stoffumsatz erfolge, wie er den Mollusken oder Würmern beispielsweise zukomme, daß die Ontogenie nicht nur morphologische Verhältnisse niederer Thiere reproducire, sondern auch chemisch physiologische. Aber dieser Vorstellung liegen entschiedene Irrthümer zu Grunde, denn derartiges wurde noch niemals beobachtet⁴⁹⁾; es liegen vielmehr eine Anzahl von Thatfachen vor, die gerade das Gegentheil des Angenommenen als richtig erschließen lassen. In den Muskeln zweier Rindsföten von 180 und 184 mm. Länge fanden sich z. B. genau dieselben Substanzen wie im Ochsenfleische⁵⁰⁾, und die Gallerte der Medusen, der Knorpel der Mollusken, die lederartige Hülle der Holothurien bestehen durchgängig zum bei weitem größten Theile aus Materien, mit denen die Stütz- und Schleimsubstanzen der Wirbelthiere nichts chemisch Vergleichbares enthalten. Wir ersehen hieraus, daß selbst den Primordialzellen, aus denen sich das Individuum entwickelt, trotzdem sich ihr ursprünglicher Assimilationsmodus in den Theilproducten ändert, die qualitativen Veränderungen des Stoffwechsels vom Anfang an genau vorgeschrieben sind, und daß in der Kette, die ein Organismus vom Ei bis zu seiner Ausbildung durchmisst, keine Substanz entdeckt wurde, deren Gegenwart dafür sprechen könnte, daß der Stoffwechsel höher organisirter Formen im Anfange der Entwicklung demjenigen tiefer stehender Typen mehr gleiche als der des ausgewachsenen, des ausgebildeten Thieres. Die interessantesten Erscheinungen, welche bei höheren Thieren an Verhältnisse tiefer stehender Formen erinnern, bleiben jedenfalls die Verdauungs- und Respirationsvorgänge, die von einzelnen Geweben gleichsam

auf eigene Faust, unbekümmert um den allgemeinen Verdauungs- oder Respirationsproceß des Gesamtorganismus, rein egoistisch ausgeführt werden. Unbehelligt von der Sauerstoffverförgung der übrigen Gewebe bezieht so z. B. nach *Hübnecht's* Untersuchungen⁵¹⁾ das Nervengewebe mehrerer Nemertinen auf directem Wege seinen Sauerstoffbedarf aus dem umgebenden Meerwasser und selbst bei den Säugethieren ahmen die Osteoklasten und pathologische Zellenneubildungen⁵²⁾ einen Verdauungsmodus nach, welcher lange als charakteristisch für die protoplasmatischen Geschöpfe gegolten hat, bis erst in allerjüngster Zeit uns die Wissenschaft der vergleichenden Physiologie mit dem hochwichtigen Resultate bekannt gemacht hat, daß der sog. protoplasmatischen Verdauungsweise eine Verbreitung auch unter den zoophytischen Formen zukommt⁵³⁾.

Bisher haben uns die Stoffe, welche wir als eigene Gebilde des Thierkörpers in diesem antreffen, und welche wir oft, trotz einer functionellen Aehnlichkeit substantiell auffallend verschieden fanden, nur insofern interessiert, als sie uns einen Einblick in die Vorgänge des Stoffwechsels, in die vitalen Proceße des Thierkörpers selbst gestatten. Als aber eine Substanz nach der andern als animalisches Product erkannt, und sich die Zahl der chemisch gut charakterisirten Thierstoffe so erheblich steigerte, daß man zweifelhaft wurde, ob schließlich mehr Producte thierischer oder pflanzlicher Herkunft bekannt sein werden, da tauchte wiederholt die Frage auf, ob alle die zahlreichen Materien dem Thierleibe wirklich von Nutzen sind.

Die vergleichende Anatomie hat uns eine Anzahl von Organen als rudimentäre, zurückgebildete und leistungsunfähig gewordene verständlich gemacht; es ist kein Zweifel, daß dagegen die vergleichende Thierchemie Substanzen nachgewiesen hat, welche für den Organismus, der sie führt, noch nicht leistungsfähig, noch nicht functionsmächtig geworden sind⁵⁴⁾. Das Hämoglobin, welches für die Säugethiere ein unentbehrlicher Sauerstoffüberträger ist, hat

z. B. für das Leben des Frosches, der lange Zeit ohne jeden Tropfen Blut zu existiren vermag, keine jenem Falle annähernde Bedeutung. Welchen Nutzen das tryptische Enzym vielen Molusken, welchen das peptische vielen Würmern und Seefern schafften könnte, ist durchaus unbegreiflich⁵⁵⁾, und so begegnen wir denn auch großen individuellen Schwankungen in dieser Beziehung, ebenso wie der Sauerstoff übertragende, dem Hämoglobin functionell gleichwerthige Körper in der Hämolymphe des Flußkrebtes bei dem einen Exemplare völlig fehlt, bei einem andern dagegen in ziemlich reicher Menge vorhanden ist⁵⁶⁾. Das lehrreichste Beispiel aber dafür, daß eine Substanz, welche wichtige Functionen zu erfüllen befähigt ist und bei vielen Thieren dieselben auch ausübt, für ein lebendes Wesen nutzlos bleibt, ist Folgendes⁵⁷⁾: Im Plasmodium von *Aethalium septicum* findet sich ein auf Eiweißstoffe äußerst kräftig wirkendes Pepsin. Dieses kann in dem Schleimpilze aber deshalb keine oder nur eine sehr geringfügige Wirkung entfalten, weil das lebende *Aethalium*-Gewebe constant alkalisch reagirt; denn, wie bekannt, kommt den peptischen Enzymen nur in schwach sauren Flüssigkeiten eine peptonisirende Kraft auf die Eiweißsubstanzen zu.

Trotz der vielen individuellen wie specifischen Schwankungen prägt sich doch auch in dem Dienstbarwerden der Stoffwechselproducte meistens eine Vollkommenheit aus, die derjenigen der Propulsionsorgane, welche die Säftemasse im Thierkörper in Bewegung setzen, in keiner Weise nachsteht.

Wenn Jemand, dem nur die Verhältnisse bei den Spongien geläufig wären, plötzlich Kenntniß erhielte von den Respirationsvorgängen bei den Warmblütern, so müßte er darüber im höchsten Maße erstaunen, und er würde es kaum für möglich halten, daß in der lebenden Welt ein und dasselbe Bedürfniß nach so grundverschiedenen Principien gestillt wird. Die Athmung des lebenden Schwammgewebes ist so außerordentlich mächtig, daß darin selbst

Substanzen vor einer Oxydation geschützt sind, welche eine weit größere Affinität zum Sauerstoff besitzen als das Hämoglobin⁵⁸⁾. Auch bei den Insecten und den Mantelthieren bezieht jede lebensthätige Zelle ihren Sauerstoff direct von außen, und so sehr ist bei diesen Thieren die Körperflüssigkeit von dem Respirationsgefäße entlastet, daß darin, ungefährdet für das Leben, Substanzen existiren, welche durch Zufuhr geringer Kohlenfäuremengen tiefgreifende Veränderungen erfahren und dabei in schwarze, äußerst resistente Materien übergehen⁵⁹⁾. Würden derartige Stoffe sich in einem respirirenden Blute finden, so würden sie unzweifelhaft durch die beim Respirationsproceße in's Blut übertretende Kohlenfäure sofort die angegebene Zeretzungsweise erleiden und durch ihre Zeretzungsproducte den Kreislauf in den engeren Theilen der Gefäßbahn bald unmöglich machen. Bei den Thieren, deren lebende Gewebe indirect mit Sauerstoff gespeist werden, bei denen das kreisende Blut die Sauerstoffübertragung versieht, werden aber noch andere Bedingungen gefordert, ohne deren Erfüllung sich die Athmung auf circulatorischem Wege nicht vollziehen kann. Erstens muß in diesem Falle die Gewebeatmung weniger energifich als z. B. bei den Schwämmen erfolgen und zweitens darf die Sauerstoff bindende Kraft der Sauerstoff übertragenden Stoffe in der respirirenden Flüssigkeit diejenige der zu verforgenden Gewebe nicht übersteigen. In beiden Puncten wird von den verschiedenartigsten Thieren an Mannigfaltigkeit und Vollkommenheit das Erstaunlichste geleistet. Bei *Spirographis Spallanzanii*, wo die Gewebeatmung weit energificher als bei den Säugern von Statten geht, vermittelt ein Körper die Sauerstoffaufnahme, welcher mit Sauerstoff imprägnirt, smaragdgrün erscheint und deshalb von *Ray Lankester*⁶⁰⁾ als Chlorocruorin bezeichnet wurde, des Sauerstoffs beraubt, aber eine rothe Farbe annimmt und so in das Erythrocrurin *Ray Lankester's* übergeht. Mittelft der Luftpumpe, mittelft Zuleitens von Wasserstoffgas oder von Kohlenfäure gelingt es nicht, das Chloro-

eruo \ddot{r} in von feinem Sauerstoffe zu befreien⁶¹); es bedarf dazu st \ddot{a} rkerer chemischer Agentien (des Schwefelammoniums oder der *Stokes'*-fchen L \ddot{o} sung), um an ihm einen, dem des lebenden Gewebes gleichen Effect zu erzielen. Bei *Sipunculus nudus*, wo die Intensit \ddot{a} t der Gewebeathmung eine geringere ist als bei jenem R \ddot{o} hrenwurme, besorgt das H \ddot{a} merythrin, welches schon nach l \ddot{a} ngerm Einleiten von Kohlenf \ddot{a} ure seines aufgenommenen Sauerstoffs verlustig wird, die Sauerstoff \ddot{u} bertragung; bei den meisten Gastropoden und Cru \ddot{f} taceen dient demselben Zwecke das mit einer noch geringeren Sauerstoff bindenden Kraft als das H \ddot{a} merythrogen ausgestattete H \ddot{a} mocyanogen, und bei den Warmbl \ddot{u} tern endlich, wo die St \ddot{a} rke der Gewebeathmung am meisten sinkt, gen \ddot{u} gt die Gegenwart des H \ddot{a} moglobins, um die lebenden Gewebe in den fernsten Bezirken des K \ddot{o} rpers mit Sauerstoff in ausgiebiger Weise zu versorgen.

Auch bei den Verdauungsf \ddot{a} ften ist es hochinteressant zu sehen, wie ein Stoff einem andern, functionell gleichwerthigen gegen \ddot{u} ber zur \ddot{u} cktritt. Es ist kein Grund daf \ddot{u} r einzusehen, da \ddot{s} bei den S \ddot{a} ugethieren die eiwei \ddot{s} haltige Kost durch zwei Enzyme bew \ddot{a} ltigt, da \ddot{s} die Eiwei \ddot{s} verdauung nicht ausschlie \ddot{s} lich von Pepsin oder ausschlie \ddot{s} lich von Trypsin besorgt wird, sondern da \ddot{s} der Organismus f \ddot{u} r die Eiwei \ddot{s} verdauung ein peptisches und ein tryptisches Enzym in seinem Secrete entsendet. Man ist geneigt, hier um so mehr an eine Luxusproduction zu denken, als selbst bei Wirbelthieren bald die peptische, bald die tryptische Wirkungsweise der Verdauungsf \ddot{a} fte der andern gegen \ddot{u} ber zur \ddot{u} cktritt, ja es kann auch die eine oder die andere dieser beiden Wirkungsweisen den s \ddot{a} mmtlichen Verdauungsf \ddot{a} ften bei einer Thierart (so z. B. die peptische bei *Cyprinus carpio*⁶²) fehlen. Die Substitution des peptischen durch das tryptische Enzym et vice versa tritt ganz besonders auff \ddot{a} llig bei den Mollusken, Arthropoden und W \ddot{u} rmern hervor⁶³). Bei Vertretern dieser Typen begegnet man in dieser Beziehung sehr bedeutenden individuellen Schwankungen, indem das Lebersecret des

einen Individuums nur ein peptisches, das eines andern zu derselben Art gehörigen Individuums dagegen nur ein tryptisches oder ein tryptisch + peptisches Enzym enthält. Untersucht man aber die Lebersecrete sehr vieler Exemplare ein und derselben Species, so erhellen aus der Summe schwankender Resultate die specifischen Eigenthümlichkeiten und die sehr bemerkenswerthen Abweichungen zwischen zwei organifatorisch nahe stehenden Arten. Das Lebersecret z. B. des gemeinen Flußkrebse enthält in der bei weitem größten Mehrzahl der Fälle trotz seiner constant sauren Beschaffenheit fast ausschließlich ein tryptisch wirkendes Enzym, das seines nächsten Verwandten, des Hummers, dagegen meist nur Homaropepsin, und bei den meisten anderen Krebsarten finden sich in dem Lebersecrete beide eiweißverdauenden Enzyme in ziemlich gleicher Menge vor. Auch bei den Landfchnecken und Würmern begegnet man ähnlichen Verschiedenheiten: das Lebersecret von *Helix pomatia* enthält nur Helicopepsin, das von *Arion empiricorum*, *Limax agrestis* und *L. cinereo-ater* dagegen vorwiegend ein tryptisches Enzym; das Leberdarmsecret von *Lumbricus terrestris* oder *L. complanatus* wirkt peptisch und ifotryptisch, während der in den Leberblasen der Aphrodite *aculeata* angesammelte Verdauungssaft nur Ifotrypsin führt.

Selbst die organischen Bestandtheile der Gerüstsubstanzen, von denen man eine ganz besondere Beständigkeit im Vorkommen erwarten sollte, variiren bei verschiedenen Species ein und derselben Thierklasse.

Viele Holothurien (z. B. *Holothuria tubulosa* und *H. Poli*) haben die seltsame Angewohnheit, bei unsanfter Berührung ihre gesammte Eingeweidemasse aus der Kloake zu werfen; einige andere Holothurienformen (z. B. *Synapta digitata*) zerstückeln sich unter diesen Umständen, und wiederum bei anderen Arten (z. B. bei *Stichopus naso*) erweicht in diesem Falle die derbe lederartige Hautdecke, von der man a priori gar nicht glauben würde, daß

sie einer Verschleimung überhaupt fähig wäre. Letztere Erscheinung beruht darauf⁶⁴), daß der Hautpanzer eine eiweißartige Substanz in großer Menge enthält, die in schwachen Salzlösungen außerordentlich leicht löslich ist; in den Schutzdecken gewisser Holothurienarten (z. B. *Thyone fusus*), welche beim Kochen eine leimartige Materie liefern und deshalb sich zur Trepangbereitung vorzugsweise eignen würden, fehlt jene den spontanen Auflösungsproceß bedingende Substanz so gut wie vollständig, und statt ihrer tritt darin das Tryptocollagen auf, während bei der Mehrzahl der Holothurien in den Hautschichten beide Stoffe nachzuweisen sind⁶⁵).

Ich habe im Vorhergehenden versucht, in groben Umrissen die Principien vorzutragen, von denen sich die Wissenschaft der vergleichenden Physiologie bei ihren Untersuchungen leiten läßt; es ist mein Wunsch gewesen, zu zeigen, daß auf diesem Felde an keinem Babelthurme gebaut, an keinem Werke gearbeitet wird, dessen Nutzen ein rein illusorischer ist, sondern daß, wie die mannigfachen Erfolge, welche in dieser Richtung schon jetzt erzielt sind, deutlich genug beweisen, hier ein Weg betreten wurde, der ausschließlich zum Verständnisse der wichtigsten Lebensvorgänge führt, und der betreten werden muß, wenn es in der Biologie mit der äußern Formbeschreibung, mit den rein morphologischen Erscheinungen nicht sein Bewenden haben soll. Ich habe darauf hingewiesen, daß die Assimilationsvorgänge, die Stoffmetamorphosen, die chemischen Proceße bei allen allgemein biologischen Fragen in erster Instanz in Betracht gezogen werden müssen, daß lediglich morphologische Verhältnisse, welche gleichsam Ueberproductionen des Lebens darstellen⁶⁶), hierbei nicht maßgebend sein können. Müßte, wie noch jetzt viele Forscher zu glauben scheinen, die Biologie bei den vitalen Proceßen, bei den Producten des Stoffwechsels, bei den Untersuchungen der äußeren Existenzbedingungen der Thiere thatsächlich Halt machen, dann würde sie wahrlich besser gethan haben, wenn sie überhaupt nicht angefangen hätte.

Von Uebergängen, von Verbindungsgliedern zwischen den einfachen und hoch differencirten Wesen wird sich bei den Untersuchungen der eigentlich vitalen Vorgänge allerdings nichts ergeben; denn Derartiges tritt nur bei Lebensproductionen auf, die in der Form, in einer Anordnung der Theile ihren Ausdruck finden. Bei keinem Lebensacte besteht, in gleicher Weise wie bei keinem chemischen Proceße, etwas Interimistisches von einigermaßen andauerndem Bestande, nichts was zur Annahme berechtigt, hier läge ein vollkommener, dort ein unvollkommener Lebensact vor; jeder Lebensproceß, jede chemische Umsetzung ist in ihrer Art so vollkommen, so vollständig, wie sie nur gedacht werden kann, und dasselbe gilt in dieser Hinsicht von jedem Lebewesen, wie schon *Claude Bernard* betonte⁶⁷). Entweder ein bestimmter Proceß findet statt oder er findet nicht statt, entweder ein bestimmtes Stoffwechselproduct wird gebildet oder es bildet sich nicht; Uebergänge, vermittelnde Zwischenglieder von zwei Proceßen in der Art, wie sie die vergleichende Anatomie sucht, gibt es in der vergleichenden Physiologie des Stoffwechsels nicht. Wie sich im Laufe dieses Vortrages genugsam zeigte, sind für die vergleichende Physiologie des Stoffwechsels nur die Substitutionen belangreich, welche ihren Ausdruck in der functionellen und substantiellen Analogie finden, und die Bearbeitung gerade dieses Kapitels der Biologie dürfte zu den schönsten Hoffnungen berechtigen.

Dem Nachweise, daß seit der Ablagerung der silurischen und devonischen Schichten ein außerordentlich beträchtlicher Zeitraum verfloßen ist, und daß deshalb bei der Entstehung der Arten die Länge der Zeit höchst wahrscheinlich eine wesentliche Rolle gespielt habe, kann nur morphologischerseits eine gravitirende Bedeutung für die Descendenztheorie beigemessen werden; denn die vergleichende Physiologie zeigt, daß die für's Leben wichtigsten Factoren, die vitalen Proceße, sich momentan verändern müssen. Plötzlich muß das erste Hämoglobinemolekül, plötzlich das erste Kreatin- und

Glykogenmolekül in einem lebenden Wesen entstanden sein; denn was hier der Augenblick nicht leistet, das vermögen ceteris paribus auch nicht Millionen Jahre. Von diesem Gesichtspuncte aus sind für die Biologie Bruchtheile eines Augenblickes so mächtig wie Aeonen.



Anmerkungen und Literaturnachweis.

¹⁾ *Krukenberg*, Das Verhältniß der Toxicologie zu den übrigen biologischen Disciplinen. Bolletino della Soc. adriatica di sc. nat. in Trieste. Vol. V. 1879. S. 72—85.

²⁾ *Drechfel, E.*, Ueber die Bildung des Harnstoffes im thierischen Organismus. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1880. S. 550—556.

—, Die fundamentalen Aufgaben der physiologischen Chemie. Ein academischer Vortrag. Leipzig. 1881.

³⁾ *Hoppe-Seyler, F.*, Ueber Gährungsprocesse. Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. II. 1878—79. S. 23.

⁴⁾ *Krukenberg*, Die Farbstoffe der Federn. Zweite Mitth. Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 154.

⁵⁾ *Wöhler, Fr.*, Versuche über den Uebergang von Materien in den Harn. *Tiedemann's* Zeitschr. f. Physiologie. Bd. I. 1824. S. 143—146.

—, Lehrbuch der Chemie von *J. J. Berzelius*. Bd. IV. Abth. I. Dresden. 1831. S. 376. Anm.

⁶⁾ *Jaffé, M.*, Ueber das Verhalten der Benzoesäure im Organismus der Vögel. Ber. d. d. chem. Gesellsch. X. Jahrg. 1877. S. 1925—1930.

⁷⁾ *Salkowski, E.*, Ueber die Taurocarbaminsäure. Ibid. VI. Jahrg. 1873. S. 744—746.

⁸⁾ *Bæhm, Rud.*, Ueber das Verhalten des Glykogens u. der Milchsäure im Muskelfleisch mit besonderer Berücksichtigung der Todtenstarre. Arch. f. gef. Physiol. Bd. 23. 1880. S. 44—68.

⁹⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Beiträge z. Chemie der contractilen Gewebe. Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. III. 1880. S. 197—220.

—, Untersuchungen der Fleischextracte verschiedener Fische u. Wirbellosen. Ibid. Bd. IV. 1881. S. 33—63.

—, Die näheren organischen Bestandtheile der Luvarus-Muskeln nebst einer allg. Betrachtung über den gegenwärtigen Stand der vergleichenden Muskelchemie. Vgl.-physiologische Studien. IV. Abth. 1881. S. 56—66.

Krukenberg, Weitere Untersuchungen z. vergl. Muskelchemie. Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 143—147.

¹⁰⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Beiträge z. Kenntniß der Respirationsvorgänge. Vgl.-physiol. Studien zu Tunis, Mentone u. Palermo. III. Abth. 1880. S. 66—123.

—, Weitere Beiträge z. Verständniß u. zur Geschichte der Blutfarbstoffe bei den wirbellosen Thieren. Vgl.-physiol. Studien. V. Abth. 1881. S. 49—57.

—, Zur vergl. Physiologie der Lymphe, der Hydro- u. Hämolymphe. Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 87—138.

¹¹⁾ *Krukenberg*, Ueber das Verhältniß der Leberpigmente zu den Blutfarbstoffen bei den Wirbellosen. Vgl.-physiol. Studien etc. III. Abth. 1880. S. 181—191.

—, Unterf. bitter schmeckender Evertrebratenlebern resp. deren Secrete auf Gallensäuren. Ibid. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 175—179.

¹²⁾ *Maly, R.*, Unterf. über die Mittel zur Säurebildung im Organismus u. über einige Verhältnisse des Blutes. Chem. Centralblatt. III. Folge. IX. Jahrg. 1878. S. 56—63 u. S. 73—80.

—, Notizen über die Bildung freier Schwefelsäure u. einige andere chemische Verhältnisse der Gastropoden, besonders von *Dolium galea*. Sitzungsber. d. k. Acad. d. Wiss. in Wien. II. Abth. März-Heft. 1880. S. 376—386.

¹³⁾ *Carius, L.*, Ueber eine neue Säure der Reihe $C_nH_{2n-2}O_2$. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 114. 1860. S. 147—156.

¹⁴⁾ *Liebig, J.*, Jahresber. f. die Fortschritte der Chemie. Für das Jahr 1850. S. 583 u. 584.

¹⁵⁾ *Gerlach, J.*, Ueber die Einwirkung von Farbstoff auf das lebende Gewebe. Wissensch. Mitth. der Erlanger physik.-medic. Gesellsch. 1858.

Krukenberg, Das Verhältniß der Toxicologie etc. L. c. S. 72 u. 75 ff. (Es sei bemerkt, daß es in diesem Aufsätze S. 76 Zeile 2 von oben, statt «bei der Morbus Brightii» selbstverständlich «bei morbus regius» heißen muß.)

—, Nachträge z. meinen vgl.-physiol. Unterf. über die Verdauungsvorgänge. Vgl.-physiol. Studien. V. Abth. 1881. S. 58—71.

Bunge, G., Ueber das Verhalten der Kalisalze im Blute. Zeitschrift f. physiol. Chemie. Bd. III. 1879. S. 69.

Koffel, Albr., Ueber die chemischen Wirkungen der Diffusion. II. Ibid. S. 210 u. 211.

¹⁶⁾ *Krukenberg*, Mangan ohne nachweisbare Mengen von Eisen in den Concretionen aus dem Bojanus'schen Organe von *Pinna squamosa*. Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. 1879. S. 287—289.

¹⁷⁾ *Strecker, Ad.*, Beobachtungen über die Galle verschiedener Thiere. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 70. 1849. S. 177.

¹⁸⁾ *Subbotin, V.*, Beiträge z. Physiologie des Fettgewebes. Zeitschr. f. Biologie. Bd. VI. 1870. S. 73—94.

¹⁹⁾ Vgl. *Semper, C.*, Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere. Leipzig. 1880. Th. I. S. 66 ff., S. 83 u. 84, S. 254 u. 255. Th. II. S. 278.

²⁰⁾ Eines der interessantesten Beispiele dieser Art bietet eine Papageienart, *Eclectus polychlorus Wagler*. Cf. *Krukenberg*, Die Farbstoffe der Federn. Zweite Mitth. L. c., S. 161—165.

²¹⁾ *Braun, A.*, Ueber das Vorkommen von Zink im Pflanzenreich. *Poggendorff's Annalen*. Bd. 92. 1854. S. 175—179 und *Journ. f. pract. Chemie*. Bd. 61. 1854. S. 317—320.

²²⁾ *Schmankewitich, W.*, Zur Kenntniß des Einflusses der äußeren Lebensbedingungen auf die Organisation der Thiere. Sonderabdruck aus: *Zeitchr. f. wiss. Zool*. Bd. 22. 1877.

²³⁾ *Grawitz, P.*, Beiträge z. systemat. Botanik der pflanzl. Parasiten mit exp. Unterf. über die durch sie bedingten Krankheiten. *Virchow's Archiv*. Bd. 70. 1877. S. 546—598.

²⁴⁾ *Heckel, E.*, De quelques phénomènes de la localisation de substances minérales chez les Articulés; conséquences physiologiques de ces faits. *Compt. rend. T. 79*. 1874. p. 512—514.

²⁵⁾ *Meyer, Herm.*, Die Architectur der Spongiosa. *Arch. f. Anat. u. Physiol*. 1867. S. 615—628.

²⁶⁾ Der für die verschiedenen Typen des Thierreichs wenig charakteristischen Größendifferenzen der Zellen gedenkt *Leydig* (Lehrbuch der Histologie. Hamm. 1857. S. 15) in folgenden Sätzen: «Man weiß, daß unter den Wirbelthieren bei den Vögeln und Säugern im Allgemeinen die Zellen und deren Derivate kleiner sind als bei Fischen und nackten Reptilien, und unter Letzteren überragen wieder die zelligen Theile des Landfalamanders und des Proteus die aller übrigen Wirbelthiere; doch ist zuzugestehen, daß eine strenge Durchführung dieses Satzes nicht wohl möglich ist, denn die Ganglienkugeln des Proteus z. B. scheinen mir kaum größer als die des Frosches zu sein. In den Gruppen der Wirbellosen dürfte es bei den Arthropoden an vielen Stellen (Darm der Insecten, Serikterien, Harngefäße etc.) größere Zellen geben, als bei Mollusken, Würmern etc, obschon auch hier bestimmte Organe (man denke z. B. an die großen Ganglienkugeln im Gehirn und die langen Cylinderzellen im Darm der Gastropoden) sehr umfangreiche Elementargebilde haben.»

²⁷⁾ *Bergmann* und *Leuckart* berührten bereits diesen Punct. In ihrer «Vergleichenden Anatomie u. Physiologie» (Stuttgart. 1855. S. 159) schreiben sie: «Während die Verschiedenheit der Form der Blutkörperchen bis jetzt zu keinen physiologischen Folgerungen Anlaß gibt, so kann man allerdings an die Größe derselben eine Bemerkung knüpfen, welche sich auf ihre Function bezieht. Es wird sich zeigen, daß die Blutkörperchen wahrscheinlich bei dem Acte der Athmung betheiligte sind, daß überhaupt jedes einzelne Blutkörperchen eine vorübergehende, vielleicht kurze Existenz besitzt. Denken wir uns nun

an der Oberfläche der Blutkörperchen eine Wechselwirkung zwischen denselben und der umgebenden Flüssigkeit, so ist es klar, daß die Intensität eines solchen Processes eine ihrer Bedingungen in der Summe der Oberflächen der Blutkörperchen hat, an welchen ein solcher Proceß geschieht; es wird dieser Proceß um so energischer vorzuehreiten können, je feiner vertheilt ein gewisses Quantum Blutkörperchensubstanz im Blute, oder mit anderen Worten, je kleiner die Blutkörperchen sind, gerade wie z. B. die Auflösung eines Salzes um so rascher möglich ist, je feiner man es gepulvert hat.» «Diese Ueberlegung scheint schon *Edwards* (De l'influence des agents phys. sur la vie. p. 283) angestellt zu haben.»

²⁸⁾ *Krukenberg*, Der physiologische Vergleich. Vgl. physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 8.

²⁹⁾ *Bunge, G.*, und *Schmiedeberg, O.*, Ueber die Bildung der Hippursäure. Archiv. f. exp. Pathol. u. Pharmacol. Bd. VI. 1877. S. 233—255.

³⁰⁾ *Kochs, W.*, Ueber eine Methode z. Bestimmung der Topographie des Chemismus im thierischen Körper. Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 20. 1879. S. 64—80.

—, Fortgesetzte Unterf. über die Bildung der Aetherschwefelsäuren im thierischen Organismus. Ibid. Bd. 23. 1880. S. 161—171.

³¹⁾ *Pflüger, E.*, Der lebendige Organbrei u. die Topographie des physiologischen Chemismus. Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 23. 1880. S. 172—175.

³²⁾ *Krukenberg*, Zur Kenntniß der organischen Bestandtheile der thierischen Gerüthsubstanz. Vergl. physiol. Studien. V. Abth. 1881. S. 1—37 und ibid., II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 21—75.

³³⁾ *Krukenberg*, Zur vergl. Physiologie der Lymphe etc. L. c.

³⁴⁾ **Tabellarische Zusammenstellung**

der Hämoglobin-Nachweise bei wirbellosen Thieren¹⁾.

(o bedeutet in der Tabelle, daß das Spectrum des O-Hämoglobins, o+r, daß daneben auch das des reducirten Hämoglobins beobachtet wurde.)

Würmer.

a) Dendrocöle Turbellarien.

Species.	Gewebe.	Art des Nachweises.	Beobachter.	Literaturangabe.
Parasitäre Planaria.	nicht angegeben.	spectroskopisch (o).	<i>Moseley.</i>	Nature. Vol. V. 4. Jan. 1872. p. 184.

¹⁾ Bei Protozoen, Cölenteraten und Echinodermen konnte das Hämoglobin bislang nicht nachgewiesen werden; Angaben über das Vorkommen Hämoglobin-ähnlicher Stoffe bei Echinodermen und einfacher organellirten Wesen liegen jedoch vor. So beschrieb *J. Rofignon* (Compt. rend. T. 43. 1856. p. 689) als eine dem Blute in ihren physikalischen wie äußeren chemischen Eigenschaften ähnliche Flüssigkeit, das in der Nähe des Dorfes de la Virtud bei Choluteca in Centralamerika aus trachytlischem Gesteine entspringende, an In-

b) Nemertinen.

Species.	Gewebe.	Art des Nachweises.	Beobachter.	Literaturangabe.
<i>Meckelia somatotomus</i> u. <i>Ehrenbergii</i> , <i>Polia geniculata</i> .	ausschließlich die Ganglien.	spektroskopisch (O).	<i>Hubrecht</i> .	Niederl. Arch. f. Zoologie. Bd. II. 1874—75. S. 99—130.
<i>Polia sanguirubra</i> .	Gefäßflüssigkeit.	spektroskopisch (O).	<i>Ray Lankester</i> .	Proceed. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 73.
<i>Drepanophorus rubrostriatus</i> u. <i>serraticollis</i> .	Gefäßflüssigkeit.	spektroskopisch (O).	<i>Hubrecht</i> .	l. c., S. 104—106.

c) Hirudineen.

<i>Hirudo</i> und <i>Nepheleis</i> .	Perivisceralflüssigkeit.	spektroskopisch (O).	<i>Ray Lankester</i> .	Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. IV. 1871. S. 320.
<i>Nepheleis</i> .	Perivisceralflüssigkeit.	Häminkryftalle (?) beobachtet in Form rothgefärbter tafelförmiger Blättchen etc.	<i>Leydig</i> .	Zeitfchr. f. wiff. Zool. Bd. I. 1849. S. 116. Lehrb. d. Histologie. 1857. S. 446 u. 447.

d) Chætopoden.

<i>Lumbricus terrestris</i> .	Perivisceralflüssigkeit.	Häminkryftalle u. Dichroismus.	<i>Rollett</i> .	Sitzb. d. k. k. Acad. d. Wissenfch. zu Wien. Bd. 44. 1861. S. 615 ff.
		spektroskopisch (O) u. Hämoglobinkryftalle.	<i>Preyer</i> ¹⁾	De hægoglobino observationes et experimenta. Dissertatio. Bonnæ. 1866. p. 9 et p. 10.
<i>Tubifex</i> , <i>Limnodrilus</i> , <i>Lumbriculus</i> , <i>Euchytræus</i> , <i>Naïs</i> , <i>Chaetogaster</i> .	(Vom Lymphraum getrennte Blutflüssigkeit.	spektroskopisch (O).	<i>Ray Lankester</i> .	Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. IV. 1871. S. 319 u. 320.
<i>Ophelia</i> , <i>Cirratulus</i> , <i>Terebella</i> , <i>Eunice</i> , <i>Nereis</i> .	separirte Blutflüssigkeit.	spektroskopisch (O).	<i>Ray Lankester</i> .	Journ. of Anat. and Physiol. Vol. II. 1868. p. 114. Proc. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 73 note.

fusorien reiche Quellwasser des Rio de Sangre. Nach *T. L. Phipson* (Compt. rend. T. 89. 1879. p. 316—318) soll sich ein dem Hämoglobin verwandter Körper bei einer Alge (*Palmella cruenta*) finden, und nach *Al. Föttinger* (Bull. de l'Acad. r. de Belgique. T. 49. 1880. p. 402—404 und Archives de Biologie Vol. I. 1881. p. 405—412) kommt in dem Wassergefäßsysteme von *Ophiactis vires* ein rothbrauner Farbstoff vor, dessen Spectrum, ähnlich dem des Hämoglobins, zwei Absorptionsbänder aufweist, ohne aber in anderen Eigenschaften mit diesem übereinzustimmen (cf. *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 94, Anm. 2.)

¹⁾ Auf Herrn Professor *Preyer's* gefällige Zuschrift hin, berichtige ich hiermit eine frühere Angabe (Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 110, Anm.), welche *Ray Lankester* die Priorität des spectralanalytischen Nachweises des Hämoglobins bei *Lumbricus* vindicirte. Später als *Preyer*, aber noch früher als *Ray Lankester* (November 1867) theilte auch *Naurocki* (Februar 1867) mit, daß sich der rothe hämolymphatische Farbstoff bei *Lumbricus* wie Hämoglobin verhalte.

Species.	Gewebe.	Art des Nachweises.	Beobachter.	Literaturangabe.
Arenicola piscatorum.	Blutflüssigkeit.	Häminkryftalle.	<i>A. Ewald.</i>	Meine Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. I. Abth. 1880. S. 165. Anm. 2.
		ſpectroſkopifch (O + r)	<i>Krukenberg.</i>	Vgl.-physiol. Studien. III. Abth. 1880. S. 79.
Capitella, Glycera.	Hämolymphtatiſche Körperchen.	ſpectroſkopifch (O + r).	<i>Ray Lanketter.</i>	Proc. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 72 and 73.
Nereis cultrifera.	Blutflüssigkeit.	Häminkryftalle u. ſpectroſkopifch (O + r).	<i>Krukenberg.</i>	Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 95 Anm.
Aphrodite aculeata.	Ganglienkette u. Pharynxmuskeln.	ſpectroſkopifch (O + r).	<i>Ray Lanketter.</i>	Proc. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 75.

e) Gephyreen.

Phoronis.	Hämolymphtat. Körperchen.	ſpectroſkopifch.	<i>Ray Lanketter.</i>	Proc. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 72 and 73.
Thalassema Neptuni.	Hämolymphtatiſche Körperchen, Muskeln, Cölomepithel, Cölombekleidung der Geflechttafeln.	ſpectroſkopifch (O + r).	<i>Ray Lanketter.</i>	Zool. Anzeiger. IV. Jahrg. Nr. 87. 1881. S. 350—353.

Arthropoden.

a) Crustaceen.

Lernanthropen u. Clavellen.	Hämatische Flüssigkeit.	ſpectroſkopifch.	<i>Éd. Van Beneden.</i>	Zool. Anzeiger. III. Jahrg. Nr. 47. 1881. S. 35—39 u. Nr. 48. S. 55 60.
Cheirocephalus diaphanus u. Daphnia.	Gefäßflüssigkeit.	ſpectroſkopifch.	<i>Ray Lanketter.</i>	Journ. of anat. and physiol. Vol. IV. 1869. p. 122.

b) Insecten.

Larve von Chironomus plumosus.	Gefäßflüssigkeit.	Häminkryftalle u. Dichroismus.	<i>Rollett.</i>	Sitzb. d. k. k. Acad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 44. 1861. S. 615 ff.
		ſpectroſkopifch.	<i>Ray Lanketter.</i>	Preyer, Blutkryftalle. Jena. 1871. S. 262.

Mollusken.

a) Lamellibranchiaten.

Solen legumen.	Hämolymphtatiſche Körperchen.	ſpectroſkopifch (O + r).	<i>Ray Lanketter.</i>	Proc. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 73 and 74.
----------------	-------------------------------	--------------------------	-----------------------	---

b) Gastropoden.

Species.	Gewebe.	Art des Nachweises.	Beobachter.	Literaturangabe.
Planorbis corneus.	Hämo- lymphe.	Spekro- fropifch (O + r).	<i>Ray Lankester.</i>	Journ. of anat. and physiol. Vol. II. 1868. p. 114. note 2.
		Hämin- kryftalle.	<i>Krukenberg und Mays.</i>	Vergl.-physiol. Studien. III. Abth. 1880. S. 77. Ann.
Limnaeus, Palu- dina, Littorina, Aplysia, Pa- tella, Chiton.	Gewiffe Mus- keln des Pha- rynix u. des Kauapparates.	Spekro- fropifch.	<i>Ray Lankester.</i>	Arch. f. d. gef. Phyfiol. Bd. IV. 1871. S. 315. Proc. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 72 and 76.

³⁵⁾ *Kölliker, A.*, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. IV. 1853. S. 364.

Ray Lankester, E., A Contribution to the Knowledge of Haemoglobin. Proceed. of the r. Soc. Vol. XXI. No. 140. 1872. p. 74 and 75.

Robin, Ch., Note sur quelques caractères et sur le coeur caudal des anguilles des Congres et des Leptocéphales. Journ. de l'anat. et de la physiol. 16 Année. 1880. p. 620.

³⁶⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. III. Abth. 1880. S. 66—78.

³⁷⁾ *Krukenberg*, *ibid.*, S. 82—99 u. II. Reihe. I. Abth. S. 111 Ann. 1.

³⁸⁾

Tabellarische Zusammenstellung

einiger Harnsäurebefunde bei wirbellofen Thieren.

(Als Ergänzung des Verzeichnisses in meinen „Vgl.-physiol. Studien“ II. Abth. 1880. S. 17—21.)

Nur die Angaben sind im Folgenden berücksichtigt, welche sich auf das Eintreten der Murexidreaction gründen.

Tunicaten.

Species.	Vorkommen.	Beobachter.	Literaturnachweis.
Molgula (spec.?)	Concremente a. d. <i>Bojanus</i> 'schen Organe.	<i>Lacaze- Duthiers.</i>	Arch. de Zool. expér. et gén. T. III. 1874. p. 309.
Phallusia mentula.	Darmdrüfen.	<i>Krukenberg.</i>	Vgl.-physiol. Studien. II. Abth. S. 22.

Mollusken.

Lutraria solenoides.	Concremente a. d. <i>Bojanus</i> 'schen Organe.	<i>Lacaze- Duthiers</i> u. <i>Riche.</i>	Ann. d. scienc. nat. Sér. IV. T. IV. p. 312.
Pleurobranchus Meckelii und testu- dinarius.	dito.	<i>Lacaze- Duthiers.</i>	Ibid. T. XI. 1859. p. 260.

Species.	Vorkommen.	Beobachter.	Literaturnachweis.
<i>Pleurobranchus marmoratus.</i>	<i>Bojanus'</i> sches Organ.	<i>Krukenberg.</i>	Vgl.-physiol. Studien. V. Abth. 1881. S. 70.
<i>Helix pomatia, nemoralis</i> und <i>hortensis.</i>	Nierenconcremente.	<i>C. Mylius.</i>	Journ. f. pract. Chemie. Bd. XX. 1840. S. 509—511.
Limax-Arten.	Excremente.	<i>Vogel</i> und <i>Reilchauer.</i>	Neues Repert. f. Chemie. Bd. VI. S. 357.
<i>Sepia officinalis.</i>	Nierenconcremente.	<i>Harleß.</i>	Arch. f. Naturg. Jahrg. XIII. 1847. S. 1.
		<i>Krukenberg.</i>	Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. 1879. S. 412.
		<i>Vigelius.</i>	Niederl. Arch. f. Zool. Bd. V. 1880. S. 129.

Arthropoden.

<i>Ixodes.</i>	Dejectionen der Larven und des Mutterthieres.	<i>Mégnin.</i>	Compt. rend. T. 83. 1876. p. 994.
Wespen- und Hornissenlarven.	Secret der <i>Malpighi'schen</i> Gefäße.	<i>C. Schmidt.</i>	<i>Müller's</i> Archiv. 1849. S. 62.
<i>Polistes gallica.</i>	Dejectionen bei der letzten Metamorphose.	<i>Audouin.</i>	Ann. d. scienc. nat. Sér. II. T. V. 1836. p. 134.
<i>Tachina larvarum, Sitaris humeralis, Bombyx bucephala, Ephippiger vitinum.</i>	Fettkörper.	<i>Fabre.</i>	Ann. d. scienc. nat. Sér. IV. T. VI. 1856. p. 168.
<i>Sphinx pinastri.</i>	Darminhalt der Puppen.	<i>Schwarzenbach.</i>	<i>Wittstein's</i> Vierteljahrsschr. f. pract. Pharm. Bd. VI. S. 430. Verhandl. d. med.-physik. Gef. zu Würzburg. Bd. VII. S. 235.
<i>Pieris rapae, Vanessa atalanta.</i>	Fettkörper.	<i>Leydig.</i>	<i>Müller's</i> Archiv. 1863. S. 197.
<i>Melolontha vulgaris.</i>	Körnchen in den einfachen u. gefiederten Gängen der <i>Malpighi'schen</i> Gefäße.	<i>Kölliker.</i>	Verh. d. med.-physik. Gef. zu Würzburg. Bd. VIII. S. 227.
<i>Pachytola textor, Meloë violacea, Hydrophilus piceus.</i>	<i>Malpighi'sche</i> Gefäße.	<i>Kölliker.</i>	Ibid. S. 230 ff.
<i>Cucujos.</i>	Leuchtorgane.	<i>C. Heine-mann.</i>	Arch. f. mikr. Anat. Bd. VIII. S. 469.

³⁹⁾ In befriedigender Weise konnte Harnsäure bei Krebsen bislang nicht nachgewiesen werden (cf. meine «Vergl.-physiol. Studien» II. Abth. 1880. S. 20 u. 28). *M. Weber* (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 19. 1881. S. 610—612) gab jüngst an, Urate bei *Trichoniscus* und anderen Onisciden (*Asellus*) im Fettkörper zu beiden Seiten des Darmes gefunden zu haben; doch auch seine Ansicht gründet sich nicht auf die Murexidreaction, sondern vorwiegend auf die Löslichkeit der Concremente in concentrirter kohlenfaurer Lithionlösung.

⁴⁰⁾ *Krukenberg*, Unterf. der Fleischextracte etc. L. c., S. 42, Anm. 1.

⁴¹⁾ *Krukenberg*, Die Farbstoffe der Federn. Vgl.-physiol. Studien. V. Abth. S. 72—99 und II. Reihe. I. Abth. S. 151—171.

⁴²⁾ *Krukenberg*, Ueber einen blauen Farbstoff, welcher sich auf feucht gehaltenem Fibrin bildete. Vgl.-physiol. Studien. V. Abth. S. 43—48.

⁴³⁾ *Neellen, F.*, Unterf. über Bacterien. X. Studien über die blaue Milch. Beiträge z. Biologie der Pflanzen, herausgegeben von *F. Cohn*. Bd. III. 1880. S. 187—248.

⁴⁴⁾ *Weismann, A.*, Die Metamorphose der *Corethra plumicornis*. Leipzig. 1866.

Mégnin, Note sur la faculté qu'ont certains Acariens, avec ou sans bouche, de vivre sans nourriture pendant des phases entières de leur existence, et même pendant toute leur vie. Compt. rend. T. 83. 1876. p. 993—995.

⁴⁵⁾ *Wernicke, R.*, Zur Physiologie des embryonalen Herzens. Jena. 1876.

Krukenberg, Vgl.-physiol. Studien. III. Abth. S. 153, Anm. 3.

⁴⁶⁾ *Soltman, O.*, in Jahrb. f. Kinderheilkunde etc. N. F. Bd. XI. 1877. S. 101.

Langendorff, O., Ueber den Nervus vagus neugeborener Thiere. Sep.-Abdr. a. d. Breslauer ärztlichen Zeitschrift. 1879. Nr. 24.

⁴⁷⁾ *Harting, P.*, Les chromatophores des embryons de *Loligo vulgaris*. Niederl. Archiv f. Zoologie. Bd. II. 1874—75. Suppl. S. 8—25.

⁴⁸⁾ *Krukenberg*, Der Mechanismus des Chromatophorenspieles bei *Eledone moschata*. Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. I. Abth. S. 1—37.

⁴⁹⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Abth. S. 61, V. Abth. S. 33 ff. und II. Reihe. I. Abth. S. 33 u. 34.

⁵⁰⁾ *Krukenberg*, Vergl.-physiol. Beiträge z. Chemie d. contractilen Gewebe. L. c. S. 117 ff.

⁵¹⁾ *Hubrecht, A. A. W.*, Unterf. über Nemertinen aus dem Golf von Neapel. Niederl. Archiv f. Zoologie. Bd. II. 1874—75. S. 99—130.

⁵²⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. I. Abth. S. 55 u. 56.

⁵³⁾ *Krukenberg*, Ueber die Enzymbildung in den Geweben u. Gefäßen der Evertbraten. Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univerf. Heidelberg Bd. II. S. 338—365.

—, Nachtrag zu den Unterfuchungen über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten u. Echinodermen. Ibid. S. 366—377.

Krukenberg, Ueber den Verdauungsmodus der Actinien. Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. I. Abth. S. 38—56.

—, Weitere Studien über die Verlaauungsvorgänge bei Wirbellosen. Ibid. S. 57—76.

—, Zur Kritik der Schriften über eine fog. intracellulare Verlaauung bei Cölenteraten. Ibid. II. Reihe. I. Abth. S. 139—142.

⁵⁴⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. V. Abth. S. 58.

⁵⁵⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Beiträge z. Kenntniß der Verdauungsvorgänge. Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 1—45.

—, Zur Verdauung bei den Krebsen. Ibid. Bd. II. S. 261—272.

—, Ueber die Enzymbildung etc. L. c.

—, Nachtrag z. den Unterf. über die Ernährungsvorgänge etc. L. c.

—, Ueber die Verdauungsvorgänge bei den Cephalopoden, Gastropoden u. Lamellibranchiaten. Ibid. S. 402—417.

—, Notizen z. Literatur über die vgl. Physiologie der Nutritionsproceffe. Ibid., S. 418—423.

⁵⁶⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 105 u. 106.

⁵⁷⁾ *Krukenberg*, Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten u. im Eidotter vom Huhne. Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 273—286.

⁵⁸⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. III. Abth. S. 111—123 u. V. Abth. S. 49—57.

⁵⁹⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. III. Abth. S. 100—104 u. V. Abth. S. 49—57.

Fredericq, L., Sur le sang des Insectes. Bull. de l'Acad. r. de Belgique. 50^{me} Année. 3^e Sér. T. I. 1881. p. 487—490.

⁶⁰⁾ *Ray Lankeller, E.*, Preliminary notice of some observations with the spectroscope on animal-substances. Journ. of anat. and physiol. Vol. II. 1868. p. 114—116.

—, Ueber den Einfluß des Cyangases auf Hämoglobin nach spectrosk. Beobachtungen. Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. II. 1869. S. 493.

—, Abstract of a report on the spectroscopic examination of certain animal substances. Journ. of anat. and physiol. Vol. IV. 1870. p. 119—129.

Da nach *Preyer*, entgegen der Einsprache *Ray Lankeller's* (cf. meine Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 109, Anm. 1) das Spectrum des Cyanwasserstoffhämoglobins (cf. *Preyer*, Blutkrytalle. Taf. I. Nr. 12) aus dem Hämoglobin durch Behandlung mit Cyankalium und Schwefelammonium erhalten wird, so bleibt es vorerst zweifelhaft, ob bei demselben Verfahren aus dem Chlorocruorin derselbe Körper als aus dem Hämoglobin entsteht, ob beiden Farbstoffen, wie *Ray Lankeller* glaubt, ein gleiches Radical zu Grunde liegt.

⁶¹⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 109 u. 110.

⁶²⁾ *Krukenberg*, Verfuche z. vergl. Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen. Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 327—340.

—, Zur Verdauung bei den Fischen. *Ibid.* Bd. II. S. 385—401.

—, Notizen z. Lit. über die vgl. Physiol. der Nutritionsproceffe. L. c.

⁶³⁾ Siehe Note 55.

⁶⁴⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 35 ff.

⁶⁵⁾ *Krukenberg*, *Ibid.* S. 39—44.

⁶⁶⁾ *Cf. Bernard, Cl.*, Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. T. I. Paris. 1878.

⁶⁷⁾ *Bernard, Cl.*, Recherches sur une nouvelle fonction du foie. *Ann. des scienc. nat. Zoologie.* 3^e Sér. T. XIX. 1853. p. 340.



II.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

VERDAUUNG.



CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Verdauung.

Während Chlor und Wasser sich am Lichte zu Salzsäure und Sauerstoff umsetzen, wird die Jodwasserstoffsäure durch den Sauerstoff der Luft unter Abcheidung von Jod oxydirt. Erst mit Hülfe der Electrolyse gelingt es, aus der Salzsäure und der Bromwasserstoffsäure die Halyle abzuspalten. Genau der nämlichen verschiedenen Widerstandsfähigkeit begegnen wir bei, unter sich analog zusammengesetzten Kohlenstoffverbindungen. So erleidet der Schwefelkohlenstoff schon beim Aufbewahren an der Luft durch die Einwirkung des Lichtes eine tiefgreifende Veränderung, indem aus ihm mercaptanartige Körper hervorgehen¹⁾; die Kohlen- säure läßt sich dagegen erst durch stärkere Agentien (wie bei der Synthese der Ameisensäure von *Kolbe* und *Schmitt*²⁾ oder der Oxal- säure von *Drechfel*³⁾) ihres Sauerstoffs, und alsdann auch nur theil- weise berauben. Aber eine große Classe unter den lebenden Wesen besitzt die Fähigkeit, allein unter Lichteinfluß die Kohlen- säure zu desoxydiren, und zwar geschieht das, ähnlich wie bei der Um- wandlung des Schpurpurs in Schgelb⁴⁾, am leichtesten durch die gelben resp. durch die gelbgrünen Strahlen, nicht durch die ultra- violetten, welche sich bei anderen chemischen Spaltungen als die wirksamsten erweisen. Es sind, wie allgemein bekannt ist, die Chlorophyll-führenden Pflanzenzellen und die Chlorophyll-führenden

Chloro-
phyll-
function.

Thierzellen, welche ihren Bedarf an organischer Substanz der Kohlenfäure direct entnehmen, und welche außer diesem, in seinem Zustandekommen uns bislang völlig dunkel gebliebenen Vermögen keiner weiteren Vorkehrung bedürfen, um ein anderes organisches Nährmaterial ihrem Stoffwechsel zugänglich zu machen.

Mit großem Unrechte hat man stets den Ernährungsmodus der Chlorophyll-haltigen Zellen — von dem wir nicht einmal wissen, ob er sich nicht auch ohne Chlorophyll und selbst im Dunkeln vollziehen kann, ja ob er nicht unter diesen Verhältnissen, wie es nach *Armand Moreau's* Untersuchungen⁵⁾ für die, mit der Außenwelt nicht communicirenden Schwimmblasen mehrerer Fische allen Anschein hat, thatsächlich existirt, — mit der Ernährung der Chlorophyll-führenden Pflanze oder des Chlorophyll-bildenden Thieres identificirt; denn erscheint, wie angenommen wird, bei den meisten Organismen die Stärke und vielleicht auch fettés Oel unter den ersten synthetischen Producten⁶⁾, zu welchen die Kohlenfäurezerfetzung führt, so liegt es als selbstverständlich auf der Hand, daß zur Verwendbarmachung dieser unlöslichen und als solche unassimilirbaren Stoffe noch Mittel verlangt werden, um auch die Chlorophyll-freien oder, richtiger gesagt, diejenigen Gewebelemente des Körpers, welche des Vermögens der Kohlenfäurezerfetzung entbehren, an diesem Selbsterwerb participiren zu lassen.

Begriff der
Verdauung.

Die Proceffe nun, durch welche die aus der Kohlenfäure entstandenen, in den Körperflüssigkeiten schwer- oder unlöslichen Materien (Stärke, Fett und gewisse Eiweißsubstanzen) durch lebende Wesen resp. durch deren (Zerfalls- oder Secret-)Producte in lösliche Stoffe übergeführt werden, faßt man unter dem Begriffe der Verdauung zusammen, und wir unterscheiden dieselbe auf's Bestimmteste ebenföhr von den übrigen vitalen Umsetzungen und ganz speciell von der Assimilation (d. i. die Anbildung lebender Substanz) wie von der Resorption (d. i. die protoplasmatische resp. intracelluläre Aufnahme flüssiger oder in Lösung befindlicher Materien).

Vitale und
secretive
Verdauung.

Verdauung
eine all-
gemeine
Lebenser-
scheinung.

Die Verdauungsvorgänge werden nach der Natur ihres Agens in protoplasmatische resp. cellulare und in secretive unterschieden, und dem entsprechend wird auch ihr Zustandekommen auf vitale (fog. organifirte Fermente) oder chemische (lösliche Fermente oder Enzyme) Wirkungsweisen bezogen, ohne daß jedoch bislang sicher entschieden werden konnte, ob sich die protoplasmatische resp. cellulare Verdauung ausnahmslos nur durch die fog. geformten Fermente vollzieht. Der Vorgang der Digestion, speziell die protoplasmatische resp. cellulare Verdauung ist, wie *Bernard*⁷⁾ zuerst erkannte (aber dabei insofern schlecht unterschied, als er nicht die protoplasmatische resp. cellulare Verdauung der secretiven, sondern die «propriété digestive» der «fonction digestive» gegenüberstellte), eine Allgemeinercheinung des Lebendigen; ihre Betrachtung fällt demnach an erster Stelle der generellen Physiologie anheim, und unsere erste Aufgabe würde eigentlich nur die sein, zu untersuchen, wo in der lebenden Welt die enzymatische Verdauung einsetzt und sich der rein cellularen Verdauungsweise hinzugesellt. Wenn ich mich trotz *Bernard's* ausführlicheren Auseinandersetzungen verleiten lasse, einen Schritt auf das Feld der allgemeinen Physiologie zu thun, so glaube ich dieses Vorgehen dadurch entschuldigen zu können, daß es für das Verständniß vergleichend physiologisch wichtiger Thatfachen unbedingt nöthig ist, die bei ihrer Zusammenstellung maßgebenden Principien, welche durchweg auf allgemein physiologischen Anschauungen fußen, genau zu kennen.

Ist es doch keineswegs so ganz leicht sich ohne Weiteres vorzustellen, daß jedes lebende Wesen im Besitz eines Verdauungsvermögens ist; gibt es doch selbst viele Thiere, welche — ganz abgesehen von den Formen, welche ein fog. latentes Leben⁸⁾ führen (d. h. welche todt, aber lebensfähig sind) — monate-, jahrelang ohne Trank und Speise zu leben vermögen, andere, welchen der, von ihren Eltern überkommene Vorrath an Reservematerial für das ganze Leben ausreicht, und endlich auch solche,

welche als echte Parasiten, nach Art eines Tumor in den gefunden Geweben eines anderen Thieres wurzeln und von diesem wie das eigene Fleisch und Blut mit bereits verdauten, resorbirten und eigens präparirten Nährstofflösungen getränkt werden.

Leben ohne
Nahrung.

Darf ich an einige diesbezügliche Beispiele erinnern, so sei erwähnt, daß besonders Gastropoden lange Zeit ohne Nahrung auszuhalten vermögen. So fand *Wollaston*⁹⁾ *Helix papilio* *Lowe* und *H. tectiformis*, die am 1. Mai 1848 auf der Insel Porto Santo in Schächtelchen gepackt waren, beim Oeffnen am 19. October 1850 noch lebend, und im Britischen Museum wurden Schnecken, welche mit ihren Gehäusen aufgeleimt, jahrelang in der Sammlung aufgestellt gewesen waren, plötzlich durch besonders günstige Witterungsverhältnisse zum Davonkriechen veranlaßt¹⁰⁾.

Leben auf
Kosten von
Reserve-
material.

Die Verhältnisse, wo das Mutterthier für die lebenslängliche Ernährung seiner Nachkommenschaft sorgt, werden wohl am besten exemplificirt durch die Resultate der Untersuchungen von *Mégnin*¹¹⁾ an Acarinen. Binnen eines Monates erhielt dieser Forscher von einem afrikanischen *Ixodes*-Weibchen 12,000 Eier (von durchschnittlich $\frac{1}{2}$ mm. im Durchmesser und erfüllt von gelbbraunem Dotter), aus denen nach $4\frac{1}{2}$ —6 Wochen Larven mit Augen, aber ohne erkennbare Respirationsorgane hervorgingen. Obgleich *Mégnin* die Larven auf verschiedene Weise zu füttern versuchte, nahmen sie doch durchaus keine Nahrung auf. «La présence d'une bonne provision de nourriture en réserve dans leur estomac et qui vient de leur mère donne explication du fait.» Ganz in gleicher Weise leben auch die mundlosen Acarinenlymphen aus den Gattungen *Hypopus*, *Homopus*, *Trichodactylus*, *Astomes*, *Cellularis* etc. ohne Nahrung. Aus den *Ixodes*-Larven gehen Weibchen und Männchen hervor; während aber die Weibchen später enorme Mengen von Blut aufnehmen, gehen die Männchen bald nach der Begattung zu Grunde, ohne — wie schon ihre zur Nahrungsaufnahme untauglich gewordenen Mundwerkzeuge bekunden —

während ihres ausgebildeten Zustandes auch nur ein einziges Atom von Nahrung zu sich genommen zu haben.

Aber noch überboten werden diese Absonderlichkeiten von der ^{Ernährung} _{der} ^{Parasiten.} Ernährungsweise einiger parasitären Wesen. An der ventralen Fläche des Abdominalanhanges von *Carcinus mænas* findet man nicht selten eine gelbliche gefüllte Blase, welche sich bei näherer Untersuchung als der Genitalfack einer anderen Krebsart (*Sacculina carcini Thompson*) ausweist, bei der fast alle übrigen Organe vollständig degenerirt sind. Dieser sackförmige Krebskörper besitzt eine einzige Oeffnung am hintern Pole, während der vordere, als ein kurzer Anhang wurzelförmige Ausläufer entsendet, die Stomatohizen oder Radicellen. Letztere Gebilde bestehen aus feinen Röhren, gefüllt mit milchiger Materie und durchsetzen, ähnlich wie die Hautporien der Cuscutaceen, die Gewebe des Wirthes. So lagern sie sich bei *Carcinus* besonders um den Verdauungstractus bis zum Oesophagus hin; sie dringen in die Leber, in die Geschlechtsorgane, in die Muskulatur der Sternalregion, ja bis in die Spitzen der Füße. Frei davon bleiben aber das Herz, die Kiemen und das centrale Nervensystem, und so erklärt sich, warum der *Carcinus* sich auch alsdann noch der besten Gesundheit zu erfreuen scheint, wenn er zwei oder drei Parasiten zu versorgen hat¹²⁾.

Ein noch feltfamerer parasitischer Krebs (*Laura Gerardiae*) lebt nach *Lacaze-Duthiers'* Beschreibung¹³⁾ in dem Korallpolypen *Gerardia tuberculata Lam.* In das Cönosark der *Gerardia* tief versenkt, ruht in Gestalt einer nierenförmigen Kapfel von rosa und violetter Farbe der von einem hornigen Panzer umhüllte 1 cm. lange Körper der *Laura*. Der Panzer des Parasiten ist von Canälen durchsetzt, die nach außen durch dünne, von feinen Filamenten (Sternhaare) umstellte Membranen geschlossen sind, nach innen zu aber mit einem Capillarsysteme in Verbindung stehen. Die Sternhaare der *Laura* gleichen nach *Lacaze-Duthiers'* Ansicht den Stomatohizen oder Radicellen der *Sacculina*; sie besorgen die

Reforption der Gerardia-Säfte, welche durch das Secret der sich im Panzer vielfach verästelnden Leberfhläuche die für's Leben der Sacculina geeignete Beschaffenheit erhalten.

Am überraschendsten war jedoch die Kunde, daß bei einigen Räderthieren und Krebsen (Lernæaden) das Männchen das Weibchen als Wirth benutzt; auf diesem nicht nur sesshaft wird, sondern nach Art der echten Parasiten sich von dessen Chymus oder Körperflasse nährt. Ein merkwürdiges Beispiel dieser Art bietet ferner eine, auch ihres grünen Pigmentes (Bonellein) wegen sehr interessante Gephyree des Mittelmeeres, die *Bonellia viridis* G.¹⁴).

1868 fand *Kowalevsky* bei seinen Bonellien, welche ebenso wie die früher von *Lacaze-Duthiers* unterfuchten, ausschließlich weiblichen Geschlechtes waren, im ausführenden Abschnitte des Eibehälters eine Anzahl kleiner planarienähnlicher Schmarotzer, die sich ihrerseits sämmtlich als Männchen auswiesen. Er sprach deshalb diese parasitären Wesen, wiewohl mit einer gewissen Reserve, als zwerghaft gewordene Bonellienmännchen an und forderte zu erneuten Unterfuchungen auf. *Catton* und *Marion* folgten zuerst seiner Aufforderung und stimmten seiner Auffassung bei, welche später auch in *Vejdovsky* — der entdeckte, daß bei *Bonellia* eine wahre Polyandrie existirt — und in *Selenka* ihre Vertreter fand; nur *Greef* glaubte anfangs, daß die fraglichen Thiere Turbellarien seien, gab diese Ansicht aber sehr bald wieder auf. Seitdem nun auch durch *Spengel* die Entwicklungsgeschichte des Bonelliamännchens bekannt geworden ist, dürfte der Beweis für die Richtigkeit von *Kowalevsky's* scharffinniger Idee zur Genüge erbracht sein. *Vejdovsky's* Beobachtungen führten zugleich zu dem interessanten Ergebnisse, daß die Männchen vom Weibchen für gewöhnlich im Vorderdarne ernährt werden und erst zur Zeit, wo die Eier in den Eibehälter gelangen, aus dem Darmrohre in den Eileiter wandern, um die Befruchtung des Eies zu Stande zu bringen.

Wie steht es nun bei diesen Thieren, die wir gar nicht fressen

oder nur bereits verdaute Nahrung aufnehmen sehen, mit der Verdauung? Besitzen sie eine solche, verdauen sie oder verdauen sie nicht? Ist vielleicht speciell bei den parasitären Wesen diejenige der beiden Möglichkeiten verwirklicht, wo der lebende Thierleib das zum Aufbau, oder besser gesagt zum fortdauernden Wiedereersatz seiner verschiedenen Bestandtheile außerordentlich mannigfache und z. Th. sehr complicirte Material fertig vorgebildet und zusammengefügt aufnimmt?

Das Leben ohne Nahrungszufuhr von außen verliert als ein außergewöhnlich protrahirter Hungerzustand (ermöglicht durch reichlichen Reservenvorrath oder bei geringerer Verproviantirung durch einen, mit den Lebensäußerungen allerdings nothwendig verbundenen, aber höchst unbedeutenden Stoffverbrauch) kein Widersprechendes, und es ergibt sich ohne Weiteres, daß auch diese Thiere ohne eine cellulare Verdauung nicht fortzubestehen vermögen. Etwas anders liegt zur Zeit die Sache bei den parasitären Formen, welche ohne functionirenden Verdauungstractus (wie z. B. bei den Gregarinen, Opalinen, Cestoden und Acanthocephalen) sich mittelst der äußern Haut von dem Chymus oder endo- resp. ectoparasitisch von den Körperflüssigkeiten anderer Thiere beständig und fortgesetzt ernähren; denn es wäre immerhin denkbar, daß bei diesen den einzelnen lebensthätigen Gewebelementen die Nährlösung von Seiten des Wirthes unmittelbar in der Beschaffenheit zuginge, welche für die Ausübung ihrer Lebensfunctionen gefordert wird. Untersuchungen, durch welche diese, wie es scheint, ziemlich allgemein gemachte Annahme einen irgendwelchen Anhalt gewinnen könnte, liegen gegenwärtig nicht vor, und ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich auf Grund anderweitiger Thatfachen einer anderen Auffassung den Vorzug gebe.

Obgleich die ecto- wie endoparasitären Species auf verschiedenen Wirthen organisatorisch meist von einander abweichen, viele Parasiten auf ein einziges Thier oder auf nur wenige Thierarten

im Vorkommen beschränkt sind, und sich hieraus, obgleich diese Thatfachen auch anders interpretirt werden können, eine innige Beziehung zwischen dem Schmarotzer und dem Nährboden erschließen läßt, so bin ich doch der Meinung, daß der Parasitismus nur eine extracellulare, eine secretive Verdaungsweise entbehrlich machen, daß nur diese mit ihren Consequenzen bei Parasiten degeneriren, ja völlig obliteriren kann, — niemals aber die cellulare Verdaung, niemals ferner, was ziemlich offen zu Tage liegt, ein typisches Resorptions- und typisches Assimilationsvermögen. Ja ich zweifle nicht, daß die Gewebszusammensetzung eines Schmarotzers von der seines Wirthes stets erheblich abweicht, und daß jenem selbst nicht die Stoffwechselvorgänge fehlen, welche zur Bildung eines eigenartigen Körperstoffes führen. So sehr auch die Folgen eines andauernden Parasitismus sich in der Abnahme der Organisation bemerkbar machen, so werden die vitalen Prozesse des Schmarotzers doch davon nicht tangirt. Die Ernährungsweise des heruntergekommensten Eingeweidewurmes wird nicht anders verlaufen als die vieler sanguifugen Anneliden, und was die Verdaung betrifft, auch wohl kaum verschieden von der einiger blutsaugenden Wirbelthiere. Die uns bei Schmarotzern bekannt gewordenen Organisationsverhältnisse und Stoffwechselproducte weisen ebenso wie die an höheren Thieren gewonnenen Thatfachen, welche für die allgemein biologischen Begriffe bislang fast ausschließlich maßgebend waren, darauf hin, daß diese Anschauung die richtige ist.

Jede lebende Thier-species besitzt, wenn nicht alles täuscht, eine Körperflüssigkeit von eigenartiger Zusammensetzung, welche sie sich aus dem aufgenommenen Nährmaterial, einerlei wie ihr dasselbe zufließt, selbst präpariren muß, und wie sehr der Fortbestand der einzelnen lebenden Elemente jedesmal an eine ganz bestimmte Zusammensetzung des umgebenden und zugleich ernährenden inneren Mediums gebunden ist, lehren mannigfache Erfahrungen zur Genüge. In ähnlicher Weise, wie auf gewisse, chemisch äußerst passiv

sich verhaltende Stoffe oft nur ein einziges oder nur sehr wenige Gewebe, alsdann aber meist sehr energisch reagiren, wie das der Befruchtung bedürftige Ei zu seiner Weiterentwicklung eine ganz bestimmte Sorte von Samenelementen verlangt, so ist auch die Existenz vieler lebenden Gewebe an eine Flüssigkeit gebunden, der normal eine unglaublich constante Zusammensetzung in mancher Hinsicht bewahrt zu werden scheint. An Säugethieren, welche einen Chymus von annähernd gleicher Beschaffenheit durch ihre Darmzotten resorbiren, haben die Transfusionen der jüngst verflohenen Jahre gelehrt, daß die Infusion verhältnißmäßig geringer Quantitäten eines fremdartigen Blutes (d. h. eines Blutes von Thieren anderer Species) für das Versuchsthier leicht gefahrvoll wird, daß wenn z. B. bei einem Hunde 20% der ursprünglichen Blutmenge durch Lammblood ersetzt werden, gewöhnlich schon am ersten oder zweiten Tage der Tod eintritt, und die variablen Resultate der Uebertragung von Infectionskrankheiten zeigen, wie sehr empfindlich selbst die niedrigst stehenden Lebewesen für die den nackten Zellen- oder Protoplasmaleib umspülenden Flüssigkeiten sind; zugleich folgt aus diesen Beispielen — ebenso wie aus den Mißerfolgen, maligne Geschwülste von einem Individuum auf ein anderes zu übertragen — in welcher, für die vitalen Proceß gravitirenden Weise die Körperflüssigkeiten nahestehender Formen verschieden zusammengesetzt sind. Schließlich will ich auch nicht unterlassen daran zu erinnern, daß, wie schon *Berzelius* für Albuminlösungen und andere Forscher für fremdartiges Blut oder Serum nachgewiesen haben, selbst die nahrhafteste Kost direct in das Blut gebracht, bei Säugethieren nur Albuminurie erzeugt.

Ist es mir aus den angeführten Gründen (deren Summe sich voraussichtlich noch beträchtlich vermehren läßt, wenn die mitgetheilten Erfahrungen an Warmblütern leitend für Versuche an Kaltblütern und speciell an wirbellosen Thieren geworden sind) schon höchst wahrscheinlich, daß die allgemeinen Ernährungs-

vorgänge der freilebenden und der parasitären Formen im Grunde nicht von einander abweichen, daß letzteren nur die intestinale Verdauung erspart bleibt, so liegen zugleich positive Beweise dafür vor, daß wenigstens einigen und zwar den typischsten Parasiten (Gregarinen, Cestoden) jedenfalls eine cellulare Verdauung nicht mangelt; denn auch diese besitzen ihre, wie man wohl annehmen darf, selbst producirten Reservestoffe (von denen außer fettartigen Materien das Glykogen von *Rindfleisch*¹⁵⁾ bei Cestoden [für *Tænia* und *Cysticercus* bestätigt von *Bernard*¹⁶⁾ und speciell für *Tænia serrata* von *Fredericq*¹⁷⁾] und von *M. Folter*¹⁸⁾ bei *Ascaris lumbricoïdes* nachgewiesen wurde), die unter gewissen Umständen sicherlich wieder in Lösung gehen und aufgebraucht werden; sie (Cestoden) besitzen auch, wie *Sommer* und *Landois*¹⁹⁾, *Kahane*²⁰⁾ und *Pinthner*²¹⁾ nachgewiesen haben, ein mit der Außenwelt nicht communicirendes (*Kahane* u. *Pinthner*) «plasmatisches Canalystem» (*Sommer* u. *Landois*).

Ernährung
der Amorpho-
zoen u.
Infusorien.

Die Verhältnisse bei den reinen Parasiten leiten uns unmittelbar zu den Ernährungsvorgängen der Amorphozoen und Infusorien. Auch diese Wesen ernähren sich nicht einfach auf dem Wege der Endosmose, wie *Dujardin* annahm, sondern sie resorbieren, sie assimilieren und sie verdauen; letzteres zwar nicht, wie ich, um nicht missverstanden zu werden, hier abermals ausdrücklich betonen will, vermöge enzymatischer Secrete, sondern die lebende Substanz selbst besorgt in einer, zum Ueberfluß oft beschriebenen Weise sowohl die Verflüssigung aufgenommener Nährbestandtheile als die abgechiedener Eiweißkörper (wie z. B. nach *K. Brandt's* Beobachtungen²²⁾ bei den Heliozoen die Auflösung junger Acanthinfacheln) und der als Reservestoffe zu betrachtenden Kohlehydrate, von denen Glykogen von *Certes* bei Infusorien, Stärke, amyloïde oder paramyloïde Substanz von *Gottlieb*, *Schneider*, *Auerbach*, *Rouget* und *Büttchli* bei Amöben, Gregarinen und Infusorien nachgewiesen wurden²³⁾.

Ob nun bei dieser protoplasmatischen resp. cellularen Verdauung Enzyme, und wie weit dieselben eventuell betheiligt sind oder ob, wie wir Ursache haben, bei Bacterien und Vibrionen anzunehmen, das Verdauungsvermögen mit dem Tode ausnahmslos erlischt, — darüber, sage ich, wissen wir nichts, trotzdem schon ein eiweißverdauendes Enzym mit sehr wirkfamen Eigenschaften aus nackten Protoplasmamaffen (*Aethalium septicum*) extrahirt²⁴⁾ und auch eine saure Reaction am Protoplasma und an Flüssigkeiten bei Amöben und Infusorien von *Engelmann*²⁵⁾ und *K. Brandt*²⁶⁾ constatirt wurde. Erwähnen will ich noch, daß verhältnißmäßig nur sehr wenige, in Lösung befindliche Substanzen von der Sarkode der Protisten — analog dem Krappfarbstoffe von Geweben höherer Thiere (von den Knochen, dem Schmelz und der Eburnea der Zähne; vom Eierweiß bei Fischen und Vögeln, von der Eihale, der Schleimhaut des Oviductes, des Kaumagens und des Kropfes beim Huhne; vom Spinndrüsensecret bei *Bombyx* etc.) — als solche aufgenommen werden; erst jüngsthin gelang es *K. Brandt*²⁷⁾ und *Certes*²⁸⁾ den Nachweis zu führen, daß gewisse Farbstoffe (Bismarckbraun, Hämatoxylin, Cyanine oder Bleu de Quinoléine), aber auch diese nur in geringer Menge das lebende Protoplasma ohne eine nachtheilige Wirkung auszuüben, passiren und lebende Theile färben.

Vor kurzem wurde durch Mittheilungen von *K. Brandt*²⁹⁾ die allgemeine Aufmerksamkeit auf die parasitären Algen gelenkt, welche, wie es auch für Salzwasserspongien von *F. E. Schulze* angegeben ist, nach *Brandt* bei Hydren, Spongillen, einer Süßwasserplanarie und zahlreichen Infusorien (*Stentor*, *Paramæcium*, *Stylonychia*, verschiedene *Vorticellinen* etc.) vorkommen. *Brandt* schließt aus seinen Untersuchungen, daß die bezüglichen parasitären Algen (*Zoochloellen*, welchen bei Radiolarien, gewissen Hydrozoën und Actinien die *Zooxanthellen* entsprechen) ihre Wirthe vollkommen am Leben erhalten. Solange die Thiere wenige oder

gar keine grüne oder gelbe Zellen beherbergen, ernähren sie sich ausschließlich wie echte Thiere durch Aufnahme fester organischer Stoffe, sobald sie genügende Mengen von Algen enthalten, ernähren sie sich von den Stoffen, welche die Zoochlorellen resp. die Zooxanthellen lediglich aus anorganischem Material (unter Kohlenfäurezerfetzung am Lichte) bereiten.

Ob und auf welche anderen grün gefärbten Thiere *Brandt's* Theorie zu erweitern ist, werden fortgesetzte und besonders experimentelle Untersuchungen erst noch zu lehren haben; ich möchte hier nur darauf hinweisen, daß es durchaus nothwendig erscheinen muß, in Fällen, wo der Algencharakter der Zellen nicht ganz offen zu Tage liegt, niemals zu unterlassen, den grünen Farbstoff (welcher nach *Ray Lankester*³⁰⁾ selbst bei *Spongilla fluviatilis* vom Chlorophyll abweicht und deshalb Chondriochlor genannt wurde) auf seine Chlorophyllnatur gründlich zu prüfen, damit sich später einmal nichts ähnliches ereignet wie beim Bonellein, wo der *Bonellia* allgemein ein Chlorophyllgehalt zugeschrieben wurde, aber schon die erste eingehendere Untersuchung den groben Irrthum aufdecken mußte.

Völlig verfehlt ist die Idee von *Merejkowski*³¹⁾, daß sich bei Vertretern der verschiedenartigsten Classen unter den Wirbellosen das Zoonerythrin findet, und daß dieses für diese Thiere eine analoge Leistung besorgt, wie das Hämoglobin bei Wirbelthieren und bei einigen Wirbellosen; denn erstens läßt sich zeigen, daß in den meisten von *Merejkowski* bezeichneten Fällen (*Actinia*, *Gorgonia verrucosa*, *Comatula*, *Echinus*, *Toxopneustes*, *Holothuria*, *Cucumaria*, *Phascolosoma*, *Maja*, *Palaemon* etc.) vom Zoonerythrin in ihren chemischen Eigenschaften abweichende rothe oder braune Pigmente vorliegen; zweitens findet sich das Zoonerythrin nicht, wie *Merejkowski* glaubt, vorzugsweise bei Hämoglobin-freien Thierformen vor, sondern gerade bei Hämoglobin-haltigen (weit verbreitet unter den Vögeln und Fischen), und drit-

tens wird doch ein Pigmentkörper, der, wie ich zeigte, am Lichte einmal desoxydirt durch die oxydirendsten Mittel nicht zu regeneriren ist, für ein lebendes Wesen als Respirationsstoff ganz unbrauchbar sein müssen. Auf die Erfahrungen, daß viele rothe Evertebratenfarbstoffe sich unter Lichteinfluß durch Sauerstoffaufnahme in einen cholestearinähnlichen Körper verwandeln, und daß daneben ätherische Oele in den Geweben gefunden werden, habe ich³²⁾ früher für die Ernährung gewisser Spongien (z. B. mehrerer Suberitiden), deren Farbstoff mit dem Zoonerythrin als identisch oder als diesem in seinem physikalischen wie chemischen Verhalten wenigstens sehr nahestehend befunden wurde, eine andere Theorie gegründet, welche ich bereits 1879 in folgendem (hier nur stylistisch ein wenig veränderten) Satze kurz zusammengefaßt habe: «Wie unter Kohlenfäurezerfetzung aus dem Chlorophyll die nothwendigsten Bausteine des Pflanzenkörpers hervorgehen, so wird sich bei den Suberiten und vielleicht noch bei vielen anderen Schwämmen das Zoonerythrin unter Verbrauch des im Schwammkörper selbst producirtten Ozons in Stoffe transformiren, welche für den Schwammorganismus, für den Fortbestand seines Lebens und für sein Wachstum keinen geringeren Werth haben als die Kohlehydrate und die Fette für die lebende Pflanze.»

Zugleich constatirte ich aber, daß auf die äußere Schwammfläche geheftete Fäden rohen Fibrins binnen 24 bis 36 Stunden vom Schwammkörper gelöst und resorbirt werden, während sie durch das Thier hindurchgezogen innerhalb viel längerer Zeit keine erkennbare Veränderung erleiden. Da eine mucöse Flüssigkeit, welche unter diesen Verhältnissen allein — indem sie am Schwammgewebe kleben bleiben und nicht sogleich mit dem Meerwasser sich mischen würde — als Verdauungsaft von Nutzen sein könnte, bei den untersuchten Spongien (Suberites, Chondrosia) nicht vorhanden ist, so ergibt sich ohne Weiteres, daß nur lebende Zellen des Schwammkörpers die Verdauung wie Resorption des Fibrins

beforgen. Durchaus verkehrt ist deshalb die Schilderung, welche *Miklucho-Maclay*³³⁾ von der Verdauung der Spongien gibt, über *Metchnikoff's*³⁴⁾ Angaben über die Nahrungsaufnahme dieser Thiere verdienen nur insofern Beachtung, als sie zu der Frage Anlaß geben, ob hier nicht amöboide Zellen die Verdauung und Resorption vermitteln, — eine Auffassung, welche wir sogleich weiter zu berücksichtigen haben werden. Aus einem Zerfallen und Aufgelöstwerden lebender Protisten in der Nachbarschaft des Spongienparenchyms Schlüsse auf den Verdauungsmodus des letzteren zu ziehen, wie *Lieberkühn* und *Metchnikoff* wollten, muß als unstatthaft erscheinen, da jene protoplasmatischen Wesen auch schleimig erweichen und zerfallen unter Verhältnissen (z. B. in höchst schwachen Chininlösungen, wie zuerst *Binz* beobachtete), welche mit einer Verdauung nichts zu schaffen haben; auch ist es nicht einmal bekannt, ob diese Sarkodethierchen nicht selbst Enzyme oder andere, eine Selbstverflüssigung bewirkende Substanzen (ähnlich wie es mit der Haut einiger Holothurien geschieht³⁵⁾), bei sich führen. Durch Verreiben mit Glycerin sind von mir³⁶⁾ aus verschiedenen Spongien species (ebenso wie bei Actinien und Medusen) tryptisch (d. h. Eiweißstoffe bei alkalischer, neutraler und außerdem auch bei sehr schwach saurer Reaction verdauend), diastatisch (d. h. Stärke in Zucker überführend) und auch peptisch (d. h. Eiweißkörper ausschließlich in sauren Flüssigkeiten verdauend) wirkende Auszüge erhalten worden; ob diese Enzyme den Schwämmen bei ihrer cellularen Verdauung aber zu gute kommen, wird noch so lange unentschieden bleiben, als die Reaction ihrer einzelnen Gewebe resp. der bei der Verdauung beteiligten Zellen nicht sicher beurtheilt werden kann.

Viele jüngere Forscher haben es dem «alten» *Ehrenberg* sehr übel genommen, daß er den Infusorien einen ausgebildeten Verdauungsapparat zuschrieb; aber niemand von denen, welche gegen *Ehrenberg's* Auffassung so lebhaft protestirten, unterzog sich der

Mühe, durch beweiskräftige Versuche den Verdauungsmodus der Actinien und Medusen zu ergründen, welchen nicht nur *Ehrenberg*, sondern wir müssen gestehen, selbst einige der besten Kenner der Organisationsverhältnisse bei den Medusen noch heutzutage einen Magen und Verdauungssecrete zuerkennen. Den letztverflohenen Jahren blieb es vorbehalten, hier den Weg zum richtigen Verständniß anzubahnen und zu zeigen, daß *Ehrenberg* vollkommen in seinem Rechte war, wenn er den Verdauungsmodus der Cölenteraten dem der Protisten für analog hielt. Aber wir sehen, daß bei den Amorphozoën der Verdauungsact kein secretiver, sondern ein protoplasmatischer ist, und dasselbe gilt (ebenso wie für Spongien) sicherlich auch für Actinien und Medusen, vielleicht sogar für die Ctenophoren, an welchen zweckentsprechende Untersuchungen noch nicht ausgeführt wurden.

Ernährung
der Acti-
nien und
Medusen.

Bei unseren Versuchen über die Verdauung der Actinien und Medusen gelangten wir³⁷⁾ zu ganz ähnlichen Ergebnissen als bei unseren Spongienuntersuchungen, nur trat bei jenen Cölenteraten die Auflösung des Fibrins viel früher ein als bei den Schwämmen. Schon *Fritz Müller*³⁸⁾ hatte beobachtet, daß Krebsmuskeln mit den, einer lebenden *Tamoya hoplonema* entnommenen Randfäden bedeckt und mit ein wenig reinem Seewasser übergossen in 10—12 Stunden vollständig resp. fast ganz zu einer trüben Flüssigkeit gelöst waren, während entsprechende Muskelfstücke sich in reinem Seewasser während dieser Zeit nicht merklich verändert zeigten. Ganz die nämliche Erscheinung sieht man an ungekochten Fibrinfäden eintreten, welche von den Randfäden einer *Zygodactyla* oder *Cyanea* längere Zeit umschlungen gehalten werden. Bringt man eine mit rohem Fibrin gefüllte Federspule in den cölenterischen Raum eines *Cerianthus*, einer *Anthea* oder *Sagartia*, so erfolgt eine Verflüssigung des Fibrins nur an den Stellen, wo ein inniger Contact zwischen den Mesenterialfilamenten und dem Fibrin zu Stande kommen kann; alle anderen Partien des

Fibrins bleiben unverflüssigt. Sehr klar sind die Erscheinungen, wenn man die bezeichneten größeren Actinienformen zu den Versuchen verwendet; zweifelhaft fallen die Resultate bei kleineren Arten aus, weil hier der Auflösungsproceß zu langsam fortschreitet, und das Fibrin unter günstigen Bedingungen, welche im Meerwasser ausnahmslos gegeben sind, zu feiner Verflüssigung durch Fäulnißorganismen kaum längerer Zeit bedarf, als in Berührung mit den verdauenden Geweben kleinerer Zoophytenformen. Durch diesen Umstand wurden *Lewes* und *Couch*³⁹⁾ bei ihren Versuchen getäuscht, und auch ich blieb bei Beginn meiner Untersuchungen im Zweifel, ob jene Autoren vielleicht nicht doch das Richtige getroffen haben möchten. Aber die Sache verhält sich genau so, wie ich sie bereits bei Besprechung der Spongien kurz skizzirt habe, und um meinen Vortrag nicht über das gesteckte Ziel hinaus zu erweitern, will ich die bei diesen gegebene Darstellung hier nur noch durch wenige Sätze ergänzen.

Die Prüfung der schleimigen Secrete, welche den Actinien- wie Medusenkörper gewöhnlich umhüllen, und besonders derjenigen Flüssigkeiten, welche sich in dem cölenterischen Raume und seinen Verzweigungen finden, auf eine enzymatische Wirkung, hat stets ein negatives Resultat zur Folge gehabt; letztere fehlt jenen selbst bei den, für eine Verdauung günstigsten Temperaturen (38—40° C.). Durch vergleichende Versuche ist für Actinien fernerhin gezeigt, daß weder die Nesselskapseln (oder ihre Secrete) an der Außenseite der Tentakeln noch die Flimmerzellen an deren Innenfläche auf Eiweißstoffe verdauend wirken; es sind lediglich die Mesenterialfilamente, welche bei diesen Formen die Eiweißverdauung besorgen. Bei den Medusen dagegen sind allem Anschein nach sehr verschiedenartige Theile der äußeren wie inneren Oberflächen mit einem cellularen Verdauungsvermögen ausgestattet⁴⁰⁾; auch durch das Thier hindurchgezogene Fibrinfäden werden bei einigen Medusenarten (z. B. bei *Cyanea capillata*) verdaut und resorbirt. Hier-

bei dürften die von *Metchnikoff* und *Ray Lankester*⁴¹⁾ über alle Gebühr in den Vordergrund gehobenen mobilen Zellen mit in Frage kommen, auf deren Nachweis diese Forscher den Cölenteraten eine intracellulare Verdauung vindicirten, aber ohne zu bedenken, daß unter natürlichen Verhältnissen sich etwas derartiges bei den Zoophyten kaum ereignen wird, weil die Eiweißnahrung bereits an der Peripherie des Thierleibes der Verdauung und Resorption unterliegt. Wie gesagt, ist es aber sehr wohl möglich, daß amöboide Zellen bei der Verdauung der Medusen eine Rolle mitspielen, indem ihnen eine gewisse Verdauungsfähigkeit, welche gleichfalls den Osteoklasten und anderen Zellenneubildungen bei Säugern zugestanden wird, nicht vollständig zu mangeln scheint. Daß die für Cölenteraten gang und gebe gewordenen Bezeichnungen wie Magen, Gastrovascularapparat, Stomogastrium u. dgl. m. physiologisch nicht weniger verwerflich sind als *Ehrenberg's* Bezeichnungen (Magen, Darm, Mund und After) bei den Infusorien, bedarf somit keiner weitern Erläuterung; schon das völlige Abgeschlossenheit des cölenterischen Raumes von der Außenwelt bei Individuen von *Bougainvillea paradoxa* oder die zwischen beiden nur durch enge Canäle bestehende Communication (wie z. B. bei *Rhizostomum Cuvieri*, wo nach *Hamann*⁴²⁾ die cellulare Verdauung in den Trichterkräusen stattfindet) deuten an, wie unrichtig die an diese Namen sich knüpfenden Vorstellungen sind.

Daß Zellen von festweicher Beschaffenheit ein ähnliches Verdauungsvermögen besitzen wie die enzymatischen Secrete, wird den nicht wenig überraschen, der sich seine Anschauungen nach den Eigenschaften der wässrigen Verdauungssäfte von Säugethieren, Würmern, Arthropoden, Echinodermen oder Mollusken bildete. Aber wie überall im Thierreiche Secrete von Zellen und lebenden Gebilden wegen der mannigfachen und ganz allmäligen Uebergänge, welche hier bestehen, nicht streng zu unterscheiden sind, so bietet uns nach *Ch. Richet*⁴³⁾ der an zelligen Elementen reiche

Magenfaft oder, treffender ausgedrückt, Magenschleim der Fische auch ein Beispiel dafür, daß zähe schleimige Materien sehr wohl im Stande find, die Verdauung der Eiweißstoffe ebenso vollkommen auszuführen als der weit flüßigere Magenfaft der meiften übrigen Thiere.

Am räthfelhafteften blieb, welchen Weg die reforbirte Nahrung im Körper der Zoophyten einfchlägt. Aus neueren Fütterungsverfuchen mit gefärbter Kost dürfte jetzt zu fchließen fein, daß bei Actinien das verdaute Material vorwiegend von den Mefenterialfilamenten aufgenommen wird, bei Medufen dagegen in's Canalfyftem übergeht und von dort aus reforbirt wird; doch fcheinen bei diefen die Verhältniffe der Species entfprechend verfchiedene zu fein, fodaß im allgemeinen kaum einer oberflächlich gelegenen Partie ein, wie fich vermuthen läßt, sehr ausgeprochenes Reforptionsvermögen fehlt.

Ernährung
der Turbellarien
und
Tunicaten.

In sehr ähnlicher Weife wie bei den Cölenteraten wird fich die Verdauung bei Turbellarien⁴⁴⁾ und Tunicaten⁴⁵⁾ vollziehen; doch gefellt fich wahrſcheinlich bei einigen Arten diefer Claffen dem cellularen Verdauungsmodus bereits der ſecretive hinzu, und bei einigen Tunicatenſpecies dient letzterer wohl ausschließlich dazu, die aufgenommene Nahrung im Darmcanal reſorptionsfähig werden zu laſſen. Vor allem verdienen die Salpen in dieſer Hinſicht eingehender berückſichtigt zu werden; ſchon an ſich iſt es ſchwer verſtändlich, wie bei dieſen Formen die Nahrung in den meiſt engen und langen Darmtractus hineingelangt, und wie das Unverdaubare ſchließlich wieder herauskommt.

Erſtes Auftreten der ſecretiven Verdauung.

Wir ſind, indem wir bei den Lebeweſen von einfachſter oder ohne jede Organifation begannen und in der Thierreihe allmählig aufwärts ſtiegen, jetzt bei dem Punkte angelangt, wo die enzymatiſch-ſecretive Verdauung, die Verdauung par excellence, ſich der protoplasmatiſchen reſp. cellularen hinzuaddirt. Letztere, eine Allgemeinerſcheinung des Lebens, bietet den Protiften wie Zoophyten

das einzige Mittel, sich der eiweiß-, fett- und kohlehydrathaltigen festen Kost zu bemächtigen; bei den Tunicaten besorgen daneben auch enzymatische Secrete die Nahrungsaufnahme, und bei den Classen, deren Besprechung folgen wird, bei den Echinodermen, Anneliden, Arthropoden, Mollusken und Wirbelthieren tritt (vorausgesetzt, daß es sich um keine parasitäre Formen handelt) nur noch die enzymatische Verdauungsweise äußerlich in die Erscheinung. Ich brauche aber kaum zu wiederholen, daß die cellulare Verdauung auch bei diesen Thieren neben der secretiven fortbestehen bleibt, in einzelnen Fällen sich auch hier sehr auffällig manifestirt, und daß dieselbe von uns im Folgenden eben nur deshalb nicht weiter berücksichtigt wird, weil ihre Besprechung der allgemeinen und nicht der vergleichenden Physiologie angehört.

Alle Enzyme und speciell die eiweißverdauenden, welche bei Thieren bekannt geworden sind, stimmen unter einander darin überein, daß das Maximum ihrer Wirksamkeit bei verschiedenen Temperaturgraden nahezu bei 40° C. liegt. In der Literatur ist zwar wiederholt über schlechte Beobachtungen, welche zum größten Theil auf den Magenfaß von Knochenfischen Bezug haben⁴⁶⁾, berichtet, bei welchen man zu einem entgegengesetzten Resultate gelangt sein wollte; man braucht aber noch kein vorzüglicher Experimentator zu sein, um sich von den Fehlern, welche bei diesen Versuchen begangen sind, zu überzeugen; jeder muß sogleich erkennen, daß jene Beobachter quantitative Verschiedenheiten für qualitative angesehen und für solche ausgegeben haben. Der an sich sehr bedeutende Nachtheil, in welchem sich demnach die poikilothermen Thiere den homiothermen gegenüber befinden müssen, wird bei Wirbellosen dadurch etwas gemindert, daß alle secretiv verdauenden Formen über eine verhältnißmäßig sehr große Menge von Verdauungsaft verfügen; noch in dieser Hinsicht günstiger scheint mir aber für die Evertebraten der folgende Umstand zu sein. Bei wohl allen Wirbellosen, welche ihre Nahrung ausschließlich durch enzy-

Allgemeines über die secretive Verdauung.

matifche Secrete verdauen, find die Freßwerkzeuge gut entwickelt; diefe erreichen, fo verſchieden organiſirt ſie bei Vertretern der einzelnen Abtheilungen (z. B. bei Echinodermen, Arthropoden und Ctenobranchien [Rhipidogloffen, Ptenogloffen, Rhachigloffen, Toxogloffen und Taeniogloffen]) auch ſind, in vielen Fällen einen erſtaunlich hohen Grad der Ausbildung, ſo daß die Wirbelloſen in der dadurch ermöglichten äußerſt feinen Zertheilung der Speiſen, welche den Verdauungsact ſehr beſchleunigen muß, den meiſten Wirbelthieren bevorzugt erſcheinen müſſen.

Bei allen Thieren mit einer ſecretiven Verdauung begegnen wir auch ein und demſelben Principe der Secretbeſchaffung. Stets ſind es diffeminirte Drüſenzellen oder dem Darne entlang flächenartig ausgebreitete oder endlich conglomerirte Drüſenlager, welche durch ihren Zerfall oder durch Transſudation den enzymatiſchen Verdauungsſaft liefern. Bald beſorgt eine einzige, grob anatomifch nicht zu ſondernde Drüſenmaſſe die Production ſämmtlicher zur Verdauung erforderlichen Enzyme, bald entſtehen diaſtatiſch wirkende und die Eiweißſtoffe peptoniſirende Enzyme in verſchiedenen Organen, bald liefern verſchiedene Drüſenkörper verſchiedenartige eiweißverdauende Enzyme, — kurz alle Möglichkeiten dieſer Art finden ſich in der Thierreihe verwirklicht. Es iſt hier nicht der Ort, dieſe Differenzen näher zu beleuchten; nur Weniges will ich aus der großen Fülle diesbezüglicher Thatſachen kurz erwähnen. Soviel wir gegenwärtig wiſſen, exiſtiren bei Molluſken zwar beſondere ſäurebildende Drüſen, alle Enzyme (ein diaſtatiſches, ein peptiſches, ein tryptiſches und vielleicht auch ein die Fette emulgirendes) werden aber von einem einzigen Drüſenorgane, der fog. Leber, geliefert, welche deſhalb nicht nur der Leber und dem Pankreas der Säuger, nicht dem Hepatopankreas der Lophobranchier, der Cypriniden und vieler anderen Knochenfiſche vergleichbar iſt, ſondern, wenn Vergleiche hier überhaupt ſchon zuläſſig ſind, functionell als ein Complex von Speicheldrüſen,

Magendrüfen, Leber und Pankreas aufgefaßt werden müßte. Deshalb ist auch die in jüngster Zeit gebräuchlich gewordene Bezeichnung der Molluskenleber als Hepatopankreas für dieses Organ ebenso unzureichend als die uns von Alters her überkommene der Leber, welche ich vorläufig in Ermanglung einer bessern noch beibehalten muß. Bei Afteriden, Würmern und Krebsen treffen wir ähnliche Verhältnisse als bei den Mollusken, nur sind bei jenen Classen rein acidogene Verdauungsdrüfen noch nicht aufgefunden. Bei Insecten sind zuerst wahre (d. h. ein diastatisches Enzym bildende) Speicheldrüfen mit Sicherheit wahrzunehmen, während auch hier die Leber von ihrem productiven Können noch nichts einbüßt.

Dieses sind in groben Umriffen die Resultate, welche sich an die neuesten Untersuchungen über die Verdauung der Evertebraten knüpfen, welche für die einzelnen Classen aber nur unter der Berücksichtigung zutreffen, daß auch specifische Eigenthümlichkeiten auftreten können. Wie ich bereits angedeutet habe, entsendet die Leber bei den meisten Wirbellosen allerdings zwei eiweißverdauende (ein peptisches und ein tryptisches) Enzyme in ihrem Secrete; bei einigen Species verschiedener Classen fehlt aber das eine oder das andere von diesen, und dieselben specifischen, ja individuellen Besonderheiten geben sich auch an der Leber im Vorhandensein oder dem Ausfall der Säurebildung zu erkennen. Schließlich möchte ich nicht unerwähnt lassen, daß weder alle peptischen noch alle tryptischen Enzyme, welche wir bei verschiedenen Thierarten antreffen, in ihren Eigenschaften genau übereinstimmen, daß selbst bei nahe verwandten Formen (wie besonders bei Mollusken) peptisch qualitativ verschiedene wirkende Lebersecrete vorkommen, aber Sicheres war bislang hierüber nicht zu ermitteln; während uns in der Zerförbarkeit des Pepsins durch Alkalien und der des Trypsins durch Säuren ein ausgezeichnetes Mittel geboten wird, Glieder beider Reihen eiweißverdauender Enzyme neben einander zu erkennen, und (außer durch das Vergleichsverfahren) so allein die

Thatfache aufgedeckt werden konnte, daß die meisten Evertibratenlebern sowohl ein peptisches als auch ein tryptisches Enzym zu bilden vermögen, — so fehlt uns doch zur Zeit noch jedes scharfe Kriterium für eine Unterscheidung verschiedener peptisch wirkender Enzyme⁴⁷⁾.

Einzelheiten über die secretive Verdauung bei Vertretern verschiedener Classen.

Gehen wir nun auf einige besonders interessante Specialfälle einer rein secretiven Verdauung und im Anschluß daran auf die Ernährungsweise der höher stehenden Wirbellosen etwas näher ein, so hätten wir zuerst der infektenfressenden Pflanzen zu gedenken.

Infectivore Pflanzen.

Aus der über diesen Gegenstand zu dicken Bänden pilzartig angewachsenen Literatur erfährt man aber nur sehr Weniges, was wirklich von wissenschaftlichem Werthe ist; man findet darin die Thatfache weitläufig behandelt, daß peptisch wirkende Säfte auch von dicotylen Pflanzen selbständig gebildet werden, erhält aber nicht einmal darüber Klarheit, ob sie diesen während ihres Lebens überhaupt etwas nützen. Vergleichend physiologisch von großer Bedeutung ist das Ergebnis der Versuche von *Hoppe-Seyler*⁴⁸⁾, daß bei *Drosera* das Enzym leicht im Secrete, aber nicht in den fecernirenden Blattflächen nachzuweisen ist; bei dieser Pflanze zeigt somit die Enzymbildung dieselbe normwidrige Abweichung als im Darne der *Holothuria*, auf welche wir zurückkommen werden.

Verdauung bei Arthropoden, speciell bei Insecten.

Wir verlassen noch nicht, indem wir jetzt zu den Insecten übergehen, an deren enzymatischen Secreten die Forschung bei Wirbellosen einst begonnen hat, ein ganz modernes Gebiet der Forschung; wir haben immer noch über Resultate zu berichten, die insgesammt erst die Früchte der allerletzten Jahre sind. Wenn *Senebier*⁴⁹⁾ von *Spallanzani*, dessen in mehrfacher Hinsicht bahnbrechende Versuche über die Verdauungsvorgänge sich auf Amphibien, Reptilien, Vögel und Säuger beschränken, sagt: «il a parcouru tout le règne animal pour nous montrer l'uniformité de la nature dans ses procédés, et la manière dont elle plie les formules à tout les cas», — so ist das ein übertriebenes Lob; denn entgegen

der Angabe von *Senebier* wurden nicht einmal die Insecten von *Spallanzani* in's Bereich der Untersuchung gezogen. Abgesehen von vereinzelt Notizen älteren Datums und der unter *Brücke's* Leitung entstandenen Arbeit von *S. Balch*, von der sich, so oft dieselbe auch von Dilettanten als meisterhafte Leistung gepriesen wurde, nur sagen läßt, daß sie (ausgenommen den Nachweis einer diastatischen Wirkung des Speicheldrüsensecretes) über die chemischen Verdauungsvorgänge von *Periplaneta orientalis* nur Unrichtiges enthält, — ist hier an erster Stelle der umfangreichen Arbeiten von *Félix Plateau* zu gedenken, dem unzweifelhaft allein das Verdienst gebührt, die Physiologie der Verdauungsvorgänge bei Arthropoden erfolgreich angeregt und nach bestem Können stets gefördert zu haben. Eine Besprechung von *Plateau's* detaillirten Auseinandersetzungen darf aber deshalb unterbleiben, weil die Verhältnisse bei Arthropoden, auf welche sich seine Untersuchungen beschränken, diejenigen sind, welche wir, da sie eine Allgemeingültigkeit für die höheren Wirbellosen besitzen, schon im voraus besprochen haben.

Ich habe einmal beiläufig die Ansicht geäußert⁵⁰⁾, daß da, wo die Leber ein peptisch wie tryptisch wirkendes Secret liefert, die Säuerung resp. Alkalescenz der Secrete nicht in der Art geregelt werde, um der aufgenommenen Nahrung immer eine bestimmte Reaction zu geben; damit dem Organismus jedoch aus dieser Unvollkommenheit kein größerer Schaden erwüchse, so würden bei diesen Thieren ein in saurer und ein in alkalischer wie neutraler Lösung wirkendes Enzym der Speise gleichzeitig beigemischt. Es sind auch hier vor allem die Resultate einer neueren Arbeit von *Plateau*⁵¹⁾, welche in vollem Einklange mit meinen früheren Beobachtungen und mit analogen Befunden anderer Forscher (z. B. *Darwin's*⁵²⁾), die Wahrscheinlichkeit dieser Vermuthung erheblich steigern; doch möchte ich hierbei nicht ganz das Moment außer Augen lassen, daß es sich in gewissen Fällen, (besonders in solchen, wo die Verhältnisse bei organifatorisch nahestehenden Formen ge-

rade entgegengesetzte⁵³⁾ find) auch um eine veritabele Luxusproduction handeln dürfte.

Die Classe der Insecten bietet uns mehrere sehr prägnante Beispiele dafür, daß an jeder beliebigen Stelle des Darmrohres Leberdrüsen entstehen können, deren Entwicklungsgrad von der Natur ihrer Enzyme, der Beschaffenheit der zu verdauenden Nahrung und der Zeit, während welcher das Secret im Darmrohre seine Wirkung entfalten kann, abhängen wird; andere Beispiele (wie der außerordentlich lange Darm des fleischfressenden *Hydrophilus*) lehren, wie unberechtigt die gang und gebe gewordene Vorstellung ist, daß den Pflanzenfressern ein langer, den Fleischfressern dagegen ein verhältnißmäßig kurzer Darm eigen ist, und eine andere, besonders bei Insecten deutlich wahrnehmbare Erscheinung — aber nicht, wie man lange glaubte, eine Eigenthümlichkeit derselben, denn sie fehlt auch bei anderen Arthropoden, bei Gastropoden, Anneliden und Asteriden nicht — ist die theilweise orale Bewegung des Lebersecretes: eine Thatfache, welche ungewöhnliche anatomische Befunde (z. B. bei der Larve von *Corethra plumicornis*⁵⁴⁾ und bei afterlosen Insectenlarven⁵⁵⁾) leicht verstehen und der allgemeinen Regel subsummiren läßt. Um diese Vorwärtsbewegung und gleichmäßige Vertheilung des Lebersecretes im Verdauungsrohre zu ermöglichen, finden sich bei Insecten ebenso wie bei Gastropoden (Wülste und Falten im Darmblindfacke bei *Helix*⁵⁶⁾) und Cephalopoden (fog. Spiralmagen⁵⁷⁾) bisweilen besondere Einrichtungen; als solche betrachte ich unter anderen den fog. Proventriculus der Orthopteren, welcher mir mit Unrecht dem echten Kaumagen der Vögel oder dem als Darmpresse wirkenden Muskelbulbus am Vorderdarme von *Mugil cephalus* verglichen zu sein scheint⁵⁸⁾.

Verdaung
bei
Mollusken. Auch die Verdauungseinrichtungen der Mollusken bieten einige Eigenthümlichkeiten, welche gleich denen der Insecten aber nur auf Nebenumstände Bezug haben.

Jederzeit vom hervorragendsten Interesse war der sog. Kryfallstil (Knorpelstil *Langer's*), welcher sich bei mehreren Lamellibranchiaten wie Cephalophoren findet, und über dessen Function sehr verschiedene, z. Th. sehr vage Behauptungen aufgestellt wurden. Es ist dies in den meisten Fällen ein durchsichtiger Gallertstab, welcher das Lumen eines (bei einigen Arten sehr entwickelten) Darmblindfackes oder, wenn dieser fehlt, das Darmrohr selbst an manchen Stellen fast vollständig ausfüllt und so den Chymus zwingt, in möglichst nahe Berührung mit dem resorbirenden Epithelbelag des Darmes zu treten. Der Kryfallstil erscheint hiernach als Theilstück eines höchst merkwürdigen Mechanismus, an welchen die Typhlofolis der Lumbriciden und ähnlich gelagerte Leisten bei anderen Würmern nur entfernt erinnern. Während sonst im Thierreiche einem gesteigerten Resorptionsbedürfnisse durch Faltenbildungen, durch kegelförmige Erhebungen der Secretionsfläche auf unterliegenden Gallertzapfen (bei *Luvarus imperialis*), durch blindfackförmige Anhänge, durch rhythmische Contractionen der Darmmuskulatur oder in vereinzelt Fällen auch wohl durch eine Zunahme der Darmlänge entsprochen wird, gelangt der Organismus vieler Mollusken einfach dadurch zu demselben Resultate, daß ein elastischer Stempel aus todtter Materie das Centrum des Darmrohres verschließt und der Nahrung nur einen verzögerten Durchtritt an den peripheren Bezirken gestattet. Als ich⁵⁹⁾ auf diesen augenscheinlichen Nutzen, den der Kryfallstil — welcher, wie die eingehenden Untersuchungen von *J. Hazay*⁶⁰⁾ für Süßwassermuscheln außer allen Zweifel gestellt haben, zwar nicht immer, doch während der längsten Zeit im Jahre das Darmrohr theilweise verstopft — nothwendig für das Resorptionsgeschäft haben muß, vor zwei Jahren zuerst aufmerksam machte, da war ich mir wohl bewußt, daß damit die Function des Kryfallstils nicht erschöpfend ausgedrückt sein würde. Die ganze Bedeutung dieses sonderbaren Gebildes ist erst durch *Hazay* bekannt geworden. Dieser Forscher fand, daß der

gallertige Inhalt der Darmerweiterungen bei Süßwasseracephalen vom Frühjahr bis zum Herbst zunimmt, und daß Hand in Hand mit dessen Ansammlung sich der Kry stallstil entwickelt. Bei Muscheln, welche zu Ende October, und zu Anfang November unterfucht wurden, war der fog. Magen leer, d. h. er enthielt keine Gallerte, dafür aber den ausgebildeten Kry stallstil. Dieser nahm im December, Januar und Februar allmähig ab und war zu Ende März gänzlich verschwunden. *Hazay* schließt aus diesen und einigen anderen Beobachtungen, daß der Kry stallstil verhärtete Gallerte (ein Theil des Lebersecretes?) ist und den für den Winterchlaf erforderlichen Vorrath an Eiweiß repräsentirt. *Hazay* scheint seine Befunde vollkommen richtig interpretirt zu haben; aber in Hinblick darauf, daß diese Erscheinung, wo der Darm die Reservestoffe zu beherbergen hat, nirgends bei Thieren ein Analogon findet, habe ich auf meine frühere Erklärungsweise nochmals hingewiesen, denn auch der von mir geltend gemachte Factor scheint für die Functionskentniß des Kry stallstils belangreich zu sein.

Bei einer großen Abtheilung unter den Nacktschnecken (den Aeolidiern) und auch bei anderen Species (z. B. bei *Tethys fimbria* s. *leporina*) trägt das Darmrohr eine oft ansehnliche Zahl seitlicher Taschen, welche sich in die papillenartigen Fortsätze, die den Körper des Thieres außen garniren, hineinerstrecken. Man weiß seit lange, daß in diese Taschen Speisefrei gelangt, und ich zeigte⁶¹⁾, daß darin auch verdaut wird. Die functionell allein richtige Bezeichnung dieser Darmanhänge ist deshalb Hepatointestinalcanäle, und die statt deren dafür gebräuchlichen Namen, welche den canaux gastro-hépatiques oder dem appareil gastro-vasculaire *Milne-Edwards'* und dem appareil gastro-biliaire *Souleyet's* nachgebildet sind, erwecken in Betreff ihrer Function schon deswegen eine vollkommen irrige Vorstellung, weil ein dem Magen höherer Thiere vergleichbares Organ den Wirbellofen (bei welchen, wie wir sahen, das Lebersecret die Eiweißverdauung ganz aus-

schließlich beforgt) insgesammt vollständig fehlt. Diese Gebilde haben vor einigen Decennien ein großes Interesse erregt, und man glaubte, daß ihr Vorkommen mit der Abwesenheit eines Gefäßapparates Hand in Hand gehe, was in beschränkterem Maße auch richtig sein wird.

Wenden wir uns nun zu den Würmern, so treten uns den ^{Verdauung bei} Hepatointestinalcanälen der Aeolidier morphologisch ähnliche Bil- ^{Würmern.} dungen entgegen, wie z. B. in den Leberblafen der Aphroditiden⁶²). Wie ihr Name richtig besagt, dienen diese Darmanhänge nur der Secretion, der Aufbewahrung und Ableitung des Lebersecretes und sind als solche nicht analog den Hepatointestinalcanälen der Aeolidier, vielleicht aber der sog. «grünen Drüse» der Siphonostomen. Dem Hepatointestinal-Apparate äußerlich sehr verwandt, erscheinen auch die sog. Magentafeln von *Hirudo officinalis*, welche jenem aber gleichfalls nicht analogisirt werden dürfen, weil *Hirudo* keine secretive intestinale Verdauung besitzt, sondern die nährenden Bestandtheile des von ihm gefogenen Blutes vom Darne aus einfach resorbirt werden⁶³). Diese Resorption erfolgt bei *Hirudo* ausnehmend langsam. *G. F. Stöckler*⁶⁴), unser bester Kenner der Lebensweise von *Hirudo*, hat unter einer Menge von Egelu, die mit rothem warmen Blute genährt waren, selbst nach Verlauf des zweiten Jahres, während welcher Zeit sie keine Nahrung erhielten, immer einzelne Exemplare gefunden, die einen Theil unverdautes Blut bei sich führten und noch so kräftig waren, um neuer Nahrung noch nicht zu bedürfen.

Die im Magen der Selachier (und in dem kräftig wirkenden Magensaft dieser Fische tagelang am Leben zu erhaltenden) Trematodenarten regen wie andere Eingeweidewürmer, welche gleich jenen Formen den energischst wirkenden Darmsecreten ständig exponirt sind, die Frage an, warum diese Wesen gleich der lebenden Magen- und Darmsehleimhaut den Verdauungssäften zu widerstehen vermögen: eine Frage, die oft berührt und zu er-

klären verfuht wurde, aber kaum schon endgültig entschieden sein dürfte.

Verdauung
bei
Asteriden.

Dem Leberdarme, wie er sich bei den meisten Anneliden findet, ähneln die langen Leberfhläuche (die sog. Radialanhänge des Darmes) der Asteriden. Auch diese dienen wie die Leberblasen der Aphroditiden nur zur Bildung und Aufbewahrung des Lebersecretes und sind, da in ihnen nicht verdaut wird, den Hepatointestinalcanälen der Aeolidier ebenfowenig wie jene vergleichbar⁶⁵).

Verdauung
bei Echini-
den u. Ho-
lothurien.

Unfere allgemeine Darstellung der Verdauungsvorgänge bei den Wirbellosen würde unvollständig bleiben, wenn wir nicht noch des gegenwärtigen Standes unserer Kenntnisse von der Verdauung bei den Holothurien kurz gedenken würden. In dem, aller makroskopischen Secretionsorgane baaren Darne der Holothurien trifft man wie bei allen höheren Wirbellosen einen mehr oder weniger stark gefärbten Verdauungsaft, der sich gleich dem der Arthropoden, Mollusken und Würmer verhält, indem er in der Regel fowohl ein diastatisches wie ein peptisches und tryptisches Enzym, jedes oft in sehr wirkamer Menge führt. Woher diese Enzyme stammen, in welchen Organen des Holothurienkörpers dieselben gebildet werden, wissen wir nicht; bekannt wurde nur, daß auch extraintestinale Gewebe gewisser Holothurienarten Enzyme enthalten, und hieraus würde der Schluß zu ziehen sein, daß der intestinale Verdauungsaft nicht von den Geweben des Darmrohres, sondern von diesem entfernter gelegenen gebildet wird und erst auf Umwegen in den Darm gelangt. Die Verhältnisse bei den Asteriden und Echiniden, wo der Darm resp. dessen Annexe selbst enzymbildend sind, lassen uns jedoch vermuthen, daß im Darne der Holothurien Secretionsorgane nur deshalb experimentell nicht sicher nachzuweisen sind, weil in diesen die Enzymbildung langsam, die Ausscheidung des Secretes aber verhältnißmäßig rasch von Stattengeht.

Wer die gebräuchlichen zoologischen Lehrbücher in Betreff der Verdauungsdrüsen bei den Fischen consultirt, wird ausnahmslos angegeben finden, daß den Fischen wie den fleischnessenden Cetaceen die Speicheldrüsen vollständig fehlen; ja viele Forscher haben sich durch diese negativen anatomischen Befunde sogar verleiten lassen, die Anwesenheit des Speichels bei den Fischen als selbstverständlich zu negiren und aus dieser vermeintlichen Abwesenheit Schlüsse auf die Speichelfunction bei den Säugern zu ziehen. Ich lasse es dahin gestellt, ob bei einigen Fischen nicht auch grob-anatomisch isolirbare Speicheldrüsen, wie z. B. *Meckel* und *Rathke* wollten, vorhanden sind und berichtige hier nur die Annahme, daß den Fischen diastatisch wirkender Speichel fehlt.

Schon *Spallanzani*⁶⁶⁾ schrieb: «Au commencement de l'esophage des Carpes, immédiatement sous les dents, leur palais est couvert d'une liqueur blanche, abondante, visqueuse, insipide, qui se reproduit au moment qu'elle a été essayée avec un petit linge. L'on y découvre plusieurs papilles blanches et aiguës, dont la base est large, qui laissent échapper une liqueur quand elles sont comprimées; dans les autres places voisines qui sont sans papilles, on en fait aussi sortir une liqueur par une légère compression; mais cette liqueur me paraît différente de la première, elle est plus transparente, plus fluide, et presque point visqueuse.» Jetzt haben die experimentellen Untersuchungen auch auf's Bestimmteste dargethan, daß die Mundschleimhaut des Karpfen und des *Lophius piscatorius* von einer, gekochte Stärke rasch saccharificirenden Flüssigkeit befeuchtet wird, und spätere Untersuchungen werden nur darüber Licht zu verbreiten haben, welche histologische Beschaffenheit die Drüsenzellen besitzen, denen das diastatisch wirkende Enzym entstammt.

Auch über das Pankreas der Fische cursiren nur irrige Anschauungen. Ein Pankreas, so lautet meist die gang und gebe gewordene Ansicht, findet sich nur bei einigen Fischen, und die

fog. Appendices pyloricae können als solches nicht functioniren, weil bei einigen Arten (z. B. bei *Perca fluviatilis*) neben den Pylorialanhängen auch ein gefondertes Pankreas vorkommt. Ich will auf den logischen Fehler, welcher letzterer Schlußfolgerung zu Grunde liegt, nur ganz kurz aufmerksam machen; dieser besteht nämlich darin, daß man die Möglichkeit nicht erwogen hat, daß auch zwei morphologisch verschiedenartige Organe in principi ein und dieselbe Leistung entfalten können. Die Neuzeit hat sich aber nicht damit begnügt, nur diese Möglichkeit aufzustellen, sondern zugleich gezeigt, daß es sich bei den Fischen thatsächlich so und nicht anders verhält; bald liefert hier nur der Magen, bald nur oder vorzugsweise nur das Pankreas resp. ein Hepatopankreas, bald gemeinsam mit jenen auch der Mitteldarm (dessen Schleimhaut alsdann, um möglichst ausgiebig secretorisch thätig sein zu können, oft Falten und Wülste bildet oder sich zu den Appendices pyloricae ausflackt) die eiweißverdauenden Secrete.

Die Verhältnisse bei den Fischen beanspruchen gerade deshalb eine besondere Berücksichtigung, weil uns darin die letzten Anklänge des für die höheren Wirbellosen charakteristischen Verdauungsmodus entgegentreten. Vor allem gilt dieses von der sowohl ein peptisch und tryptisch wie auch ein diastatisch wirkendes Secret producirenden Mitteldarmschleimhaut einiger Fische und außerdem von dem Hepatopankreas, welches bei zahlreichen Species nachgewiesen wurde. Bereits 1827 kam *Ernst Heinrich Weber* zu dem Ergebnisse, «daß die Leber bei den *Cyprinus*-Arten zugleich die Function des Pankreas habe, weil sie nämlich mit doppelten Ausführungsgängen, von denen die einen Galle, die anderen einen davon verschiedenen Saft führen, versehen ist, weil sie auch ihrer Farbe, Form, Anheftung an dem Darmcanale und ihrer Eintheilung in kleinere Läppchen nach, mehr Aehnlichkeit mit einem Pankreas als mit einer Leber hat, und weil endlich ihr Geschmack nicht mit dem der Leber bei anderen Fischen übereinstimmt.» *Weber's*

Beobachtungen erregten die Aufmerksamkeit von *Claude Bernard*, der sich in seinem *Mémoire sur le pancréas* (p. 543) über *Weber's* Ansicht folgendermaßen äußerte: Ich kann die Auffassung nicht zulassen, welche voraussetzt, daß ein und dasselbe organische Gewebe sehr verschiedene Functionen erfüllen kann; aber es könnte indessen ganz gut möglich sein, daß die beiden Gewebe (des Pankreas und der Leber), obwohl anatomisch wie physiologisch von einander wesentlich verschieden, eine einheitliche Masse bilden. *Leyouis'* umfassende anatomische Untersuchungen lieferten neue Anhaltspunkte für die *Bernard'sche* Deutung der *Weber'schen* Befunde; aber daß die Vermuthung *E. H. Weber's* in der von *Cl. Bernard* interpretirten Weise nicht nur für *Cyprinus*, sondern zugleich für eine große Anzahl von Arten, welche den verschiedensten Familien unter den Fischen zugetheilt werden, vollkommen richtig ist, wurde erst nach genau 50 Jahren experimentell bewiesen⁶⁷⁾.

Alle die zahlreichen Dislocationen der Verdauungsdrüsen, wofür die Fische so instructive Beispiele bieten, werden aber an Seltsamkeit noch bei weitem überboten von den sog. Beindrüsen der Phronimiden, — vorausgesetzt, daß *Claus'* Deutung⁶⁸⁾ ihrer Function die richtige ist. Man würde sich alsdann das bei diesen Krebsen bestehende Verhältniß dadurch veranschaulichen können, daß man sich vorstellt, unsere Speichel-, Pankreas- und Magendrüsen befänden sich in unseren Armen, ihre Ausführungsgänge mündeten an der Volarfläche unserer Hände nach außen, so daß jedem ergriffenen Bissen die für seine Verdauung erforderliche Secretmenge gleich bei seiner Einführung in den Mund mitgegeben und schon in diesem die Speise mit dem Verdauungssafte auf's innigste gemischt wird.

Und auch die Fälle, wo der Vorder- oder Enddarm außergewöhnliche Functionen (wie z. B. bei *Cobitis fossilis* die Athmung⁶⁹⁾, bei den Columbiden die Secretion einer zur Ernährung der Jungen dienenden käseartigen Materie⁷⁰⁾) verricht, sind an

einzelnen Wirbellosen noch viel vortrefflicher als an Wirbelthieren zu exemplificiren. Ich erinnere in dieser Beziehung nur an die Schwefelsäure bildenden Drüsen am Vorderdarme von *Dolium* und *Cassidaria*⁷¹⁾ an die verschiedenartigen Producte, welche der Enddarm der Insecten liefert, an die respirirende Thätigkeit des Syllidendarmes⁷²⁾. — und ich glaube überhaupt auf keinen Widerspruch zu stoßen, wenn ich behaupte, daß die interessantesten Probleme der vergleichenden Physiologie der Verdauung an niederen Thieren aufgedeckt wurden, und die biologisch wichtigsten Fragen nur an diesen der Lösung entgegenzuführen sind.

Verfuche
über Ver-
dauung an
höheren
Thieren.

Müssen wir nun, um die Fundamente, welche für den Aufbau einer vergleichenden Physiologie der Verdauung geschaffen sind, möglichst erschöpfend zu behandeln, noch auf Beobachtungen an höheren Thieren recurriren, so sind wir dazu nur deshalb gezwungen, weil diesbezügliche Untersuchungen an Wirbellosen bislang nicht angestellt wurden, nicht etwa weil sie an diesen nicht ausgeführt werden könnten.

Ernährung
u. Enzym-
bildung
beim Fötus.

Die fötale Ernährung jedes viviparen Wirbelthieres verläuft vollkommen analog der eines exquisten Schmarotzers. Nur aus dem mütterlichen Blute (und nicht aus dem Fruchtwasser) befriedigt die Frucht gleichzeitig ihr Athmungs- und Nährbedürfniß. Trotz alledem beginnen die Magendrüsen der lebendig gebärenden Selachier⁷³⁾, die Speichel-, Pankreas- und Magendrüsen bei einigen Säugethieren⁷⁴⁾ schon in einer sehr frühen Embryonalperiode zu functioniren, — zu einer Zeit, wo die gebildeten Enzyme wochenlang wirkungslos bleiben müssen. Wir treffen hier also genau dieselben Verhältnisse an, welche wir bei den Protisten und Cölenteraten eingehender besprochen haben.

Von den Gesichtspuncten, welche bei der Erforschung der Verdauungsvorgänge bei Vertebraten maßgebend waren, ist wohl

Heidenhain's
u. *Kühne's*
Unter-
suchungen.

keiner von so hoher Bedeutung für diesen Abschnitt der vergleichenden Physiologie als derjenige, welcher seit *Heidenhain's* Arbeiten

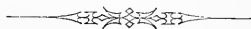
für die Histologie der Verdauungsdrüsen der allgemein leitende geworden ist. Ich denke an die von *Heidenhain*⁷⁵⁾ und seinen Schülern an Eiweiß-, Schleim- und Magendrüsen aufgedeckten, von *Kühne* und *Lea*⁷⁶⁾ zuerst am lebenden Gewebe des Pankreas näher ermittelten Veränderungen des histologischen Verhaltens dieser Drüsen während ihrer Thätigkeit. Und in gleichem Maße, wie lebhaft zu wünschen ist, daß untersucht werde, ob sich auch bei Wirbellosen eine anhaltende Thätigkeit durch mikroskopisch nachweisbare Umwandlungen der secernirenden Zellen verräth, ob auch in den Speichel- und Leberzellen der Evertebraten zu gewissen Zeiten Secretionsmaterial zum Zwecke des Verbrauches während der Thätigkeit angehäuft wird, — so muß es, sage ich, in gleichem Maße wünschenswerth erscheinen, daß die besonders von *Kühne* mit so großem Erfolge angebahnten Untersuchungen über die Spaltungsproducte bei der Eiweißverdauung⁷⁷⁾, über die Abcheidung und Reingewinnung der Enzyme⁷⁸⁾ auch auf die Secretionsproducte der Wirbellosen Ausdehnung finden. Abgesehen von einigen bei der Verdauung durch Evertebratenenzyme aus Fibrin entstehenden gut charakterisirten Spaltungsproducten ist in dieser Art bei Wirbellosen noch nichts bekannt geworden. Die Leber der Krebse und Mollusken würde sich für histologische Untersuchungen in der bezeichneten Richtung ganz vorzüglich eignen; «ob in diesem vielseitigen Organe», so schrieb ich⁷⁹⁾ vor 5 Jahren, und der Stand der Dinge ist seitdem ziemlich derselbe geblieben, «alles (die verschiedenen Enzyme, das Fett, der Zucker, das Glykogen, die sog. Gallenfarbstoffe) durch Colliquation aus Einer Zelle hervorgehen kann, ob Transudation und zur Becherzellenbildung führende Quellung der Zellen periodisch abwechseln oder ob Arbeitstheilung unter den Leberzellen herrscht, muß zur Zeit als eine offene Frage angesehen werden. Der kleine und große periodische Wechsel der Enzymproduction, die Verschiedenheiten unter den Lebersecreten

bei nahe verwandten Thieren werden sichere Ausgangspuncte zur Lösung dieser Fragen bieten».

Schluß-
betrach-
tungen.

Ein Rückblick auf das Vorgetragene lehrt uns, daß in der lebenden Welt die Umwandlung der festen in flüssige Nahrung auf zweifache Weise geschehen kann: erstens durch die lebende Substanz als solche und zweitens durch enzymatisch wirkende Secrete. Von diesen beiden Verdauungsmodi kann der eine an Stelle des anderen treten; ohne eine directe oder indirecte Verdauung ist aber der Fortbestand des Lebens undenkbar. Für die Möglichkeit, daß die vitale (protoplasmatifche oder cellulare) Verdauung die secretive ersetzt, sind uns im Vorhergehenden zahlreiche Beispiele bekannt geworden, für die thatsächliche Existenz des umgekehrten Falles, der in mehrfacher Weise (ohne oder durch Vermittlung eines anderen Lebewesens) perfectionirt gedacht werden könnte, ist jedoch ein Beweis noch nicht geliefert. Die Verdauung ist bei allen lebenden Wesen höchst wahrscheinlich in potentia qualitativ ein und dieselbe. Aber nicht alle Wesen wußten sich, wie wir sahen, das Verdauungsvermögen in seiner ganzen Vielseitigkeit zu bewahren, und andere verstanden die Vortheile ihrer Befähigung, verdauende Enzyme zu bilden, gar nicht oder wenigstens nicht annähernd auszunützen. Der Instinct bestimmt, wie man zu sagen pflegt, das eine Thier ein ausschließlicher Pflanzenfresser, das andere ein ausschließlicher Fleischfresser zu sein, obgleich eine gemischte Kost keinem von beiden schaden würde.

So zeigt denn kein anderer Abschnitt der vergleichenden Physiologie so deutlich als der der Verdauung, wie in der Fülle der Mittel, über welche der lebende Organismus verfügt, die Verschiedenheiten begründet liegen, welche sich an verschiedenartigen Formen offenbaren.



Anmerkungen und Literaturnachweis.

(Die fettgedruckten Zahlen, auf welche im Folgenden verwiesen wird, beziehen sich auf die den einzelnen Literaturangaben vorgeetzten Nummern in der Tabelle am Schluß dieses Heftes.)

- 1) Vergl. *Lœw* in *Silliman's Journ.* 1868. Novemberheft.
- 2) *Kolbe, H.* u. *Schmitt, Rud.*, Directe Umwandlung der Kohlenfäure in Ameisenfäure. *Ann. d. Chem. u. Pharm.* Bd. 119. 1861. S. 251—253.
- 3) *Drechfel, E.*, Reduction der Kohlenfäure zu Oxalfäure. *Ann. d. Chem. u. Pharm.* Bd. 146. 1868. S. 140 u. 141.
- 4) *Kühne, W.*, Ueber den Sehpurpur. *Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg.* Bd. I. 1877. S. 54—58.
- Ewald, A.* u. *Kühne, W.*, Untersuchungen über den Sehpurpur. *Ibid.* Bd. I. 1877. S. 185—218.
- 5) *Moreau, Fr. A.*, Sur l'air de la vessie natatoire des poissons. *Compt. rend. T.* 57. 1863. p. 37—39 et p. 816—820.
- , Variation des proportions d'oxygène dans la vessie natatoire des poissons. *Ibid.* T. 58. 1864. p. 219.
- , Recherches physiologiques sur la vessie natatoire. *Mémoire de physiologie.* Paris. (*Mallon.*) 1877. p. 64—67 et p. 69—86.
- 6) *Pfeffer, W.*, Pflanzenphysiologie. Bd. I. Leipzig. 1881. S. 182 ff.
- 7) *Bernard, Cl.*, Leçons sur les phénomènes de la vie etc. T. II. Paris. 1879. p. 241—389.
- 8) Vergleiche hierzu die Vorträge von: *Harting, P.*, Das schlummernde Leben. *Skizzen aus der Natur.* II. Leipzig. 1856. S. 69—106.
- Bernard, Cl.*, L. c., T. I. 1878. p. 65 ff.
- Preyer, W.*, Ueber die allgemeinen Lebensbedingungen. *Naturwissenschaftliche Thatfachen u. Probleme.* Berlin. 1880. S. 1—32 u. S. 281—301.
- 9) *Wollaston*, *Ann. of nat. hist.* T. VI. 1850. p. 489.
- 10) Vergl. *Seimper, C.*, Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere. Th. I. Leipzig. 1880. S. 250.

¹¹⁾ *Méguin*, Note sur la faculté qu'ont certains Acariens, avec ou sans bouche, de vivre sans nourriture pendant des phases entières de leur existence, et même pendant toute leur vie. *Compt. rend. T. 83. 1876. p. 993—995.*

¹²⁾ Vgl. *Jourdain, S.*, Sur les stomatorhizes de la *Sacculina Carcini Thompson*. *Compt. rend. T. 92. 1881. p. 1352—1354.*

¹³⁾ *de Lacaze-Duthiers, H.*, Histoire de la *Laura Gerardiae*, type nouveau de Crustacé parasite. *Arch. de zool. exp. et gén. T. VIII. 1880. p. 537—581.*

¹⁴⁾ *de Lacaze-Duthiers, H.*, Recherches sur la *Bonellie*. *Ann. d. scienc. nat. Zool. Sér. IV. T. X. 1858.*

Kowalevsky, *Schriften der naturf. Gefellsch. zu Kiew. Bd. V.*

Vejdovský, Fr., Ueber die Eibildung und die Männchen von *Bonellia viridis*. *Zeitschr. f. wiff. Zool. Bd. 30. 1878. S. 487—500.*

Selenka, E., Das Männchen der *Bonellia*. *Zool. Anz. I. Jahrg. 1878. S. 120 u. 121.*

Spengel, J. W., Beiträge zur Kenntniß der Gephyreen. I. *Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. I. 1879. S. 357—419.*

Greef, R., *Arch. f. Naturg. 1877. S. 343 u. Die Echiuren. Nova acta d. k. Leop. Carol. Acad. Halle. 1879.*

¹⁵⁾ *Rindfleisch*, Zur Histologie der Cestoden. *Arch. f. mikr. Anat. Bd. I. 1865. S. 142.*

¹⁶⁾ *Bernard, Cl.*, L. c. T. II. p. 116.

¹⁷⁾ *5.* p. 222.

¹⁸⁾ *Folter, M.*, *Proc. of the r. Soc. Jan. 1866. u. Journ. of anat. and physiol. Vol. I. 1867. p. 162.*

¹⁹⁾ *Sommer, F.*, u. *Landois, L.*, Ueber den Bau der geschlechtsreifen Gliedervon *Bothriocephalus latus*. *Zeitschr. f. wiff. Zool. Bd. 22. 1872. S. 47.*

Sommer, F., Ueber den Bau und die Entwicklung der Geschlechtsorgane von *Tænia mediocanellata* und *Tænia solium*. *Sep.-Abdr. a. d. Zeitschr. f. wiff. Zool. Bd. 24. 1874.*

²⁰⁾ *Kahane, Z.*, Anatomie von *Tænia perfoliata*, als Beitrag zur Kenntniß der Cestoden. *Zeitschr. f. wiff. Zool. Bd. 34. 1880. S. 175—254.*

²¹⁾ *Pinthner, Th.*, Unterf. über den Bau des Bandwurmkörpers mit bes. Berücksichtigung der Tetrabothrien u. Tetrarhynchen. *Sep.-Abdr. a. d. Arbeiten d. zool. Inst. zu Wien. T. III. Heft 2. 1880.*

²²⁾ *Brandt, K.*, Ueber die Axenfäden der Heliozoën u. die Bewegungen von *Actinosphaerium*. *Sonderabdr. a. d. Sitzungsab. d. Gef. naturf. Freunde in Berlin vom 15. Oct. 1878.*

—, Unterfuchungen an Radiolarien. *Monatsber. d. k. Acad. d. Wiff. zu Berlin. (21. April) 1881. S. 388—404.*

²³⁾ *Gottlieb, J.*, Ueber eine neue, mit Stärkemehl isomere Substanz. *Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 75. 1850. S. 51—61.*

Schneider, A., Beiträge zur Naturg. der Infusorien. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1854. S. 191—207.

Auerbach, L., Ueber die Einzelligkeit der Amöben. Zeitfchr. f. wiff. Zool. Bd. VII. 1856. S. 384.

Rouget, Des substances amyloïdes; de leur rôle dans la constitution des tissus des animaux. Journ. de la physiol. T. II. 1859. p. 315.

Bütchli, O., Notiz über das Vorkommen einer dem Amyloid verwandten Substanz in einigen niederen Thieren. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1870. S. 362—365.

Certes, A., Sur la glycogénèse chez les Infusoires. Compt. rend. T. 90. 1880. p. 77—80.

²⁴⁾ *Krukenberg*, Ueber ein peptifches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten u. im Eidotter vom Huhne. Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. 1878. S. 273—286.

²⁵⁾ *Engelmann, Th. W.*, Protoplasma u. Flimmerbewegung. Handbuch der Physiologie von *L. Hermann*. Bd. I. Theil I. Leipzig. 1879. S. 349.

²⁶⁾ *Brandt, K.*, Färbung lebender einzelliger Organismen. Biologifches Centralblatt. I. Jahrg. 1881. S. 204.

²⁷⁾ *Brandt, K.*, l. c. u. Verhandl. d. physiol. Gefellfch. zu Berlin. 1878. S. 35.

²⁸⁾ *Certes, A.*, Sur un procédé de coloration des Infusoires. Compt. rend. T. 92. 1881. p. 424—426 und Zool. Anzeiger. IV. Jahrg. 1881. S. 208—212.

—, Dosage de la solution de Cyanine pour la coloration des Infusoires. Ibid. S. 287—288.

²⁹⁾ *Brandt, K.*, Ueber das Zusammenleben von Thieren und Algen. Verhandl. d. physiol. Gefellfch. zu Berlin. 1881—82. S. 22—26 u. Biolog. Centralbl. I. Jahrg. 1881. S. 524—527.

³⁰⁾ *Ray-Lankester, E.*, Abstract of a report on the spectroscopic examination of certain animal substances. Journ. of anat. Vol. IV. 1870. p. 126—129.

³¹⁾ *de Merejkowski, C.*, Sur la tétronérythrine dans le règne animal et sur son rôle physiologique. Compt. rend. T. 93. 1881. p. 1029—1032.

³²⁾ *Krukenberg*, Vergleichend-physiologische Studien. I. Reihe. II. Abth. 1880. S. 39—73.

Mehrere Referenten (z. B. *E. Salkowski* im *Hirfch-Virchow'schen* Jahresberichte für 1879) und Compileratoren (cf. *Hufemann*, Pflanzenstoffe. 2. Aufl. Bd. I. Berlin. 1882. S. 280) find dadurch, daß in meinen Arbeiten über die Verbreitung des Zoonerythrins (damals von mir Tetronerythrin genannt) einige Male statt Spongien die Bezeichnung Schwämme gebraucht ist, zu der irrigen Vorstellung gelangt, die von mir unterfuchten Spongien (*Suberites*, *Chondrosia* etc.) der Adria feien Pilze. Derartige Pilzformen, welche man gewöhnlich als Schwämme bezeichnet, finden sich aber bekanntlich im Meere nicht, und ich brauche wohl kaum weiter auseinanderzufetzen, daß die von mir unter-

fuchten, genau specificirten Schwämme (Spongien) veritabile Thiere und keine Pflanzen sind.

³³⁾ *Miklucho-Maclay, N.*, Beitr. z. Kenntniß der Spongien. I. Jenaische Zeitschr. f. Medicin u. Naturw. Bd. IV. 1868. S. 233.

³⁴⁾ *Metchnikoff, E.*, Spongiologische Studien. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 32. 1879. S. 371—375.

³⁵⁾ Vgl. meinen ersten Vortrag, S. 23.

³⁶⁾ **3**, S. 339—342 und **7**, S. 64—75.

³⁷⁾ Vgl. Vortrag I. Note 53.

³⁸⁾ *Müller, Fr.*, Die Magenfäden der Quallen. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. IX. 1858. S. 542—543.

³⁹⁾ Vgl. *Lewes, G. H.*, Naturstudien am Seefrande. Uebersetzt von *J. Frese*. Berlin. 1859. S. 198 ff.

⁴⁰⁾ Aus diesem Grunde halte ich es trotz neuerer, *Trembley's* Versuchsergebnissen widersprechender Angaben (cf. *Engelmann, Th. W.*, Ueber *Trembley's* Umkehrungsversuch an Hydra. Zool. Anzeiger. I. Jahrg. 1878. S. 77—78 u. *Jentink, F. A.*, Tijdschr. nederl. dierk. Vereen. 1879. IV. D. 2. Afl. Versl. S. LI—LIII) für mehr als wahrscheinlich, daß Hydren, welche derart umgefüllt wurden, daß die Entodermis nach außen, das Ectoderm dagegen nach innen sieht, in dem von der Ectodermis umgebenen Behälter ihre Kost ebenso gut verdauen als normal, wo das Entoderm den Sack innen auskleidet. Ein theoretisches Bedenken, welches *Trembley's* Ergebnisse unwahrscheinlich macht, liegt jedenfalls nicht vor, und daß Hydren das Experiment des Umfüllens oft sogar an sich selbst vornehmen, wird wer sich Hydren hält leicht beobachten können.

⁴¹⁾ Vgl. *Krukenberg*, Zur Kritik der Schriften über eine sog. intracellulare Verdauung bei Cölenteraten. Vergl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1882. S. 139—142.

⁴²⁾ *Hamann, O.*, Die Mundarme der Rhizotomen u. ihre Anhangsorgane. Jenaische Zeitschr. f. Medicin u. Naturwiss. Bd. XV. 1881. S. 243—285.

⁴³⁾ **51**, p. 69—70.

⁴⁴⁾ Vgl. *Metchnikoff, E.*, Ueber die Verdauungsorgane einiger Süßwasserturbellarien. Zoolog. Anzeiger. I. Jahrg. 1878. S. 387—390.

⁴⁵⁾ **3**, S. 360—361 u. **8**, S. 62—63.

⁴⁶⁾ **52**, S. 37—46.

⁴⁷⁾ Specielleres hierüber findet sich **2**, **3**, **6**, **10** u. **32**.

⁴⁸⁾ **9**, S. 396.

⁴⁹⁾ **40**, p. XLIX.

⁵⁰⁾ **2**, S. 36.

⁵¹⁾ **26**.

⁵²⁾ *Darwin, Ch.*, Die Bildung der Ackererde durch die Thätigkeit der Würmer. In Uebersetzung von *J. V. Carus*. Stuttgart. 1882. S. 28.

Vergleiche dazu meine weit älteren Angaben (2, S. 37) über die Reaction des Darminhaltes bei *Lumbricus*, welche *Darwin*, ohne daß er sie kannte, nur zu beftätigen vermochte.

⁵³⁾ Vgl. Vortrag I, S. 23.

⁵⁴⁾ Vgl. 2, S. 6 Anm. 1.

⁵⁵⁾ Cf. *Grube, Ed.*, Fehlt den Wespen- und Hornissenlarven ein After oder nicht? Arch. f. Anat. u. Physiol. 1849. S. 47—74.

Ich will zu dem im Texte Gefagten noch bemerken, daß einige Entomologen z. B. *Hermann Müller* (vgl. die Zeitschrift «Humboldt» 1882. Nr. 1) von der angeblichen Afterlosigkeit der Bienenlarven nicht überzeugt zu sein scheinen, und daß der genannte Forscher, nachdem er schon vor 12 Jahren Excremente von *Megachile*-Larven beobachtet, neuerdings die Anwesenheit und Thätigkeit eines Afters bei den Larven von *Dasipoda hirtipes* nachgewiesen hat.

⁵⁶⁾ Cf. *Gartenauer, H. M.*, Ueber den Darmcanal einiger einheimischen Gasteropoden. Jena. 1875. S. 11—15 u. Fig. 3.

⁵⁷⁾ 2, S. 5.

⁵⁸⁾ 2, S. 28—32.

⁵⁹⁾ 32, S. 414—416.

⁶⁰⁾ *Hazay, J.*, Die Molluskenfauna von Budapest. III. Biologischer Theil. Malakozoische Blätter von *L. Pfeiffer*. N. F. Bd. IV. 1881. S. 196—203.

⁶¹⁾ 3, S. 350—352.

⁶²⁾ 3, S. 352—356.

⁶³⁾ 3, S. 357.

⁶⁴⁾ *Stalter, G. F.*, Ueber die Nahrung des medicinischen Blutegel. Vierteljahrsschrift f. pract. Pharmacie von *Wittlein*. Bd. VI. S. 528—532.

⁶⁵⁾ *Krukenberg*, Sind die nicht drüsigen Theile der sog. Radialanhänge des Afterdendarmes Hepatointestinalcanäle oder reine Leberausführungsgänge? Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1882. S. 181—182.

⁶⁶⁾ 40, p. 149—150.

⁶⁷⁾ 1, 2, S. 41 ff. und 49.

⁶⁸⁾ *Claus, C.*, Der Organismus der Phoroniden. Arb. des zoolog. Inst. der Univ. zu Wien. T. II. Heft 1. 1879.

⁶⁹⁾ Vgl. *Baumert, M.*, Chemische Untersuchungen über die Respiration des Schlammpeizgers (*Cobitis fossilis*). Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 88. 1853. S. 1—56.

⁷⁰⁾ Vgl. *Hallé, C.*, Ueber den Oesophagus der Tauben etc. Zeitschr. f. rationelle Medicin. III. Reihe. Bd. 23. 1865. S. 101—132.

⁷¹⁾ Die vollständige Literatur über die Schwefelsäurehaltigen Secrete der Vorderdarmdrüsen von Gastropoden findet sich zusammengestellt in meinen «Vergl.-physiol. Studien». I. Reihe. V. Abth. 1881. S. 66. Anm. 1.

⁷²⁾ Cf. *Eißig, H.*, Ueber das Vorkommen eines schwimmblassenähnlichen

Organs bei Anneliden. Mitth. a. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. II. Heft 3, 1881. S. 255—304.

⁷³⁾ 49, S. 396 u. 397.

⁷⁴⁾ *Langendorff, Ofe.*, Ueber die Entstehung der Verdauungsfermente beim Embryo. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1879. Physiol. Abth. S. 95—112.

⁷⁵⁾ Vgl. *Heidenhain, R.*, Physiologie der Abfonderungsvorgänge. Handbuch der Physiologie von *L. Hermann*. Bd. V. Th. I. 1880.

⁷⁶⁾ *Kühne, W.* u. *Lea, A. Sh.*, Ueber die Abfonderung des Pankreas. Sonderabdr. a. d. Verhandl. d. naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. I. Heft 5. 1876.

⁷⁷⁾ *Kühne, W.*, Ueber das Secret des Pankreas. Ibid. Bd. I. Heft 4. 1876.

⁷⁸⁾ *Kühne, W.*, Ueber das Trypsin (Enzym des Pankreas). Ibid. Bd. I. Heft 3. 1876.

⁷⁹⁾ 2, S. 22 u. 23.

Zusammenstellung der Literaturangaben

über die fecetive Verdauung bei Wirbellosen und bei Fischen.

(Chronologisch geordnet.)

Von Vertretern mehrerer Typen handeln:

1. *Krukenberg*, Versuche zur vergl. Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen. Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. 1877. S. 327—340. (Insecten, Krebse, Würmer, Mollusken u. viele Fischspecies.)
2. —, Vergleichend-physiol. Beiträge zur Kenntniß der Verdauungsvorgänge. Ibid. Bd. II. 1878. S. 1—45. (Insecten, Krebse, Würmer, Mollusken, Fische.)
3. —, Ueber die Enzymbildung in den Geweben und Gefäßen der Evertibraten. Ibid. Bd. II. 1878. S. 338—365. (Zahlreiche Repräsentanten aller Typen.)
4. —, Nachtrag zu den Untersuchungen über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten u. Echinodermen. Ibid. Bd. II. 1878. S. 366—377.
5. *Fredericq, L.* Sur la digestion des albuminoïdes chez quelques invertébrés. Bull. de l'acad. r. de Belgique II. Sér. T. 46. 1878. p. 213—228 u. Archives de zool. expér. et gén. T. VII. 1878. p. 391—400. (*Lumbricus terrestris*, *Nereis pelagica*, *Haemopsis vorax*; *Arion rufus*, *Mya arenaria*, *Mytilus edulis*; *Asteracanthion rubens*.)
6. *Krukenberg*, Noizen zur Literatur über die vergl. Physiologie der Nahrungsproceße. Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. (Verfendet 1878.) S. 418—423. (Kritik der Arbeiten von *Fredericq* und *Luchtau*.)

7. *Krukenberg*, Weitere Studien über die Verdauungsvorgänge bei Wirbellosen. Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. I. Abth. 1879. S. 57—76.
8. —, Nachträge zu meinen vergleichend-physiologischen Untersuchungen über die Verdauungsvorgänge. Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. 1881. S. 58—71.

Arthropoden.

a) Crustaceen.

9. *Hoppe-Seyler, F.*, Ueber Unterschiede im chemischen Bau und der Verdauung höherer u. niederer Thiere. Arch. f. d. gef. Physiologie. Bd. XIV. 1876. S. 397—398 u. Physiologische Chemie. II. Theil. Berlin. 1878. S. 176.
10. *Krukenberg*, Zur Verdauung bei den Krebsen. Unterf. a. d. physiol. Inf. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. 1878. S. 261—289.
11. *Weber, M.*, Ueber den Bau u. die Thätigkeit der fog. Leber der Crustaceen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 17. 1880. S. 385—457.

b) Arachnoiden.

12. *Blanchard, E.*, L'organisation du règne animal. Classe des Arachnides. Paris. 1852—1855. p. 60—70. (*Scorpio occitanus*.)
13. *Plateau, F.*, Note sur les phénomènes de la digestion et sur la structure de l'appareil digestif chez les Phalangides. Extrait des Bullet. de l'acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 42. 1876.
14. —, Recherches sur la structure de l'appareil digestif et sur les phénomènes de la digestion chez les Aranéides dipneumones. Ibid. 2. Sér. T. 44. 1877.
15. *Bertkau, Ph.*, Ueber den Bau und die Function der fog. Leber bei den Spinnen. Zool. Anzeiger. IV. Jahrg. 1881. S. 543—544.

c) Myriopoden.

16. *Plateau, F.*, Recherches sur les phénomènes de la digestion et sur la structure de l'appareil digestif chez les Myriapodes de Belgique. Extr. des Bullet. de l'acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 42. 1876.

d) Insecten.

17. *Rengger, J. R.*, Physiologische Untersuchungen über die thierische Haushaltung der Insecten. Tübingen. 1817. S. 7 ff.
18. *Boucharadat*, De la digestion chez le ver à soie. Mémoire d'observations sur les maladies de cet insecte. Compt. rend. T. 31. 1850. p. 379—381 u. Rev. et Mag. de zoologie. 1851. p. 34—40.

19. *Balch, S.*, Untersuchungen über das chylopoetische u. uropoetische System der *Blatta orientalis*. Sitzungsab. d. k. Ak. d. Wiss. in Wien. Math.-naturw. Classe. Bd. 23. 1858. S. 234—260.
20. *Plateau, F.*, Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les insectes. Bruxelles 1874.
21. *Jousset de Bellesme*, Recherches expérimentales sur la digestion des insectes. Paris. 1875.
22. —, Recherches sur les fonctions des glandes de l'appareil digestif des insectes. Compt. rend. T. 82. 1876. p. 97—99.
23. *Plateau, F.*, Sur la digestion chez les insectes; remarques à propos d'un travail récent de Mr. *Jousset*. Ibid. p. 340—342.
24. *Jousset de Bellesme*, Réponse à la réclamation de Mr. *F. Plateau*, au sujet de la digestion des insectes. Ibid. p. 461—463.
25. *Plateau, F.*, Note sur les phénomènes de la digestion chez la Blatte américaine (*Periplaneta americana L.*). Extr. d. Bull. de l'acad. r. de Belgique. II. Sér. T. 41. 1876.
26. —, Note additionnelle au mémoire sur les phén. de la digestion chez les insectes. Ibid. T. 44. 1877.
27. *Jousset de Bellesme*, Travaux originaux de physiologie comparée. Vol. I. Insectes. Paris. 1878.
28. *Erlenmeyer, E.*, u. v. *Planta-Reichenau, A.*, Chemische Studien über die Thätigkeit der Bienen. *Eichlädter Bienenzeitung*. Bd. 34. 1878. S. 181—183. u. Bd. 35. 1879. S. 155—158.

Mollusken.

29. *Bernard, Cl.*, Recherches sur une nouvelle fonction du foie. Ann. d. scienc. nat. Zoologie. III. Sér. T. 19. 1853. p. 331—335. (*Loligo*, *Limax*, *Ostrea* u. *Anodonta*.)
30. —, Mémoire sur le pancréas. Supplément aux Compt. rend. T. I. 1856. p. 545.
31. —, Leçons de physiologie expérimentale. 1856. T. I. p. 101. u. T. II. p. 487—493.
32. *Krukenberg*, Ueber die Verdauungsvorgänge bei den Cephalopoden, Gastropoden u. Lamellibranchiaten. Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. (Verfendet 1878.) S. 402—417.

a) Gastropoden.

33. *Barfurth, D.*, Die Leber der Gastropoden, ein Hepatopankreas. Zoolog. Anzeiger. III. Jahrg. 1880. S. 499—502.

b) Cephalopoden.

34. *Bert, P.*, Mémoire sur la physiologie de la Seiche. Extr. des Mém. de la soc. des scienc. phys. et nat. de Bordeaux. T. V. 1857. p. 115. u. Compt. rend. T. 65. 1867. p. 300—303.
35. *Fredericq, L.*, Sur l'organisation et la physiologie du Poulpe. Bull. de l'acad. r. de Belgique. II. Sér. T. 46. 1878. p. 761—762. u. Archives de zool. expér. T. VII. 1878. p. 578—581.
36. *Jousset de Bellesme*, Recherches sur le foie des Mollusques céphalopodes. Compt. rend. T. 88. 1879. p. 304—306.
37. —, Recherches sur la digestion chez les Mollusques céphalopodes. Ibid. p. 428—429.
38. *Vigelius, W. J.*, Ueber das fog. Pankreas der Cephalopoden. Zoolog. Anzeiger. IV. Jahrg. 1881. S. 431—433.
39. *Bourquelot, E.*, Recherches relatives à l'action des sucs digestifs des Céphalopodes sur les matières amylacées. Compt. rend. T. 93. 1881. p. 978—980 (Widerlegung der Ideen von *Jousset de Bellesme*, Befätigung u. Erweiterung meiner Verfuche).

A n h a n g.

Fische¹⁾.

40. *Spallanzani, L.*, Expériences sur la digestion de l'homme et de différentes espèces d'animaux. Avec des considérations par *J. Senebier*. Nouvelle édition. Genève. 1784. p. 146—154.
41. *Tiedemann, F.*, u. *Gmelin, L.*, Die Verdauung nach Verfuchen. II. Bd. 2. Aufl. Heidelberg u. Leipzig. 1831. S. 270—271 (Außer neuen Ergebnissen zugleich eine Zusammenstellung vereinzelter Angaben aus älteren Schriften enthaltend).

¹⁾ Außer diesen Abhandlungen physiologischen Inhaltes vergl. auch folgende, zum größten Theile wenig bekannt gewordenen anatomische Arbeiten:

Weber, E. H., Ueber die Leber von *Cyprinus carpio*, die zugleich die Stelle des Pankreas zu vertreten scheint. Arch. f. Anat. u. Physiologie. Jahrg. 1827. S. 294—299.

Waatewijn, H. W., Bijdrage tot de Histologie van den Vischdarm. Acad. Praefscript. Leiden. 1872.

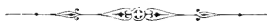
Legouis, P., Recherches sur les tubes de *Weber* et sur le paneréas des poissons osseux. Ann. d. scienc. nat. Zoologie. V. Sér. T. XVII. u. XVIII. 1873.

Edinger, L., Ueber die Schleimhaut des Fischdarmes etc. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIII. 1876. S. 651—692.

Garel, J., Recherches sur l'anat. gén. comp. et la signification morphologique des glandes de la muqueuse intestinale et gastrique des animaux vertébrés. Paris. 1879.

Langley, J. N., u. *Scott, H.*, On the Changes in Pepsin-forming Glands during Secretion. Journ. of Physiology. Vol. II. 1879—1880. p. 290—291.

42. *Fick u. Murifer*, Ueber das Magenferment kaltblütiger Thiere. Verhandl. d. Würzburger phys.-med. Gefellsch. N. F. Bd. IV. 1873. S. 120 ff.
43. *Rabuteau et Papillon*, Observations sur quelques liquides de l'organisme des poissons etc. Compt. rend. T. 77. 1873. p. 136.
44. *Hoppe-Seyler, F.*, Arch. f. d. gef. Physiologie. Bd. XIV. 1876. S. 395—396 u. Physiologische Chemie. II. Theil. Berlin. 1878. S. 218—219, 230 u. 257.
45. *Luchtau, E.*, Vorläufige Mittheilung über die Magenverdauung einiger Fische. Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1877. S. 497—498.
46. *Homburger, L.*, Zur Verdauung der Fische. Ibid. S. 561—562.
47. *Richet, Ch.*, Des propriétés chimiques et physiologiques du suc gastrique chez l'homme et les animaux. Paris. 1878. p. 12—16 et p. 69—79.
48. *Luchtau, E.*, Ueber die Magen- u. Darmverdauung bei einigen Fischen. Inaug.-Dissertation. Königsberg. 1878.
49. *Krukenberg*, Zur Verdauung bei den Fischen. Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. (Verfandt 1878) S. 385—401.
50. *Bernard, Cl.*, Leçons sur les phén. de la vie. T. II. 1879. p. 350.
51. *Richet, Ch.*, et *Mourrut*, De quelques faits relatifs à la digestion gastrique des poissons. Compt. rend. T. 90. 1880. p. 879—881.
52. *Krukenberg*, Physiol.-chem. Untersuchungen an *Luvarus imperialis*. (Die enzymat. Eigenschaften der Secrete der Drüsen am Digestionstractus.) Vergl.-physiol. Studien. I. Reihe. IV. Abth. 1881. S. 37—46 (Enthält zugleich eine eingehendere Erörterung der unrichtigen Vorstellungen über die Wirkung des Fischmagenstoffes bei verschiedenen Temperaturen).



III.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

FARBSTOFFE UND DER FARBEN.



CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Farbstoffe und der Farben.

Die Physiologie der thierischen und pflanzlichen Farbstoffe hat in der jüngsten Zeit insofern eine gewisse Abrundung erfahren, als es gelungen ist, sowohl die Zahl der einzelnen Farbstoffgruppen dadurch zu vermindern, daß man einen Zusammenhang zwischen mehreren derselben erkannte, als auch die Identität resp. die Zusammengehörigkeit von Pigmenten bei weit von einander abstehenden Formen nachzuweisen.

Vor vier Jahren stieß ich bei meinen Spongienuntersuchungen auf einen rothen Farbstoff, welcher sich mit dem von *Wurm* aus den sog. Rosen der Auerhähne extrahirten und von ihm Tetronerythrin genannten Pigmente in seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften als identisch erwies¹⁾. Diefem Befunde, der seiner Zeit sehr überraschen mußte, wurde jedoch bald seine Absonderlichkeit genommen, indem ich weiterhin zeigte, daß das sog. Tetronerythrin einer Classe von Farbstoffen angehört, welche bei den verschiedenartigsten Thier- wie Pflanzenspecies ihre Vertreter findet. Das Tetronerythrin (*Zoonerythrin Bogdanow's*) war, wie mehrere gleichfalls schon länger bekannte Pigmente (Carotin, Saffranfarbstoffe, Lutein etc.), hiermit als Glied einer weit verbreiteten Farbstoffclasse erkannt, welche man jetzt als Lipochrome (Fettfarbstoffe) bezeichnet, und man darf behaupten, daß gerade das Studium

der Lipochrome, die Abgrenzung dieser Farbstoffgruppe und die Kenntniß ihrer Verbreitung uns über viele vermeintliche Complicationen bei der Pigmentirung der Thiere wie der Pflanzen hinweggeholfen hat. Die Lipochrome sind die Wegweiser geworden, mittelst deren es möglich war, sich in dem zuvor wilden Chaos der thierischen wie pflanzlichen Pigmentirungen zurechtzufinden, das Gleichartige auszulesen und von dem äußerlich Aehnlichen, aber feiner chemischen Beschaffenheit nach ganz Differenten zu unterscheiden. Die Lipochrome müssen deshalb bei einer vergleichenden Chromatologie der lebenden Wesen vor allem in's Auge gefaßt werden, und es bedarf keiner weiteren Rechtfertigung, wenn wir unsere Betrachtungen mit denselben beginnen lassen²⁾.

Die Lipochrome.

Durch ihre Löslichkeitsverhältnisse, ihre Unzerstörbarkeit bei der Verseifung mit siedender Natronlauge in wässriger wie alkoholischer Lösung, durch die Blaufärbung, welche sie im trockenen Zustande durch conc. Schwefelsäure oder starke Salpetersäure erfahren, durch ihre Lichtempfindlichkeit, durch die Gleichartigkeit ihrer Bleichproducte (Cholestearin oder cholestearinartige Körper), durch ihre chemische Zusammensetzung (nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehend), und endlich durch ihre Färbungen (grüngelb, gelb, orange, roth) sind die Lipochrome im Allgemeinen charakterisirt. Eine scharfe Abgrenzung derselben ist zwar unmöglich, weil sie einerseits in die spectroscopisch schlecht gekennzeichneten und in den lipochromatischen Lösungsmitteln schwer oder fast unlöslichen Lipochromoide resp. Melanoide übergehen und weil andererseits Kühne³⁾ nachgewiesen hat, daß ein echtes Lipochrom, das Rhodophan nämlich, nach besserer Reinigung keine Blaufärbung durch salpetrige Säure mehr annimmt. Fernerhin verdient bei einer allgemeinen Charakteristik der Lipochrome die Thatfache nicht außer Acht gelassen zu werden, daß sich ein Theil derselben auch beim Benetzen mit Jod-Jodkaliumlösung blaugrün färbt, ein anderer Theil dagegen nicht oder nur mangelhaft⁴⁾,

und daß das spectroskopische Verhalten der einzelnen Lipochrome in manchen Fällen erheblich von einander abweicht, indem die Lösungen der Xanthophane und Rhodophane durch ein, die der Chlorophane durch zwei oder drei Absorptionsbänder ausgezeichnet sind. Die Absorptionsbänder ein und deselben Lipochromes lagern im Spectrum verschieden, je nach dem angewandten Lösungsmittel. In alkoholischer oder ätherischer Lösung liegen sie am meisten dem violetten Ende des Spectrums genähert, in Schwefelkohlenstoff sind sie am meisten nach dem Roth zu verschoben und in Chloroform oder fetten Oelen gelöst, hält die Lage der Streifen zwischen beiden Extremen die Mitte ein. Aus *Kundt's* Untersuchungen⁵⁾ über die Verschiebung, welche die Mitte des dem rothen Ende des Spectrums zunächst liegenden Absorptionsstreifens vom Chlorophyll und welche der Absorptionsstreifen des Cyanins bei Anwendung verschiedener Lösungsmittel erfährt, wird zu folgern sein, daß die entsprechende Lageveränderung der Lipochrombänder nicht, wie *Kraus* für das Chlorophyll annahm⁶⁾, mit dem specifischen Gewichte des Lösungsmittels durchgängig im Einklang steht, sondern durch die brechende Kraft des Lösungsmittels derart veranlaßt wird, daß, je größer die Dispersion deselben für den blauen Theil des Spectrums ist, um so weiter die Absorptionsstreifen nach der brechbareren Seite des Spectrums fortschreiten.

Die Tinctionskraft der Lipochrome ist eine außerordentlich intensive, die Umsetzung in cholestearinartige Stoffe⁷⁾, welche sie unter Sauerstoffaufnahme am Lichte (aber auch, wenn schon weit langsamer, im Dunkeln) erfahren, eine verhältnißmäßig rapide, so daß selbst aus äußerlich stark gefärbten Geweben davon meist nur sehr schwierig größere Quantitäten rein zu erhalten sind. Deshalb blieb man zur Feststellung der chemischen Zusammensetzung der Lipochrome bislang allein auf das Carotin angewiesen, welches als der am besten bekannte Repräsentant dieser Farbstoffklasse zu gelten hat.

Das Carotin ($C_{18}H_{24}O$) ist der Farbstoff der cultivirten Mohrrübe (*Daucus Carota L.*). Seine braunrothen Bandkryrstalle von rhombischer Wetzsteinform schmelzen bei $168^{\circ} C.$, und es zeigt unmittelbare Beziehung zum Hydrocarotin ($C_{18}H_{30}O$), welches sich neben ihm in der Mohrrübe findet und dem Cholestearin nahe steht.

Solange wie die chemische Zusammenfetzung allein vom Carotin bekannt ist, sicher kryrstallifirt außerdem nur noch das Lutein, Eläochrin, Lecitochrin und das Chlorophyllgelb gewonnen wurden⁸⁾, sind es vorwiegend optische Differenzen, welche zu Unterscheidungen in der Lipochromreihe nöthigen. «Diese Unterscheidung ist aber eine zwingende, denn man hat jetzt im Carotin, Lutein und Eläochrin rein und kryrstallinisch zu gewinnende Körper, welche in diesem Zustande schon ohne Weiteres verschieden erscheinen durch die Farbe, vollends bei genauerer Untersuchung der Kryrstalle unter Beachtung des Dichroismus und der Absorption. Wie die Spectren der Fettpigmente vom Carotin bis zum Chlorophan in gleichen Lösungsmitteln eine merkwürdige Reihe zur brechbareren Seite fortschreitender Absorptionsstreifen darbieten, deren Verschiebung vielleicht in derselben Weise durch die chemische Zusammenfetzung der einzelnen Glieder bedingt wird, wie dies für die Linienfpectren der Didymverbindungen nach *Bunsen's* bekannten Arbeiten⁹⁾ gilt, so bilden die am reinsten dargestellten Pigmente auch eine Reihe bezüglich der direct wahrnehmbaren, dem Gelb zugehenden Farbe und eine Reihe in Hinsicht auf die Verwischung des Dichroismus.»¹⁰⁾

Was die Herkunft der Lipochrome anbelangt, so ist es wahrscheinlich, daß dieselben in den meisten Fällen aus fettartigen Substanzen hervorgehen, denn häufig, wenn auch wohl nicht ausnahmslos, sind sie in ihrem Vorkommen an Fett gebunden und lassen sich auch leicht in cholestearinartige Körper überführen. So wird ebenfalls ihr Vorkommen in den grünen Gewächsen zu erklären sein, welches bekanntlich ein so constantes ist, daß bis zu den verdienstvollen Arbeiten von *Hansen* trotz der unzählbaren

Abhandlungen über diesen Gegenstand der grüne und der gelbe Chlorophyllfarbstoff als eine einheitliche Substanz angesehen werden konnte. Aber zweifellos entstehen die Lipochrome auch noch auf andere Weise, aus Lipochromogenen oder aus Pigmenten, welche keine directe Verwandtschaft zu den Lipochromen erkennen lassen; so aus dem CyanokrySTALL¹¹⁾, dem krySTALLförmigen blauen, unter dem Panzer bei vielen Crustaceen abgelagerten Farbstoffe, der sich durch die geringfügigsten Eingriffe in ein Lipochrom umsetzt.

Die Verbreitungsweise der Lipochrome ist von großem Interesse. Sämmtliche bislang untersuchten gelben Blütenblätter, gelbe und rothe lymphatische Flüssigkeiten und zahlreiche Secrete bei Wirbelthieren wie Wirbellosen, die bunten Oelkugeln in den Zapfen der Wirbelthierretina, die Corpora lutea, die Eierdotter der verschiedensten Thierspecies, die gelben, grünen, orangenen oder rothen Hauttheile der Arthropoden und Vertebraten (von den Fischen bis zu den Vögeln) verdanken ihre Färbungen mit äußerst geringen Ausnahmen gelösten, körnig oder diffus abgelagerten Lipochromen; dagegen betheiligen sich die Lipochrome nie in erheblichem Maße an den Färbungen der Epithelialgebilde bei den Säugethieren, an den Färbungen der Vogeleierschalen und scheinen auch vielen protoplasmatischen resp. unicellulären Wesen zu fehlen. Auffallend sind die constanten Unterschiede, welche verschiedene Species in der Intensität der lipochromatischen Färbung gewisser Gewebe, besonders des Fettgewebes¹²⁾, aufweisen, und sehr überraschend ist die Thatsache, daß Lipochrome bei Schlangen nur spurenweise auftreten, während die verschiedenartigsten Organe der Vögel, Amphibien, Fische und auch vieler Reptilien mit lipochromreichen Lösungen getränkt sind. Einer eingehenderen Untersuchung würde es sich gewiß weiterhin lohnen, welche von den zahlreichen, mit eigenen Namen belegten gelben, orangenen, rothen und braunen Farbstoffen pflanzlicher Gebilde (z. B. Bixin, Polychroit, Safflorgelb, Carthamin, Luteolin, Draconin) den Lipochromen zugerechnet

werden müssen und welche nicht; besonders wünschenswerth dürfte es aber fein, in Erfahrung zu bringen, ob scharfe chemische Unterschiede zwischen den spectrokopisch so unterschiedlichen Chlorophanen, Xanthophanen und Rhodophanen bestehen, ob sich vielleicht nicht die eine von der anderen Gruppe als Homologes oder als Anhydridverbindung ableiten läßt.

Lipochromo-
moide und
Melanoide.
Melanine.

Die Lipochromoide und Melanoide, welche, wie ich zeigte¹³⁾, vorzugsweise die Stämme von Gorgoniden, die Gehäufe von Mollusken gelb, roth, braun, violett oder schwärzlich färben, führen unmittelbar zu den dunkelen Pigmenten, welche seit lange als Melanine¹⁴⁾ zusammengefaßt werden. Es steht außer Frage, daß unter diesem Gesamtbegriff sehr verschiedene, gegen Reagentien widerstandsfähige braune, in dickerer Schicht schwarz erscheinende Pigmente vereinigt wurden, von denen einige (z. B. die schwarzen Farbstoffe melanotischer Geschwülste, der schwarze, sedimentirende Körper pathologischen Harnes) ebenso sicher eines ganz andern Ursprungs als die Lipochromoide und Melanoide sind. Dafür jedoch, daß manche sog. Melanine trotz ihres Gehaltes an Eisen und an Stickstoff mit den Lipochromen in näherer genetischer Beziehung stehen als z. B. mit dem Hämoglobin, dürften die scharfe Abgrenzung einer melanotischen von einer lipochromatischen Färbung (z. B. in vielen Federn), sowie das bei vielen Thieren stets vergesellschaftete Vorkommen von Repräsentanten beider Farbstoffgruppen auf's Ueberzeugendste sprechen. Für die Entstehung vieler melanotischen Pigmente scheinen Licht und Sauerstoffmangel in einer zwar noch unaufgeklärten Weise unbedingtes Erforderniß zu sein¹⁵⁾; derartige Nebenumstände machen es denn auch verständlich, daß bei albinotischen Individuen die Melanose in den Epidermoidalgebilden ausbleiben kann, während sich die lipochromatischen Färbungen völlig normal entwickeln. Ich beschränke mich hier des Weiteren darauf, eine Zusammenstellung der genauesten Analysen derartiger melanotischer Farbstoffe zu geben und die Resultate

neuerer Untersuchungen mitzuthellen, welche am Fuscin, dem braunen Chorioidealpigmente des Wirbelthierauges, und an dem Sepiafarbstoffe gewonnen sind.

Elementare Zusammensetzung melanotischer Pigmente (in Procenten).

	Chorioidealpigment		Pigment aus melanot. Careinomen		Schwarzer Federfarbstoff			Sepienfchwarz	
	Scherer.	Rofow.	Dresfeler	Heintz.	verschiedener Corvus-Arten	von Pica caudata	von Ciconia alba	P. Girod.	
								I.	II.
					Hodgkinson	u. Sorby.			
C	58,28	54,00	51,73	53,44	55,4	49,5	55,5	53,6	53,9
H	5,92	5,30	5,07	4,02	4,28	4,8	4,8	4,04	4,02
N	13,77	10,10	13,24	7,10	8,5	7,6	8,5	8,8	8,6
O	(22,03)	(30,0)	(29,96)	(35,44)					
Asche		0,6	(1,47)					0	0

Das Fuscin erwies sich bei verschiedenen Thieren als mehr oder weniger lichtempfindlich, in keinem Falle aber als (bei Sauerstoffanwesenheit) vollkommen lichtbeständig; concentrirte Säuren wie Alkalien bedürfen jedoch längerer Zeit oder des Erhitzens, um eine und selbst dann nur sehr unvollständige Zerfetzung oder Auflösung des Pigmentes zu bewirken. Nur nach längerer Einwirkung von verdünnter Salpetersäure wird das Fuscin in verdünnten Alkalien sehr leicht löslich.

Das Sepienfchwarz ist eine braunschwarze, amorphe Masse mit grünlich metallischem Reflex. Es ist vollkommen unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether. Concentrirte Schwefelsäure wie Salpetersäure zerfetzen es und färben sich dabei rothbraun; Salzsäure wirkt sehr schwach ein, Chlor bleicht den Farbstoff. Warme Kalilauge erzeugt eine tiefbraune Lösung, die durch Schwefelsäure wie Salzsäure gefällt wird; auch Ammoniak soll lösend wirken, nicht aber Alkalicarbonate.

Eine große Anzahl von dunkelvioletten, gelb- und rothbraunen Pigmenten, welche sich von den Lipochromoiden und Melanoïden

durch das Nichteintreten der Schwefelsäurereaction, von den Melaninen durch ihre Färbung unterscheiden, gleicht in der Resistenz gegen Lösungsmittel, gegen Säuren und Alkalien den Melaninen; über jene läßt sich zur Zeit aber noch weniger sagen als über diese. Ich erinnere deshalb nur kurz an jene humusartigen Substanzen, welche sich unter Sauerstoff- und Wasseraufnahme aus Chromogenen in absterbenden Pflanzentheilen (z. B. in den sich zur Herbstzeit bräunenden Blättern und Akazienfchoten) bilden, oder welche durch Wärme- wie durch Alkalieinwirkung aus den Uranidinen unter Sauerstoffaufnahme hervorgehen.

Die Uranidine.

Als Uranidine¹⁶⁾ habe ich jene gelben Farbstoffe sehr verschiedenartigen Vorkommens (Aplysinofulvin in *Aplysina aërophoba* und *Aplysilla sulfurea*, die lymphatischen Farbstoffe von Ascidien und Insecten [*Hydrophilus*, *Dyticus*, *Oryctes*, *Melolontha*, Lepidopterenpuppen etc.], Aethalioflavin in *Aethalium septicum*) zusammengefaßt, welche unter Mitwirkung von Fermenten (sei es, daß solche bei der Melanose zerstört, sei es, daß diese dabei überhaupt erst in Wirksamkeit treten) in bräunliche oder dunkelviolette, gegen lipochromatische Lösungsmittel und Alkalien, theilweise auch gegen Säuren widerstandsfähige Massen verwandelt werden. Dieser Art wird auch der grüne Farbstoff sein, welchen Graf *B. Haller* in den Epithelzellen der Zuckerdrüse von Chitonen antraf, und dessen Veränderung in Violett er mit dem Secretionsvorgange der Drüsen als in Beziehung stehend nachwies¹⁷⁾. Die Tabelle auf S. 98 gewährt einen Einblick in die bei der Verfärbung der Uranidine verlaufenden, jedenfalls sehr complicirten Vorgänge.

Am längsten und am besten bekannt von allen thierischen Farbstoffen sind die Hämoglobine mit ihren Derivaten.

Die Hämoglobine mit ihren Abkömmlingen.

Die Hämoglobine zählen zu den Proteiden, d. h. Eiweißverbindungen, welche bei Spaltungsvorgängen neben anderen Stoffen Eiweißsubstanzen liefern; so zerfallen sie bei längerer Erwärmung

der wässrigen Lösung auf 70—80° C. in coagulirtes Eiweiß und in Hämatin.

Das Spectralverhalten der Hämoglobine und ihrer Abkömmlinge ist ein sehr bestimmtes und zum Nachweise derselben wohl geeignet. Dieses gilt jedoch nur, wenn man sich fraglichen Falls nicht nur mit der oberflächlichen spectrokopischen Prüfung eines einzigen Körpers dieser Reihe (z. B. des Oxyhämoglobins) begnügt, sondern die Untersuchung auch auf die Zeretzungsproducte desselben ausdehnt, die Intensität der einzelnen Absorptionsbänder und deren Lageverhältniß zu den *Fraunhofer'schen* Linien im Spectrum allemal genügend berücksichtigt; dieses ist schon deshalb nöthig, weil nicht nur die aus dem Indigearmin durch Kochen mit überschüssigem Alkali entstehende Purpurinschwefelsäure ein dem reducirten Hämoglobin ähnliches Spectralbild liefert, sondern auch thierische Farbstoffe (Turacin, Helicorubin, Carmin) dem Oxyhämoglobin spectrokopisch außerordentlich ähneln¹⁸⁾. Nach *Kundt's* Untersuchungen¹⁹⁾ scheinen die selbst in kaum gefärbten Hämoglobinlösungen so schwarz wie Tintenstriche hervortretenden Spectralstreifen auf anormaler Dispersion zu beruhen und an das spectrokopische Verhalten des Hämoglobins Betrachtungen über Absorptionsverhältnisse und chemische Wirkungsweise zu knüpfen, dürfte deshalb heute nicht unfruchtbarer sein als bei dem Chlorophyllgrün.

Bei den Hämoglobinen liegen die Dinge gerade umgekehrt wie bei den Lipochromen: die optische Analyse läßt uns der chemischen und krytallographischen (vgl. beistehende Tabelle) gegenüber im Stiche und zeigt constante Absorptionen bei großen sonstigen Differenzen, was sich vermuthlich daraus erklärt, daß alle Hämoglobine als einziges gefärbtes Derivat das stets gleiche eisenhaltige Hämatin liefern, wonach sie sämmtlich als Verbindungen desselben Farbstoffes, und zwar des *Stokes'schen* reducirten Hämatins (= Hämochromogen *Hoppe-Seyler's*) aufzufassen wären²⁰⁾. Nur die Färbungsintensität weicht zwischen Hämoglobinen verschiedener

Die Unterscheidungsmerkmale der Hämoglobine. ²¹⁾

	Kryallform	Elementare Zusammenetzung						Kryallwasser- gehalt	Kryallfations- fähigkeit	Löslichkeit in Wasser
		C	H	N	O	S	Fe			
Pferd	rhomboische Tafeln und Prismen . . .	54,87	6,97	17,31	19,73	0,65	0,47	—	beden- tend	gering
Hund	meist lange, vier- seitige Prismen .	53,85	7,32	16,17	21,84	0,39	0,43	3—4 %		
Schwein		54,17	7,38	16,23	21,36	0,66	0,43	5,9 %	fehr gering	
Meerfchwäinchen . .	Tetraeder } rhom- bisch ?	54,12	7,36	16,78	20,68	0,58	0,48	6 %	fehr beden- tend	fehr gering
Katte	Sphäroide									
Eichhörnchen . . .	hexagonal (sechs- seitige Tafeln)	54,09	7,39	16,09	21,44	0,40	0,59	9,4 %	be- deutend	gering
Gans	rhomboische Tafeln	54,26	7,10	16,21	20,69	0,54	0,43	7 %	gering	fehr groß.
Tyruthühner	regulär (Würfel, fel- ten mit Octäeder- flächen)									

Herkunft bisweilen, und in manchen Fällen alsdann selbst erheblich ab²²).

Wie die Tabelle auf S. 29—32 im ersten Hefte dieser Vorträge zeigt, wurde das Hämoglobin außer bei allen Wirbelthieren (mit alleiniger Ausnahme von *Amphioxus* [?] ²³) und den Leptocephaliden) auch noch bei Würmern (Turbellarien [?], Nemertinen, Hirudineen, Chätopoden, Gephyreen), Arthropoden (Crustaceen, Insecten) und Mollusken (Lamellibranchiaten, Gastropoden) nachgewiesen. Den Echinodermen, Cölenteraten, Protisten scheint dasselbe ebenso wie den Pflanzen zu fehlen; es hat sich herausgestellt, daß alle diesbezüglichen positiven Angaben auf Irrthümern und schlechten Beobachtungen beruhen.

Auch leicht künstlich zu erhaltende Abkömmlinge des Hämoglobins wurden in thierischen Organismen angetroffen²⁴). So finden sich die aus dem Oxyhämoglobin durch Säuren oder stärkere Alkalien unter Eiweißabgabe hervorgehenden Hämatine in seltenen Fällen auch in alten Blutextravafaten bei Wirbelthieren vor, das eisenfreie Hämatin (Hämatoporphyrin), in welches das Hämoglobin durch conc. Schwefelsäure überzuführen ist, ist ein Secretionsproduct von Drüsen des Ovarialtractus bei Vögeln, deren Eierchalen es ein rothes, braunes, lederfarbenes, gelbes oder schwarzes Colorit verleiht; bei Hämoglobinurie soll im frischen menschlichen Harn nur Methämoglobin, ein moleculares Umwandlungsproduct des Oxyhämoglobins, auftreten²⁵), und *Maly's* Hydrobilirubin (Urobilin *Jaffé's*), welches durch Einwirkung von nascirendem Wasserstoff aus dem Hämoglobin erhalten wird, ist ein häufiger, vielleicht sogar ein constanter Bestandtheil des Harnes bei Säugethieren. Das Hydrobilirubin wurde nicht nur aus dem Hämoglobin, sondern auch aus dem Bilirubin (durch 2—3tägige Maceration mit Natriumamalgam bei Luftabschluß oder durch Zinn und Salzsäure) gewonnen, und es wurde dadurch wahrscheinlich gemacht, daß auch das Bilirubin und die übrigen Gallenfarbstoffe Abkömmlinge des Häm-

globins find, für welche Annahme das Vorkommen der fog. Hämotoïdinkryftalle, welche nichts anderes als Bilirubin find, in alten Blutergüffen jedenfalls noch überzeugender fpricht.

Die Gallenpigmente der Wirbelthiere werden durch eine Farbenreaction, durch die fog. *Gmelin'sche* Gallenfarbstoffprobe, welche an ihnen fowohl rohe Salpeterfäure wie alkoholifche Bromlösung hervorbringt, als Ganzes zusammengehalten. Bei diefer Reaction liefern fämmtliche Gallenfarbstoffe als Oxydationsproduct schließlich das Choletelin, mit dem das Hydrobilirubin, welches ein Reductionsproduct des Bilirubins darftellt, nicht zu verwechfeln ift. Die Angabe, daß auch Choletelin bei Behandlung mit Waffer und Natriumamalgam Hydrobilirubin liefere, ift nicht ohne Widerfpruch geblieben.

Entgegen vielen neueren, fchon durch ältere, weit genauere Verfuche als widerlegt zu betrachtenden Angaben mußte bis vor Kurzem angenommen werden, daß die durch das Eintreten der *Gmelin'schen* Gallenfarbstoffreaction gekennzeichneten Pigmente auf die Wirbelthiere im Vorkommen befchränkt find; die Leber und ihre Secrete hatten fich bei Wirbellofen verfchiedenfter Claffen von derartigen Farbstoffen als vollkommen frei erwiefen²⁶). Bei den Wirbelthieren waren diefe Pigmente jedoch nicht nur in der Galle gefunden, fondern auch die Placenta des Hundes²⁷), die blauen und grünen Vogeleiern waren als biliverdinhaltig erkannt worden²⁸). Ich konnte indeß zeigen²⁹), daß auch Wirbellose Biliverdin bilden, daß fich diefes in großer Menge in den Gehäufen von Trochiden und Haliotiden findet, daß es nach Extraction der verkalkten Gebilde mit Salzfäure, fowohl durch Salpeterfäure oder Bromwaffer, wie auch durch die fucceffive Aufeinanderfolge der Spectraleigenthümlichkeiten bei der *Gmelin'schen* Probe als folches leicht und ficher in der Lösung nachgewiefen werden kann. Fernerhin zeigte ich auch, daß ein dem Hämoglobin chemifch sehr fern ftehendes Pigment, das Turbobrunin, welches die dunkelrothen

Gehäufe von Turbiden und Halioten tingirt, einfach in salzsaurer Lösung kurze Zeit gekocht, in Biliverdin übergeht²⁹). Diese Befunde lehren, daß das Biliverdin und vermuthlich auch alle sonstigen Gallenpigmente der Wirbelthiere nicht nothwendig aus Hämoglobin zu entstehen brauchen, sondern auch aus andersartigen Substanzen hervorgehen können, während zugleich die Resultate einer anderen Reihe vergleichend physiologischer Untersuchungen lehren, daß sich das Hämoglobin bei vielen Thieren (z. B. bei Planorbis, Lumbricus, Aphrodite) niemals in veritabile Gallenfarbstoffe transformirt, sondern im Organismus andersartig zerfallen muß.

Das bei der Umsetzung des Hämoglobins in eisenfreie Farbstoffe (Hämatoporphyrin, Gallenfarbstoffe, Hydrobilirubin) austretende Eisen verläßt bei den Säugethieren in der Galle und der Milch den Organismus und ist in diesen Secreten durch Reagentien direct nachweisbar, während z. B. der Harn niemals Eisensalze in freiem Zustande enthält. Eine ähnliche Abspaltung von Eisen, wie sich solche normal im Körper vollzieht, erfährt auch das Hämoglobin in Blutextravafaten, welche in Folge dessen zu gelbbraunen eisenreichen Infiltrationen Veranlassung werden³⁰). Bei den Vögeln sammelt sich das bei der Hämatoporphyrin- und Gallenfarbstoffbildung aus dem Hämoglobin abgepliffene Eisen oft reichlich in den Federn an; bei einem bosnischen Lämmergeier fand ich in den durch Eisenoxydhydrat dunkelbraun gefärbten Federn, welches diesen durch verdünnte kalte Salzsäure so gründlich entzogen werden konnte, daß die Federn nach der Salzsäureeinwirkung vollkommen weiß erschienen, nicht weniger als 4—5 % reines Eisenoxyd (Fe_2O_3)³¹).

Durch die Eigenschaft, den Sauerstoff der Luft locker chemisch zu binden und denselben bei einer Sauerstoffverarmung der Umgebung an diese wieder abzutreten, ist das Hämoglobin für den Wirbelthierorganismus ein Respirationsstoff $\alpha\alpha\tau\epsilon\epsilon\epsilon\sigma\gamma\gamma\gamma$. Für eine

Erläuternde Uebersicht der Eigenschaften der fermentativ veränderlichen Pigmente.

a) Die Respirationsfarbstoffe mit Einschluß der Floridine.

	Farbe des		Wirkung	Wirkung von		Spectro- kopisches Ver- halten	Zur Erklärung des spontanen Farbenwechsels verlangtes Agens	
	Oxydations- productes	Desoxydations-		Säuren	Alkalien			
Hämoglobin	hellroth (arteriell), Oxyhämoglobin	dunkelroth (venös), Red. Hämoglobin	zeretzend (Hämatin)	0	zeretzend (Hämatin)	Für Reduc. u. Oxyhämoglobin verschieden	reine Hämoglobinwirkung	
Hämocyanin	blau	gäblich (Hämocyanogen)	zeretzend	0	zeretzend	0	wechselnde fermentative Nebenwirkungen	
Hämyerthrin	roth	farblos (Hämyerthrogen)	zeretzend	0	zeretzend	0		
Bingulapurpur	violettpurpurn	gelblich (Bingulagelb)	oxydierend u. die Desoxydation ver-hindernd	becklehnen-igend bei der Desoxydation	speetrokopische Veränderung	Bingulapurpur: 2 Absorptions-band zw. F. u. D u. E, und zw. F. u. D u. E	Reductions-ferment	
Das Floridin aus <i>Rentaria purpurea</i>	kirchroth	? gelbbraun	zeretzend	0	fallend	fallend oder in Lösung verändernd	breiter Streifen zwischen D u. F	reine Floridin-wirkungen
Das Floridin aus <i>Hirenia variabilis</i>	purpurn mit gelber Fluores-cenz	? bräunlichgelb	zeretzend	Desoxydat. becklehnen-igend	fallend	fallend	breites Band zwischen D u. E	

b) Die melanotisch veränderbaren Pigmente (Uranidine).

Gelber Lymphfarbstoff von <i>Hydrophilus piteus</i>	braunfchwarz	gelb	Oxydation inhibierend	0	0	0	Oxydationsferment (post mortem ent-fehend)	
Gelber Lymphfarbstoff von <i>Ascidia fumicata</i>	braunfchwarz	gelb	oxydierend	0	desoxydir. (grüngelb)	oxydierend	desoxydir. oxydir. : 0	Reductions-ferment (post mortem verschwindend)
Aplysinoflavin	tief dunkelviol. (Aplysinoflavin-Gr.)	gelb	oxydierend	0	desoxydir. (braungelb)	oxydierend	desox. oxyd. : 0	
Uranidin	dunkelbraun	gelb mit grüner Fluorescenz	0	0	0	fallend	desox. Band hinter F oxyd. : 0	Oxydationsferment

vergleichende Betrachtung der Respirationsvorgänge der Thiere ist es nicht wenig günstig, daß auch manche andere in thierischen Organismen als Sauerstoffüberträger fungirende Substanzen, ganz ebenso wie das Hämoglobin, schon durch die Färbung allein ihren Gehalt an Sauerstoff errathen lassen³²). *Harleß* entdeckte einen, sich dem Oxyhämoglobin in dieser Beziehung sehr ähnlich verhaltenden blauen Farbstoff, das Hämocyanin, in der Hämolymphe von Mollusken, und durch meine Untersuchungen wurde die Zahl derartiger Respirationspigmente noch um ein Erhebliches vermehrt. Zu den Respirationspigmenten zählen vornehmlich die Floridine³³) Die Floridine. (Hämerythrin, Bugulapurpur, das kirchrothe Pigment von *Reniera purpurea*, das Rosa der *Hircinia variabilis* und einiger Spongelia- wie *Reniera*-Arten), violette bis purpurrothe Farbstoffe, welche in Wasser und Glycerin löslich, in den lipochromatischen Lösungsmitteln dagegen unlöslich sind, ohne aber von diesen zerfört zu werden. *Sorby's* Mittheilungen³⁴) zufolge würde das Aphidin gleichfalls den Respirationspigmenten einzureihen sein. — Ich überzeugte mich aber zugleich, daß bei den, dem Hämoglobin functionell analogen Farbstoffen der Wirbellosen die respiratorische Action keineswegs so einfach ist wie bei dem Hämoglobin, und wie sie auch für jene von mehreren Forschern ohne Weiteres angenommen war. Auf der hier nochmals zum Abdruck gebrachten Tabelle dürften die diesbezüglichen Complicationen auffällig genug hervortreten.

Als vermeintliche Hämatinverbindungen hat man noch mehrere andere thierische Farbstoffe mit dem Hämoglobin in directer Angebliche Hämatinverbindungen. Beziehung geglaubt, so das Chlorocruorin *Ray-Lankester's*³⁵), einen rothen, krystallisablen Farbstoff des Lebersecretes von *Helix pomatia* (*Helicorubin*)³⁶) und die sog. Dermochrome³⁷).

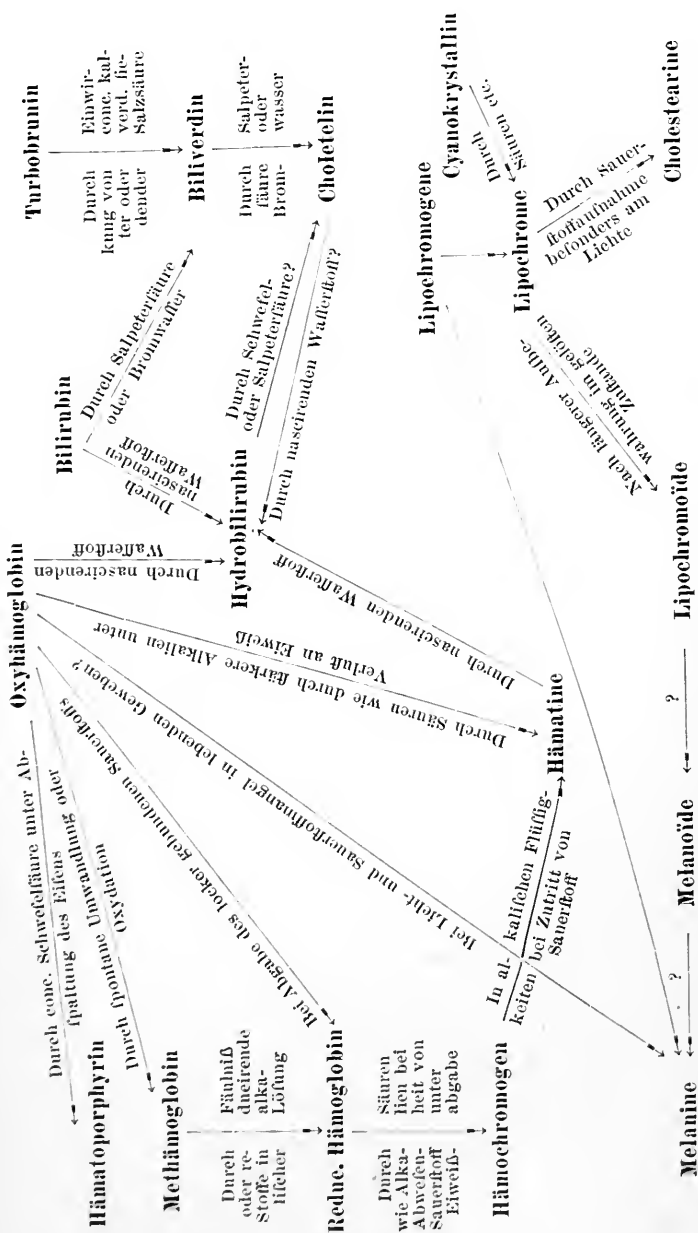
Die Angaben von *Ray-Lankester* über das Chlorocruorin, sowie die über das *Helicorubin* von *Sorby* habe ich in vielen gravitirenden Punkten berichtigen müssen, und auch die Ansicht dieser Au-

toren, daß es sich bei diesen Pigmenten um respirirende Stoffe handle, ist vollkommen hinfällig geworden, seitdem ich nachgewiesen habe, daß *Ray-Lanketter's* Oxychlorocruorin und Erythrocrucorin ein und dieselbe Substanz sind, welche durch Schwefelammonium nicht zu reduciren ist. Ebenso erhellt aus meinen Untersuchungen, daß das Helicorubin durch Schwefelammonium keine Reduction erleidet, und nur die durch thatfächlich Beobachtetes sehr ungenügend gestützten Vermuthungen, daß das Chlorocruorin durch Cyankalium und Schwefelammonium daselbe Reductionsproduct wie das Hämoglobin, das Helicorubin bei der Oxydation durch Kaliumpermanganat Hämatin liefern soll, bedürfen noch der Bestätigung oder, was sich vermuthlich eher ereignen wird, der Beseitigung.

Sog.
Dermo-
chrome.

Die Speculationen *Mac Munn's* über seine sog. Dermochrome wären der Wissenschaft sicherlich ganz erspart geblieben, wenn sich dieser Forscher mit meinen $\frac{3}{4}$ Jahre vor seiner Publication erschienenen Untersuchungen bekannt gemacht hätte; so entging es ihm aber, daß seine Dermochrome nur Gemische von Lipochromen und Hämoglobinderivaten sind. Daß *Mac Munn* aus der Haut von *Hirudo medicinalis* durch Digeriren und Erwärmen mit starker Natronlauge und nachherige Säurebehandlung schließlich Hämatoporphyrin erhielt, kann Den nicht Wunder nehmen, welcher weiß, wie weit sich bei diesem Wurme die Darmwülste an die äußere Haut erstrecken, und wie schwierig diese zu präpariren ist; daß daneben Lipochrome (*Mac Munn's* Lutein) gefunden wurden, ist ebenfalls nichts Neues, da ich dieselben nicht nur bei Arthropoden und Mollusken, sondern auch bei Würmern und Echinodermen weit verbreitet fand. Ein gewisser Werth ist in *Mac Munn's* Arbeit nur den Angaben beizumessen, daß auch aus dem Integumente von *Uraster*, *Limax flavus* und *Arion ater* durch successive Behandlung mit kochender Kalilauge und verdünnter warmer Schwefelsäure Hämatoporphyrin erhalten werden kann, was jedoch an Ge-

Die Beziehungen des Hämoglobins zu den Gallenfarbstoffen und Lipochromen.



weben, welchen zuvor die Lipochrome vollständig entzogen wurden, erst noch näher zu untersuchen sein wird.

Eine mittelbare Beziehung zwischen den einzelnen im Vorhergehenden abgehandelten Farbstoffgruppen ergab sich mit Sicherheit nur für das Turbobrunin (durch das Biliverdin) mit den Gallenfarbstoffen einerseits, und (durch das Hydrobilirubin) mit dem Hämoglobin andererseits, eine directe für das Cyanokrytallin mit den Lipochromen; vielleicht existirt eine mittelbare Beziehung auch zwischen den Lipochromen und dem Hämoglobin, nämlich durch die Lipochromoide, Melanoide und Melanine. Die schematisch gehaltene Tafel auf S. 101 bringt diese Verhältnisse zum Ausdruck.

Echtes und
falsches
Chloro-
phyllgrün.

Die Chlorophyllfarbstoffe betreffend, hatte sich in der botanischen Literatur während der letzten Jahre der Unrath in einer so enormen Weise angehäuft, daß es unmöglich war, auf Grund derselben den Chlorophyllnachweis bei Thieren überhaupt nur zu versuchen. Was von Unkundigen in dieser Richtung trotzdem unternommen wurde, mußte in seinen Resultaten nothwendig belanglos bleiben. Aus den Untersuchungen von *Hansen*³⁸), welche den Ballast aus der Literatur entfernten, die begangenen Irrthümer aufdeckten und der verdienstlichen Arbeit von *Kraus* wieder zu dem verdienten Ansehen verhelfen, ist der Wissenschaft ein unermeßlicher Segen erwachsen. Jetzt, wo durch *Hansen* festgestellt wurde, daß das Chlorophyll ein Gemenge zweier Farbstoffe, des Chlorophyllgrüns und eines Lipochromes, des Chlorophyllgelbs, ist, beide Bestandtheile des sog. Chlorophylls krytallisirt erhalten, über das optische Verhalten beider endgültig entschieden und das Chlorophyllgrün qualitativ wie quantitativ genau analysirt werden konnte, dürfte es allerdings der Mühe werth sein, zu untersuchen, inwiefern frühere Vermuthungen in Betreff des Vorkommens von Chlorophyllgrün bei wirbellosen Thieren das Richtige getroffen haben oder auch nicht³⁹). Abgesehen von pflanzlichem Parasitismus und auf-

genommenem pflanzlichen Chlorophyll, scheint mir die Gegenwart echten Chlorophyllgrüns bei Thieren äußerst zweifelhaft. *Sorby* und ich haben bereits dargethan, was *Schenk* vordem nicht vermochte, daß das Bonellein kein Chlorophyllgrün ist⁴⁰); ich zeigte fernerhin⁴¹), daß den grünen Insectenflügeln keine Chlorophyllfärbung zu Grunde liegt und daß die gegentheilige Angabe von *H. Pocklington*⁴²) nur darauf beruht, daß dieser Forscher nicht die gefonderten Cantharidenflügel, sondern die ganzen Thiere mit Alkohol extrahirte und — weil der Darmtractus der Käfer in den aufgenommenen Eschenblättern unverändertes Chlorophyll ja in Menge führt — so nothwendig eine Chlorophylllösung erhalten mußte. Ebenso erklärt sich die, meinen Ergebnissen feltfamer Weise entgegengesetzte Angabe von *Mac Mann*⁴³), welcher eine spectrofische Aehnlichkeit zwischen dem von den durchscheinenden Raupen der *Pieris rapae* reflectirten Lichte und dem des Chlorophylls beobachtet zu haben angibt. Ein eventuell gesehenes Chlorophyllspectrum kann in diesem Falle aber nicht, wie *Mac Mann* annimmt, von den Pigmenten des Integumentes, sondern nur von unveränderten chlorophyllhaltigen Massen im Darmkanale der Raupe hergerührt haben. Schließlich wurde auch von mir die schützende Färbung der zwischen Tangen lebenden grünen *Virbius*-Arten als nicht durch Chlorophyll veranlaßt erwiesen⁴⁴). Besonders verdienstlich müßte es jetzt sein, das Antheagrün und die grünen Farbstoffe von *Stentor*, *Raphidiophrys*, *Heterophrys*, *Spongilla*, *Hydra viridis*, *Idotea viridis*, *Convoluta* Schultzei, *Mesostomum viride*, *Chaetopterus Valenciennesii*, *Elysia viridis*, *Actaeon viridis*, die chlorophylloiden Farbstoffe in den Lebern von Mollusken, Arthropoden, Würmern und Echinodermen einer ebenso gründlichen Untersuchung zu unterwerfen, als die ist, welche heute über das pflanzliche Chlorophyll vorliegt, und auf Grund derselben das Chlorophyllgrün hier kurz charakterisirt werden soll.

Das achtefreie Chlorophyllgrün besteht nach *Hansen's* Analysen aus 67.60 Th. Kohlenstoff, 10.50 Th. Wasserstoff, 5.34 Th. Stickstoff, 16.55 Th. Sauerstoff und enthält nur sehr minimale Spuren von Eisen, keinen Schwefel. Gleich den Lipochromen widersteht es einer Verfeinerung mit siedender Natronlauge in wässriger wie alkoholischer Lösung und geht, wenn man bei der Extraction der Seife nach *Kühne's* Methode⁴⁵⁾ verfährt, in den Aetherauszug über; es wird von Alkohol, Aether, fetten Oelen, Chloroform etc. in Lösung gebracht, gibt mit Wasser eine dunkelgrüne Lösung und löst sich auch in concentrirter Schwefelsäure mit schön smaragdgrüner Farbe, nicht aber in Schwefelkohlenstoff. Durch Salzsäure entsteht aus dem Chlorophyllgrün eine spangrüne, in Aether unlösliche Salzsäureverbindung, durch Chlor ein braungelbes Chlorid. Die den Lösungen des Chlorophyllgrüns zukommende blutrothe Fluorescenz fehlt der festen Substanz, welche Dichroismus zeigt. Die Lichtempfindlichkeit des Farbstoffes ist besonders beträchtlich in wässriger Lösung und in Chloroform. Salpetersäure löst das Chlorophyllgrün chamoisfarbig; roth fluorescirend ist die im übrigen gleich gefärbte Lösung dieses Körpers in Aether. Das Spectralverhalten der Umwandlungsproducte durch Salzsäure, Schwefelsäure oder Salpetersäure ist von dem des unveränderten Chlorophyllgrüns nur durch eine Lageverschiebung der Absorptionsbänder gekennzeichnet.

Auf die zur Zeit wohl noch keineswegs ganz außer Frage gestellte Symbiose von Thieren und einzelligen Algen hier näher einzugehen, muß überflüssig erscheinen, weil dieser Gegenstand von *K. Brandt*⁴⁶⁾ erst ganz kürzlich mit großer Ausführlichkeit behandelt wurde. Nur glaube ich ausdrücklich hervorheben zu sollen, daß sämmtliche in *Brandt's* sonst so verdienstvoller Arbeit herangezogenen, vermeintlichen Chlorophyllnachweise bei Wirbellosen durchaus nichts besagen, und daß es unstatthaft ist, die Verdienste von *Geddes* durch die Bemerkung abzufchwächen: «Da aber schon

längst durch *Max Schultze* das Vorkommen von echtem Chlorophyll bei Turbellarien und anderen Thieren sichergestellt, und auch später durch *Sorby* und Andere auf spectrokopischem Wege echtes Chlorophyll in Thieren nachgewiesen war, so hatte das Ergebnis der Untersuchung von *Geddes* nichts Ueberraschendes. Auch *Engelmann* soll durch seine «sorgfältigen Untersuchungen» dargethan haben, daß der «goldgelbe» (!) Farbstoff der *Acanthometriden* Chlorophyll ist. *Capranica* hatte seiner Zeit die Farbe des Hühner-eierdotters in eine schön sehrothe und die Spectren der Auszüge von Eigelb in die von Extracten aus Hühneraugen verwandeln können⁴⁷⁾, warum vermöchte also nicht auch *Engelmann* in einem goldgelben Pigmente ein smaragdgrünes zu erblicken? Ich wiederhole hier, was, wie es scheint, zwar nur Wenigen zu hören angenehm ist, daß chlorophyllähnliche Stoffe (*Enterochlorophyll Mac Munn's*) von mir auch im Lebergewebe zahlreicher Mollusken-, Arthropoden-, Würmer- und Echinodermenspecies aufgefunden sind, und daß pflanzliches Chlorophyllgrün durch eine zweckentsprechende Farbstoffanalyse bislang noch bei keinem einzigen Wirbellosen nachgewiesen wurde. Jeder Sachkundige wird zugestehen müssen, daß es ohne sehr sorgfältige und eingehende Untersuchungen ganz unmöglich ist, manche veritabele Thierpigmente (z. B. *Bonellein* und die zahlreichen *Hepatochrome*) von dem Chlorophyllgrün mit seinen Zeretzungsproducten auf irgend einem Wege — durch Behandlung mit noch so vielen Reagentien oder auch spectrokopisch — zu unterscheiden; auf einer großen Literaturunkenntniß beruht es zwar, wenn *Mac Munn* glaubt, ich habe den chlorophylloiden Farbstoff der gelben Zellen bei *Anthea viridis* mit dem *Antheagrün* verwechselt; bin ich doch der Erste gewesen, welcher beide Farbstoffe nicht nur unterschied, sondern sie auch von einander trennen lehrte⁴⁸⁾.

Zu der Annahme, daß die gelben lipochromatischen Pflanzenfarbstoffe (z. B. das Chlorophyllgelb, die gelben Blütenfarbstoffe etc.)

Gelbe und
rothe
Pflanzen-
farbstoffe.

direct aus dem Chlorophyllgrün hervorgegangen sind oder zu diesem in irgendwelcher chemischen Beziehung stehen, resp. daß sie unter Aufnahme von Stickstoff und gleichzeitiger Abgabe von Wasserstoff und Sauerstoff in Chlorophyllgrün übergehen können⁴⁹), liegt gegenwärtig gar kein Grund vor; wir wissen vielmehr, daß sich Lipochrome auch in den Geweben der Thiere, selbst noch bei Vögeln und Säugern selbständig bilden, daß sie in chemisch ganz anderen Substanzen als das Chlorophyllgrün ist, vorgebildet sein können. Eine gleiche Unabhängigkeit vom Chlorophyllgrün documentiren auch die gewöhnlichen, im Zellsaft gelösten rothen, blauen wie violetten Blüten- oder Fruchtfarbstoffe, welche als Erythrophyll, Anthocyan, Cyanin, Oenolin etc. bezeichnet wurden. Die blauen und violetten Farbstoffe gehen durch Säuren in den rothen über, und der rothe wird durch Eisenvitriol wie durch wenig Natriumphosphat violett, auf reichlichem Zusatz des Natriumfalzes aber blau. Alkalien färben die rothen Lösungen grün, beim nachherigen Neutralisiren mit irgend einer Säure kehrt aber das ursprüngliche Roth unverändert zurück⁵⁰).

Ein farbloses Chromogen im Blattparenchym der Aloëarten geht, wie *Hansen* nachwies⁵¹), unter Wasser- und Sauerstoffaufnahme in ein rothes Pigment über, welches mit dem Violettroth vieler Früchte völlig übereinstimmt. Die Umwandlung dieses Chromogenes in den rothen Farbstoff erfolgt bei Anwesenheit von Wasser und Sauerstoff noch nach vorausgegangenem, mehrere Stunden unterhaltenem Trocknen des Blattparenchyms bei 150° C., nicht aber in kaltem oder siedendem Alkohol; ein in Wasser gegossener alkoholischer Auszug des Parenchyms färbt sich aber gleichfalls roth, was beweist, daß das Chromogen durch den Alkohol nicht zerstört, sondern durch diesen nur an einer Wasseraufnahme verhindert wurde. Aus diesen wichtigen Beobachtungen folgt die Unabhängigkeit des Entstehens der rothen Pflanzenfarbstoffe von der Anwesenheit des Chlorophyllgrüns.

Wahre und falsche Indigo-
farbstoffe. Substanzen der Indigogruppe⁵²) finden sich bei Pflanzen wie bei Thieren. In den sauren Säften mehrerer Pflanzen, welche

Indigweiß nicht zu lösen vermöchten, findet sich nach *Schunck* ein Chromogen von Glykoidnatur, das Indican ($C_{26}H_{31}NO_{17}$), welches sich durch verdünnte Säuren und Fermente leicht in Indigblau ($C_{16}H_{10}N_2O_2$) und Indiglucin ($C_6H_{10}O_6$) spaltet. Species der verschiedensten Pflanzenfamilien werden zur Indigobereitung verwandt und auch aus vielen anderen, darauf noch nicht genauer untersuchten Pflanzenarten läßt sich ein dem Indigblau ähnlicher, vielleicht damit übereinstimmender Farbstoff gewinnen.

Im Harn der Säugethiere findet sich oft in reichlicher Menge das sogenannte Harnindican, d. i. indoxylschwefelsaures Kalium ($C_8H_6NSO_4K$), hervorgegangen aus reforbirtem Indol (C_8H_7N), einem Zeretzungsproducte der Eiweißkörper bei dem Fäulnißvorgange im Darmkanale, und ganz analog dem Indol erscheint das homolog constituirte und gleichfalls bei der Eiweißfäulniß entstandene Skatol (C_9H_9N) als skatoxylschwefelsaures Kalium ($C_9H_8NSO_4K$) im Harn wieder.

Dem Indigblau verwandt oder damit identisch schien lange der dunkelpurpurrothe Farbstoff, welcher sich am Lichte, unabhängig vom Sauerstoff der Luft, aus einem Chromogene in dem Mantelferete von *Purpura lapillus* und *P. patula* bildet. Dieser Farbstoff, der Purpur der Alten, *Schunck's* Punicin ist in Wasser, Alkohol und Aether unlöslich, in siedendem Benzol wie siedendem Eisessig in geringem Grade und in heißem Phenol wie in kochendem Anilin sehr leicht löslich. Letztere Lösung zeigt einen breiten Absorptionsstreifen zwischen C und D. Das Punicin sublimirt bei $190^{\circ} C$. in schönen, metallglänzenden Krystallen, deren Ränder tief indigblau gefärbt sind, löst sich in conc. Schwefelsäure, bildet aber keine Sulfoäure, wodurch es vom Indigblau abweicht. Die Schwefelsäurelösung zeigt einen Absorptionsstreifen zwischen D und E, wird durch alkalische Zinnoxidullösung reducirt, der Farbstoff fällt aber aus dieser Lösung an der Luft wieder aus. Salpetersäure und Chromsäure greifen das Punicin auch in der Wärme nur langsam

an, Brom verwandelt es in einen, in gelben Nadeln krySTALLISIREN, in Alkohol löslichen Körper. *Schunck* vermuthet, daß das Punicin ein sonst noch unbekanntes Glied der Indigogruppe ist.

Der violette Körper, welcher sich unter Lichteinwirkung aus einem gelblichen Chromogene in dem Purpurdrüsenfecretate mehrerer Muriciden bildet, besteht nach *A.* und *G. de Negri* bei *Murex trunculus* aus zwei Farbstoffen, deren einer Indigo sein soll, welchen diese Forscher daraus abgechieden haben wollen. Diese Schlußfolgerung befindet sich im Widerspruche mit den Angaben von *Bizio*, denen gemäß der Purpur von *Murex* durch conc. Schwefelsäure nicht angegriffen, durch conc. Salpetersäure goldgelb gefärbt wird. Nach *Bizio* ist der Farbstoff in Alkohol, Aether, Wasser, verdünnten Säuren und kalten Alkalien unlöslich, nur kochende Kalilauge färbt er gelblich. Mir gelang es aus dem Purpurfalte von *M. trunculus* (in einem gewissen Stadium seiner Umsetzung) eine wässrige violettblaue Farbstofflösung zu erhalten, deren Spectrum ein breites Absorptionsband vor und um E zeigte. Näheres ist über den Muricidenpurpur nicht bekannt geworden.

Auch natürliche Anilinfarbstoffe⁵³⁾ will man im Thierreiche aufgefunden haben. Nach *O. Erdmann* soll das carminrothe Pigment, welches *Monas prodigiosa* auf stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln bildet, nur in seinem Verhalten gegen Salzsäure vom Rosanilin abweichen. Durch die Güte des Herrn Dr. *G. Pfeffer* erhielt ich kürzlich Rahm, welcher von diesem Schizomyceten befallen war, und überzeugte mich, daß der Farbstoff in Wasser unlöslich, in Aether wie Alkohol dagegen leicht löslich ist. Die alkoholische Lösung wurde durch Alkalien entfärbt, beim Neutralisiren mit Salzsäure das Pigment aber regenerirt. Im trocknen Zustande färbte sich der Farbstoff mit conc. Schwefelsäure vorübergehend purpurviolett, mit starker, roher Salpetersäure anfangs gelblich, später verschwand die Färbung ganz. Das Spectrum der alkoholischen Lösung zeigte drei Absorptionsbänder: eins hinter D, ein

Angebliche
Anilinfarbstoffe.

zweites unmittelbar vor E und ein drittes vor F. Da nun das Fuchsin ein nur einbänderiges Spectrum liefert, der in der Mitte von D und E lagernde Streifen sich mit zunehmender Concentration, besonders nach dem violetten Ende des Spectrums hin rasch verbreitert, so ist der rothe Farbstoff von *Monas prodigiosa* unmöglich damit identisch.

Erdmann wies ebenfalls darauf hin, daß die Blaufärbung der von *Vibrio cyanogenus* befallenen Milch auf einem Farbstoffe beruht, welcher in feinen Reactionen speciell demjenigen Anilinblau gleicht, welches *A. W. Hofmann* als Triphenylrosanilin betrachtet. Mir hat sich mehrfach Gelegenheit geboten, diesen Vibrionenfarbstoff auf Leichentheilen, feucht gehaltenem Fibrin zu beobachten und zu untersuchen. Die Uebereinstimmung desselben mit einigen Anilinfarbstoffen ist eine auffallende, auch sein Spectroskopisches Verhalten weicht nur darin von dem Anilinblau ab, daß das Absorptionsband um D bei dem Vibrionenblau ein wenig mehr nach dem violetten Ende des Spectrums verschoben ist als bei irgend einem der von mir geprüften Sorten von Anilinblau. Ob es sich bei diesem blauen Vibrionenpigmente jedoch thatsächlich um einen Farbstoff aus der Triphenylmethan-Gruppe handelt, vermag nur die Elementaranalyse desselben endgültig zu entscheiden.

Auf Grund weniger, nichtiger Reactionen behauptete *M. Ziegler*, daß die gefärbte Flüssigkeit, welche *Aplysia depilans* absondert, eine concentrirte Lösung von Anilinroth und Anilinviolett sei. Er gibt an, daß sich die gefärbte Lösung sehr leicht zersetzt; fälle man aber den Farbstoff durch Schwefelsäure und nochmals aus der alkoholischen Lösung durch Kochsalz, so werde eine Substanz gewonnen, die sich durch concentrirte Schwefelsäure in ein schönes Blau verwandele, beim Lösen in Wasser aber wieder violett werde (*Ziegler's* Anilinviolett). Der bei der Kochsalzfällung in Lösung bleibende Farbstoff durch Gerbsäure abgechieden, sollte (wie Fuchsin), durch Ammoniak entfärbt, durch Essigsäure wieder geröthet werden.

Die Farbstoffe im Aplysiasecrete sind auch von *Moleley* und *Mac Munn* studirt worden. *Moleley's* Aplysiopurpurin ist ein Purpurfarbstoff, dessen alkoholische Lösung ein sehr dunkles Band zwischen b und F zeigt, das sich über E hinaus in ein schwächeres fortsetzt. Beim Anfäuern wird die Lösung schön violett und zeigt dann drei Spectralbänder, indem sich das schwarze zwischen b und F in unveränderter Lage erhält, und an Stelle seiner schwächeren Verbreiterung nach dem Roth zu zwei neue Bänder auftreten, ein schmales unmittelbar vor D und ein breites in der Mitte von D und E. Nach *Mac Munn* löst sich der Aplysiapurpur (sicherlich ein Farbstoffgemisch!) in Wasser, Alkohol, Aether, Chloroform, Schwefelkohlenstoff und zeigt in wässriger, alkoholischer, ätherischer Lösung wie auch in Chloroform ein ähnliches Spectralverhalten (ein Band vor D und zwei breitere vor E und vor F), welches aber von dem des Aplysiopurpurin *Moleley's* immerhin erheblich abweicht. Durch Natronlauge wird die alkoholische Lösung schwach blau oder grün, und in dem Spectrum der Lösung zeigt sich nur das Band vor D erhalten. Essigsäure, Salzsäure, Schwefelsäure wie Salpetersäure färben die alkoholische Farbstofflösung violett, welche dann ein breites, dunkles Band um D bis E und ein schwächeres vor F aufweist. *Moleley* untersuchte Aplysien vom Cap Vincent und von den Cap-Verdischen Inseln, *Mac Munn* solche von der Westküste Irlands, woraus sich vielleicht einige Differenzen in ihren Angaben erklären. Die spectrokopischen Untersuchungen beider Forscher lehren indeß übereinstimmend, daß bei der Färbung des Aplysiasecretes keine Anilinfarbstoffe in Frage kommen.

Die thierischen Färbungen entstehen in allen bislang betrachteten Fällen einfach in Folge der durch die in den Geweben deponirten festen Farbstoffe oder Farbstofflösungen erfolgenden Absorption einzelner Strahlengattungen des in die Gewebe eindringenden Lichtes. Fallen die nicht absorbirten Lichtbestandtheile durch die farbstoffhaltigen Gewebe hindurch, so erscheinen dieselben farbig durch-

sichtig, werden dieselben dagegen zurückgeworfen, so erscheinen sie farbig undurchsichtig. Beide Male rührt die Körperfarbe von den, bei der Abforption übrigbleibenden Bestandtheilen des weißen Lichtes her, und da in dem zurückgeworfenen Lichte dieselben Strahlengattungen fehlen wie in dem durchgelassenen, nämlich die in den obersten Schichten abforbirt, so muß ein farbig durchsichtiges Gebilde im durchfallenden Lichte dieselben Farben zeigen wie im reflectirten. Die Farbe wechselt hierbei weder unter irgend einem Winkel des einfallenden Lichtes, noch des die Farbe percipirenden Auges. Nur die Oberflächenbeschaffenheit der überliegenden durchsichtigen Gewebsschichten modificirt die Färbung insofern, als bei rauher Oberfläche die Farben mehr oder weniger matt sind, bei glatter hingegen mehr oder weniger glänzend und gefättigter erscheinen.

Die Fälle, wo den thierischen Färbungen ein Farbstoffkörper zu Grunde liegt, sind zweifellos die theoretisch einfachsten; außer diesen sog. objectiven chemischen Abforptionsfarben, durch welche sämmtliche schwarze und braune, die rothen, orangenen und gelben Farbtöne meistens bewirkt werden, kommen, abgesehen von den Fluorescenz- und Phosphorescenzerscheinungen, bei einer vergleichenden Chromatologie der Organismen aber auch noch die objectiven und subjectiven Structurfarben⁵⁴⁾ in Betracht, welche, ausgenommen wenige zweifelhafte Fälle, im durchfallenden Lichte stets andere sind als im auffallenden. Gerade die brillantesten Thierfarben beruhen sehr häufig nicht (oder nicht hauptsächlich) auf der Gegenwart eigenthümlicher, vermöge ihrer chemischen Natur farbiger Stoffe, sondern auf besonderen Structurverhältnissen (Faserung, Streifung, eingeschlossene Lufträume u. s. w.), weshalb sie auch durch rein mechanische Eingriffe (Quetschen, Hämmern, Pulverisiren) verändert oder aufgehoben werden, chemischen Agentien gegenüber, soweit die Structurverhältnisse dadurch keine Abänderung erfahren, dagegen widerstehen. Nirgends in der ganzen

Die Structurfarben.

Thierreihe treten die Structurfarben in einer solchen Mannigfaltigkeit und so überraschend in ihrem Effecte auf als am Gefieder der Vögel, an welchem wir dieselben deshalb auch vorzugsweise erläutern wollen.

Die objectiven Structurfarben unterscheiden sich dadurch von den subjectiven, daß erstere in keiner Weise von der Lage des Auges oder der auffallenden Lichtstrahlen abhängig sind, während die subjectiven Structurfarben unter diesen beiden Verhältnissen wechseln.

Der einfachste Fall einer objectiven Structurfarbe ist das reine Weiß, welches durch einen, dem Gewebe eingelagerten undurchsichtigen Körper hervorgerufen wird, der alle Bestandtheile des auf ihn fallenden Sonnenlichtes in hohem Betrage und in gleichem Maße zurückwirft, wie sie in dem Sonnenlichte enthalten sind, der also nur kleine Beträge davon abforbirt. Derselbe Effect wird oft (z. B. in allen weißen Federn, den weißen Haaren) dadurch erzielt, daß die Gewebe von Lufträumen durchsetzt werden, bisweilen so reichlich, daß die festen Gebilde auf ein zartes Maschenwerk reducirt sind.

Viele weiße Färbungen von Thieren sind als Anpassungsercheinungen gedeutet, andere als zweckmäßig für das darüber verlaufende Chromatophorenspiel befunden worden. In der That ließe sich außer dem amorphen Calciumcarbonat kaum eine, in thierischen Zellen auftretende Substanz ausfindig machen, welche wegen ihrer kreidigen, undurchsichtigen Beschaffenheit einen passenderen Untergrund für ein Spiel von Farbstoffzellen abgeben könnte als das Guanin⁵⁵), welches Epidermiszellen bei Fischen, Amphibien und Reptilien oft so massenhaft erfüllt. Einer Verallgemeinerung dieser Idee steht aber die Thatfache entgegen, daß bei vielen Thieren (Batrachier, Schlangen) vornehmlich die untere Körperfläche guaninhaltig ist, nicht die Schaufseite, an der doch allein der Farbenwechsel wirkungsfähig werden könnte. — Wie die kreidigen Par-

tionen in der Haut bei Raupen zu Stande kommen, wissen wir noch nicht mit Bestimmtheit anzugeben, nur soviel steht fest, daß dieselben nicht, wie *Leydig* glaubte, auf Guanineinlagerungen beruhen⁵⁶⁾.

Während das reine Guanin die Hautdecke der Batrachier, Reptilien und Selachier stellenweise in einen undurchsichtigen weißen Mantel verwandelt, auf welchem die Chromatophoren oder Chromatoblasten ihr Spiel treiben, verleihen feine Krysfällchen von Guaninkalk der äußern Haut von Knochenfischen den prächtigsten Silberglanz. In der Cephalopodentklera sind es spindelförmige Krysfalloide — deren chemische Natur noch nicht aufgeklärt, sondern nur bewiesen wurde, daß sie weder aus Uraten noch aus Guanin bestehen⁵⁷⁾, — welche einen sehr ähnlichen Eindruck hervorrufen. In wie weit dieser Silberglanz auf Interferenz oder auf totaler Reflexion beruht, wo alsdann der Guaninkalk ähnlich den mit Luft erfüllten Poren an der Unterseite der Hydrophiliden, Dyticiden und der Hydrometra wirken würde, bedarf wohl noch eingehenderer Untersuchungen.

Zu den objectiven Structurfarben zählt fernerhin das helle bis dunkle Blau vieler Vogelfedern (*Irena puella*, zahlreicher Psittacidenpecies, *Pitta moluccensis* etc.) und nackter Hautstellen bei Vögeln (z. B. bei *Casuarus*) wie bei Säugethieren (z. B. beim Mandrill). Das physikalische Zustandekommen der intensiven Blaufärbung in den Hauttheilen wurde noch immer ganz ununtersucht gelassen, und wie diese Färbungen durch die vielfachen Absorptionen und Brechungen, welche die das Gewebe treffenden Lichtstrahlen bis zum Eintritt in die schwarze Pigmentlage oder in unser Auge erfahren, in den Federn der Vögel entsteht, ist äußerst schwer, aller Wahrscheinlichkeit nach ganz unmöglich zu erklären. Wir wissen nur, daß in allen derartigen Federn der blaue Farbenton genau an der Stelle einsetzt, wo sich über die, stets zu unterst liegende schwarze resp. braune Pigmentlage eine Schicht von prismatischen oder kugeligen Hohlräumen (als l'émail zuerst von *Patio*

beschrieben und als große polygonale Zellen mit gefärbten Kernen gedeutet; *Gadow's* prismatic cells oder prismatic columns) schiebt; meist zeigt sich die Blaufärbung auf die Federäste beschränkt, welche an diesen Stellen jeder weiteren Verästelung und der Anhänge entbehren, dafür aber breiter und flacher werden.

Einige thierische Flüssigkeiten und durchscheinende Gewebe zeigen im durchgelassenen Lichte einen mehr gelblichen oder röthlichen, im auffallenden Lichte dagegen einen bläulichen Farbenton. Diese Farbenercheinungen beruhen nach *Brücke* und *Helmholtz* darauf, daß das Licht unter diesen Umständen ein mit sehr kleinen Theilchen erfülltes Medium passirt; das auffallende weiße Licht wird dann nicht gleichmäßig zurückgeworfen, weil die Lichtwellen der verschiedenen Strahlengattungen ja bekanntlich verschieden groß und je kleiner dieselben sind, desto bedeutender auch die relative Größe jedes Theilchens, auf das die Lichtwelle auffällt, und desto größer demnach auch die Reflexion sein muß. Im zerstreuten Lichte sehen wir deshalb das Blau überwiegen und das durchgelassene Licht wird da, wo von ihm nur eine kurze Strecke in dem trüben Medium zurückgelegt wurde, gelblich erscheinen.

In vielen, stellenweise blauen Papageienfedern liegt (unter Beibehaltung der den blauen Federn charakteristischen Textur) über der schwarzen Pigmentschicht ein gelb gefärbtes Horngewebe, wodurch die Feder einen, im auffallenden Lichte rein dunkelgrünen Farbenton bekommt. Alle gelben Federn, mögen dieselben ein gelbes Pigment enthalten oder nicht, zeichnen sich nach *Gadow's* Untersuchungen durch eine sehr feine Längsfreifung ihrer Oberfläche aus, bei der die einzelnen Erhabenheiten mehr oder weniger parallel zu einander stehen und als gerade verlaufende Linien erscheinen. Häufig beruht die Gelbfärbung von Federn lediglich auf einer solchen Längsfreifung; so z. B. bei den, im auffallenden Lichte gelb, im durchfallenden farblos erscheinenden Federn von *Pitta*, bei welchen die Längswülste nur um ca. 0.0015 mm von

einander abstehen. Die violette Färbung gewisser Federn (z. B. bei *Aethopyga* und *Sturnus*) liegt in ähnlichen Verhältnissen begründet, jedoch ist bei diesen die Riffelung eine viel feinere als bei den gelben Federn, und die leistenförmigen Erhebungen scheinen auch nicht geradlinig zu verlaufen.

Nach *Gadow's* Untersuchungen kommt auch das Grün bei den meisten grünen Federn nicht als Mischfarbe eines gelben Pigmentes und eines durch die Textur bedingten Blau zu Stande, sondern durch eine andersartige Structur. Die grünen Federn besitzen gewöhnlich eine glatte Oberfläche und zwischen den durchsichtigen, äußeren Zellenlagen und dem bald gelben, bald braunen oder nelkenfarbigen Pigmente in der Tiefe befindet sich ein System von Streifen und feinen Grübchen. Je regelmäßiger und paralleler die dadurch entstehenden Furchen angeordnet sind, desto mehr soll das Grün in's Gelbe übergehen. Da pigmentfreie grüne Federn unbekannt sind, sich aber bei allen die eigenthümliche Zwischenstructur findet, so wird man nach *Gadow* nicht annehmen können, daß das Grün oder ein eventuelles Blau rein in der Textur begründet liegt, sondern daß vielmehr die Federn das von dem gelben Pigmente ausgehende Licht dem Grün zu brechen. Vergleiche ich indeß die Zeichnung einer solchen grünen Feder in der Abhandlung *Gadow's* mit den von mir eingehender untersuchten blauen Federn der *Irena puella*, so kann ich nicht zugeben, daß sich beide Federn in ihrer Structur erheblich unterscheiden. — Durch ähnliche Lichtreflexe wie in den Federn entsteht zweifellos auch die grüne Hautfarbe der Amphibien (z. B. bei *Rana*, *Hyla arborea*) und Reptilien (*Chamaeleo*, *Lacerta* etc.).

Ob die blauen Farbentöne, welche man oft in sehr intensivem Grade und ohne begleitendes schwarzes Pigment an Mollusken-schalen (z. B. bei *Mytilus edulis*, *Cypraea moneta*) auftreten sieht, welche sich aber weder bei durchfallendem und in verschiedenen Richtungen auffallendem Lichte, noch wenn die Gehäuse

zu Pulver zerstoßen sind, ändern oder gar verschwinden, ebenfalls nur in der Structur des Gewebes begründet liegen, vermag die wissenschaftliche Optik unserer Tage wohl kaum zu entscheiden. Mir gelang es nicht, mich in diesen Fällen von der Anwesenheit eines Farbstoffkörpers direct zu überzeugen, geschweige denselben aus den Schalen zu extrahiren, wobei allerdings eine vorherige Befreiung der Kalksalze durch Säuren nicht umgangen werden konnte.

Die subjectiven Structurfarben sind solche, welche wechseln mit der Stellung des einfallenden Lichtes und des beobachtenden Auges. Diese zerfallen in zwei Gruppen, 1) in die Interferenzfarben und 2) in die prismatischen Dispersionsfarben.

Die Interferenzfarben werden hervorgebracht durch eine äußerst feine Streifung oder auch durch schichtenweises Abwechseln von dünneren und dickeren Gewebsslamellen resp. von zarten Häuten und eingeschlossenen Lufträumen. Die metallisch glänzenden Farben der Schlangenschuppen, der Schmetterlingsflügel, der Schwingplättchen bei den Rippenquallen, der Calyptren einiger Käfer (*Curculioniden*, *Hoplia farinosa*) verdanken einer feinen Streifung ihre außergewöhnliche Farbenpracht. Sehr schön zeigen sich «die Farben der gestreiften Oberflächen» am fog. Perlmutter der Molluskenchalen. Hier sind es ausnehmend dünne Lagen, welche, wenn man sie beim Poliren der Schale durchschneidet, ihre Ränder und dazwischen die für das Zustandekommen der Interferenzerscheinungen erforderlichen kleinen und regelmäßigen Furchen zeigen. *Brewster* lieferte den entscheidenden Beweis, daß das Iriresciren des Perlmutters dem mechanischen Zustande der Schalenoberfläche zuzuschreiben ist, dadurch, daß er ein irisirendes Schalenstück in schwarzes Siegelack abdrückte, worauf dieses mit den Furchen auch die Farben des Perlmutters wiedergab.

Als Interferenzfarben betrachtet *Brücke* auch das an den Edelpal erinnernde Opaliresciren der Haut von Cephalopoden, welches

unter den mittelländischen Species besonders schön an *Sepiola Rondeletii* beobachtet werden kann. «Es ist mir nicht zweifelhaft», sagt *Brücke*, «daß diese Farben Interferenzfarben dünner Blättchen sind. Erstens spricht dafür der außerordentliche Glanz und die Lebhaftigkeit der Farben, und zweitens der Umstand, daß alle Farben, welche hier vorkommen, einer bestimmten Abtheilung der Farbenscala entnommen sind; es sind nämlich keine anderen als die des dritten *Newton'schen* Ringsystems, welche vom Violet aufwärts bis zum Roth vollständig und in allen Abstufungen vertreten sind. Namentlich waren an meinem Exemplare häufig blaue, meergrüne, grasgrüne und gelbgrüne Flittern. Man muß sich erinnern, daß, wenn wir mit unseren zusammengesetzten Mikroskopen die Gegenstände bei durchfallendem Lichte untersuchen, unsere Netzhaut kein Bild derselben im gewöhnlichen Sinne des Wortes empfängt, sondern der Schatten des Objects auf sie geworfen wird. Wenn nun auch der Effect der Beugung bei größeren Gegenständen so gering ist, daß er nicht wahrgenommen wird, so kann er doch bei einem so kleinen Objecte, wie das in Rede stehende, die optischen Eigenschaften desselben sehr wohl verdecken. Vielleicht mochte auch die Intensität der im durchfallenden Lichte interferirenden Wellenzüge so verschieden sein, daß die Farbe an sich nur sehr schwach ausfallen konnte. Deshalb sah man die Flittern, wenn sie von unten beleuchtet waren, nur als einzelne helle, matt gelbliche oder bräunliche Punkte, von einem dunkleren Rande umgeben.» Eine Nachforschung über das Entstehen der irisirenden Farben an der Haut von *Sepiola Rondeletii* haben mir⁵⁸⁾ indeß gezeigt, daß dieselben nicht, wie *Brücke* will, durch zahllose, sehr kleine, der Haut eingestreute Flitterchen, sondern durch eine feine Riffelung von Zellen bewirkt werden, und diese Erscheinungen somit physikalisch ganz die nämlichen sind, wie an den Schuppen der Schlangen, Lepidopteren und Curelioniden.

Die Schillerfarben weißer und grauer Federn (z. B. bei Tauben),

welche sich beim Uebergange von der senkrechten zur streifenden Incidenz von Roth in Grün oder von Grün in Roth ändern, und, wenn man die Feder (am besten mit Alkohol) benetzt, verschwinden, beim Trocknen aber wiederkehren, hält *Brücke* für Farben dünner Blättchen, welche als solche durch zwei Reflectionen hervorgebracht werden, von denen die eine beim Uebergang von Licht aus der Luft in einen festen Körper, die andere beim Uebergang von Licht aus einem festen Körper in Luft entsteht. Auch die Schillerfarben beim Chamäleon entstehen nach *Brücke* wie die Farben der *Newton'schen* Ringe; «bei diesen ist der Abstand der reflectirenden Flächen sehr ungleichmäßig, sodaß das Mikroskop an einer und derselben Zelle immer mehrere Farben gleichzeitig nachweist. An den Taubenhalsfedern ist dies in geringerem Grade der Fall, so daß eine Farbe stets die Hauptfarbe ist, neben der nur hier und da andere auftreten. Für die mikroskopische Untersuchung, bei der zunächst die Strahlen in Betracht kommen, die mit dem Einfallslothe verhältnißmäßig kleine Winkel machen, ist die Hauptfarbe des auffallenden Lichtes bei den meisten Zellen grün, die des durchfallenden roth».

Weit reservirter äußert sich *Brücke* über das Zustandekommen des Metallglanzes an den Pfauenfedern. Diese Federn «verlieren durch Benetzen ihre Schillerfarben nicht, ja selbst durch Kochen in Terpentinöl werden sie nicht zerstört, sondern nur in Glanz und Farbenton etwas verändert; legt man das mit dem sog. Auge verfehene peripherische Ende einer solchen zwischen sich und eine Lichtquelle horizontal auf eine Unterlage, die sich um eine verticale Axe dreht, so wird man finden, daß die Farben durch alle Phasen der Drehung dieselben bleiben; hebt oder senkt man aber die Feder, dann ändern sich die Farben sofort; sie sind also unabhängig von der Orientirung und nur abhängig von der Incidenz. Beim Uebergange aus der senkrechten in die streifende Incidenz verändert sich Grün durch Blau in Purpur und andererseits Kupferroth in Grün». *Brücke* versuchte, diese Erscheinungen ebenfalls

nach dem Princip der dünnen Blättchen zu deuten; ich muß jedoch dagegen einwenden, daß nach Entfernung des schwarzen Pigmentes durch Kaliumchlorat und Salzfäure die metallglänzenden Partien der Pfauenfedern (bei starken Vergrößerungen betrachtet) sehr wohl eine feine Streifung erkennen lassen, und sich ihre Metallfärbung deshalb doch vielleicht nach dem Princip der irisirenden Knöpfe erklären dürfte; jedenfalls sind die regelmäßigen Furehensysteme an der Oberfläche für das Entstehen des Metallglanzes in diesem Falle von der größten Bedeutung.

Die Betrachtung der Structurfarben und der pigmentösen Einlagerungen umgreift die thierischen Färbungen insgesammt. Fälle, wo sich die Gewebssubstanz selbst aus einer farbigen Masse aufbaut, sind denkbar, aber kaum realisiert. Die gelben Horngebilde, die schwarzen Antipathidenstämme verdanken sicherlich diffus vertheilten Farbstoffen ihr Colorit, und daß keine an sich rothe Muskeln existiren, wie solches noch *Pouchet*⁵⁹⁾ annahm, sondern nur mit Hämoglobin oder einem anderen rothen Pigmente imprägnirte, ist heute jeder weiteren Discussion enthoben.

Ein guter Theil der aus Organismen in reinem Zustande künstlich abgechiedenen Substanzen fällt auf die thierischen und pflanzlichen Pigmente; allerdings nur von wenigen derselben ist die chemische Constitution erforscht und außer Frage gestellt, und ihre Besprechung schließt deshalb ein chemisches Hand- oder Unterrichtsbuch für gewöhnlich ab. In der Physiologie gebührt den Pigmenten jedoch eine höhere Rangstellung, — eben deshalb, weil nur wenige andere, sich an dem Aufbaue der lebenden Wesen theiligenden Stoffe einer wissenschaftlichen Behandlung verhältnißmäßig so leicht zugänglich, die Kenntnißnahme von der chemischen Natur der Farbstoffe gegenwärtig durch weit mehr Mittel ermöglicht ist als z. B. die der Eiweißkörper, ja selbst der Kohlehydrate. Die spectralanalytischen Untersuchungen mit allen ihren Feinheiten, die Reinigungsverfahren in ihrer, noch vor wenigen Jahren un-

geahnten Vollkommenheit, charakteristische Reactionen geben heutzutage unzählige Mittel an die Hand, die Pigmente mit einer Vollständigkeit zu isoliren und uns von ihrem Intactsein zu überzeugen wie bei nur wenigen anderen, aus der lebendigen Werkfakt hervorgegangenen Verbindungen.

Vergleichen wir die Farbenphysiologie von heute mit der weniger Jahre zuvor, so sehen wir die Zahl der pflanzlichen Pigmente gegen damals erheblich vermindert, die der thierischen Farbstoffe dagegen um ein Beträchtliches vermehrt. Was mit unzureichenden Mitteln unterfucht, sich als zahlreich ergeben haben sollte, wurde auf ein Minimum reducirt, und man begreift nicht mehr, wie *Hoppe-Seyler* noch im Jahre 1881 den vierten Theil seiner physiologischen Chemie mit dem Satze eröffnen konnte: «Die große Mannigfaltigkeit und der Reichthum an verschiedenen chemischen Producten, welche in den Lebensprocessen der Pflanzen entstehen, finden in den Thieren nicht ihresgleichen». Ein kaum mehr als zehn Thierte umfassendes Wissen stellt hier *Hoppe-Seyler* der jahrhundertelangen Erfahrung gegenüber, welche z. Th. schon seit der Zeit des *Theophrast* oder *Dioscorides* datirt und jetzt Tausende von Vertretern des Pflanzenreiches umfaßt. Wie kann es darum nur wunderbar erscheinen, daß gegenwärtig mehr Stoffe pflanzlicher als thierischer Herkunft bekannt sind, und wie nur Jemand sich erlauben, dieses zu einem Axiom zu gestalten, welches auf seine Richtigkeit zu prüfen, vor mir noch keiner ernstlich gewillt war. Das Folgende, bei welchem wir rein systematisch vorgehen wollen, wird uns eine Anschauung davon zu geben vermögen, was in der Bildung von Pigmenten, der am besten charakterisirten Stoffwechselproducte also, auch der Thierkörper zu leisten vermag, und daß dieser in seinem productiven Können hierin keineswegs dem pflanzlichen Organismus nachsteht.

Indem wir, soweit es eben der gegenwärtige Stand unserer Kenntnisse gestattet, die Ursachen der Färbung bei ausgewählten

Repräsentanten der einzelnen Thierclassen jetzt kurz erläutern wollen, übergehen wir dabei die durch das Hämoglobin veranlaßten Pigmentationen, weil diese schon in meinem ersten Vortrage Berücksichtigung fanden, und berühren auch die lipochromatischen und chlorophylloiden Farbstoffe nur in den Fällen, wo dieselben zu weiteren Betrachtungen Veranlassung geben; Lipochrome finden sich mit sehr geringen Ausnahmen in der Thierreihe überall vor, und über die chlorophylloiden Farbstoffe läßt sich, wie ich bereits bemerkte, erst wenig Bestimmtes sagen, weil man bis vor Kurzem das Verhalten des pflanzlichen Chlorophylls nicht einmal kannte, und um über das Vorkommen des Chlorophylls fehlüßig zu werden, eine Untersuchung nach *Kühne's* Verseifungsmethode unumgänglich nöthig, solche aber bislang nur von mir in vereinzelten Fällen an Farbstofflösungen von Wirbellosen ausgeführt worden ist.

Den auf niedrigster Stufe der Organisation stehenden Lebewesen⁶⁰⁾, den Schizomyceten und Myxomyceten, scheinen die Lipochrome noch zu mangeln; ganz andersartige blaue, rothe und gelbe Pigmente treten hier in Wirksamkeit, über welche Repräsentanten höherstehender Thierclassen gar nicht mehr verfügen. Wie ich gleichfalls schon in meinem ersten Vortrage hervorhob, stoßen wir bei diesen Formen, besonders in Betreff der blauen Pigmente, auf Differenzen, deren genauere Kenntniß für eine allgemeine Biologie sehr werthvoll sein müßte. Den von sehr verschiedenartig geschulten und interessirten Forschern gemachten Angaben läßt sich wenigstens schon jetzt soviel entnehmen, daß *Fordos'* und *Lücke's* Farbstoff des blauen Eiters sowohl von *Erdmann's* blauem Vibrionpigmente, wie auch von *Noellen's* Farbstoffe der blauen Milch chemisch erheblich abweicht. Doch schon bei den Flagellaten addiren sich einem, dem Chlorophyllgrün ähnlichen Farbstoffe chlorophan- wie rhodophanartige Lipochrome hinzu.

Farbstoffe
der
Protozoen.

Durch die Güte des Herrn Geheimerath *Kühne* bin ich in der Lage, Ihnen in dieser Hinsicht statt weitläufiger Referate das Er-

gebniß einer vollständigen Farbstoffanalyse mitzutheilen. Meine Untersuchung betrifft einen alkoholischen Auszug von *Euglena sanguinea*, welchen Herr Professor *Büttchli* angefertigt hatte. Derselbe wurde nach *Külme's* Methode verseift und bei dem nachherigen Behandeln der Seife mit Petroläther, Aether und Essigäther 1) ein gelber, chlorophanartiger Farbstoff erhalten, der auch ohne vorheriges Ausfalzen der Seife mit Kochsalz vollständig in Petroläther übergang, 2) ein spectrokopisch als Rhodophan charakterisirter Körper, aus der Seife direct nur durch Essigäther zu extrahiren, mit schön purpurvioletter Farbe in Schwefelkohlenstoff löslich, und 3) ein gelbgrünes Pigment, welches sich weder mit Petroläther noch Aether der wässrigen Flüssigkeit entziehen ließ, in welche es nach dem Ausfalzen der Seife übergegangen war. Das Spectrum dieser Lösung zeigte zwei Absorptionsstreifen (einen hinter C, den anderen hinter D), was ebenso wie das chemische Verhalten auf ein Zeretzungsproduct von Chlorophyllgrün hinweist. Ein sicherer Anhaltspunkt für diese Muthmaßung wird voraussichtlich aber nur an *Euglena viridis* zu gewinnen sein, über deren Farbstoff die vom Fürsten *Salm-Horstmar* mitgetheilten Reactionen allein nichts schließen lassen. Daß in *Euglena sanguinea* ein an verseifbares Fett gebundener rother Farbstoff vorkommt, hatte schon *v. Wittich* bemerkt und diesen von dem begleitenden chlorophylloiden Körper auch zu trennen vermocht; doch die beiden lipochromatischen Farbstoffe blieben in feinen Lösungen vereinigt, und es ist deshalb auch unmöglich anzugeben, ob die granatrothen, durch Chlor nur die Farbe verlierenden, nicht die Form verändernden Octaëder, welche er erzielte, auf das chlorophan-, rhodophanartige Pigment, das cholesterinähnliche Zeretzungsproduct beider oder vielleicht nur auf anderweitige Verunreinigungen der Farbstoffe zu beziehen sind.

Hansen und ich haben uns wiederholt bemüht, rhodophanartige Farbstoffe auch im Pflanzenreiche nachzuweisen; es ist uns aber bislang nicht gelungen. Wir können zwar nicht behaupten,

auch nur einen nennenswerthen Theil der vegetabilischen Gebilde in Untersuchung gezogen zu haben, bei welchen der Augenfchein die Anwesenheit von Rhodophanen wahrscheinlich macht; allein die von uns getroffene Auswahl dürfte eine solche gewesen sein, daß unser negatives Resultat wenigstens den Schluß erlaubt, daß rhodophanartige Lipochrome im Pflanzenreiche außerordentliche Seltenheiten sind, wodurch natürlich nicht ausgeschlossen bleibt, daß sie hier ganz fehlen. Die gewöhnlichen rothen Blüten-, Blätter-, Frucht- und Stengelfarbstoffe sind, wie wir gezeigt haben, überhaupt keine Lipochrome, und was von rothen, pflanzlichen Lipochromen (z. B. das Carotin, die Saffranfarbstoffe) bislang untersucht wurde, ergab sich spectrokopisch immer als der Chlorophangruppe angehörig. In den rothen Augenpunkten der Flagellaten präsentirt sich uns, soviel wir wissen, das Rhodophan zum ersten Male; durch alle Classen des Thierreiches, bei der einen Species fehlend, bei einer andern um so reicher entwickelt, wird es uns von jetzt ab bis zu den Vögeln hinbegleiten, in deren Retina es am längsten beharrt; denn ist das Rhodophan bei den höher organisirten Wirbelthieren erst aus dem Sehorgan verschwunden, dann hat der Organismus seiner auch so gut wie ganz entfaßt.

Den Stand unserer Kenntnisse über die Farbstoffe der Rhizopoden resumirt *Bütschli* in folgenden Sätzen: «Bei marinen Rhizopoden sind namentlich die feinkörnigen, intensiv rothen bis gelblichrothen und gelbbraunen Pigmente sehr verbreitet und verleihen durch ihre reichliche Anhäufung diesen Formen meist eine mehr oder minder intensive Färbung. Besonders reichlich sind sie in den älteren Kammern der Polythalamien angehäuft. Die genauere Untersuchung dieses Farbstoffes sowie der Farbstoffbläschen bei *Polytomella* und *Gromia* durch *M. Schultze* (Ueber den Organismus der Polythalamien nebst Bemerkungen über die Rhizopoden im Allgemeinen. Leipzig 1854) ergab, daß es sich hier um einen dem Diatomin entsprechenden Körper handelt, und leitet ihn von der vorzugsweise aus

Diatomeen bestehenden Nahrung her. Die Richtigkeit dieser Auffassung ergab sich auch noch daraus, daß sich in hungernden Polystomellen der Farbstoff sehr verminderte, wogegen reichliche Fütterung ihn bald wieder vermehrte. Auch Süßwasserformen weisen nicht selten ähnliche Pigmente auf. So findet sich ein ähnliches diatominartiges Pigment häufig bei *Pseudochlamis patella*, ein tief violettes bei *Amphizonella violacea Greeff*. Ein zinnoberrothes, zuweilen in's Braunrothe und Grünliche gehendes ist charakteristisch für *Plakopus ruber F. E. Schulze* und soll wahrscheinlich aus dem Chlorophyll der Nahrung hervorgehen, wie ja ähnliche Umwandlungen gefressener Chlorophyllmassen zu gelben bis braungelben Massen z. B. auch von *Auerbach* (Zeitschr. für wissensch. Zoologie. Bd. VII) bei *Cochliopodium bilimbosum* beobachtet wurden. Chlorophyll selbst, als endogenes Erzeugniß des Rhizopodenkörpers, ist mit Sicherheit kaum bekannt, es scheint sich hier fast durchaus um als Nahrung aufgenommenes Chlorophyll zu handeln. Doch ist eine der beschriebenen Varietäten der *Dactylosphaera vitreum H. u. L.* mit grünen Körnern reichlich gefüllt, während die andere Varietät ähnliche gelbe Körper zeigt. Zahlreiche Chlorophyllkörner enthalten auch eine Art oder Varietät von *Cochliopodium*, sowie sehr häufig auch die Difflugien (*Carter, Ann. and mag. of nat. hist. 3 Ser. Bd. XIII*)».

Ich vermag dem nichts Genaueres oder Bestimmteres hinzuzufügen, und auch in Betreff der Infusorien ist nichts Wichtigeres zu verzeichnen. Nur mit dem blauen Farbstoffe aus *Stentor caeruleus* wurden von *Ray-Lankester* einige Versuche angestellt, welche Folgendes ergaben: Das Spectrum des blauen Stentorins zeigt zwei Absorptionsbänder, ein dunkleres an der rothen Seite von C und ein schwächeres zwischen D und E. Der Farbstoff wird von Essig-, Salz- und Schwefelsäure nicht angegriffen, Kalilauge macht ihn dunkler, löscht das Band im Spectrum zwischen D und E aus und läßt das andere, jetzt etwas nach B verschobene Band

stärker hervortreten. — Im Ectoplasma von Vorticellen fand *Engelmann* einen grünen Farbstoff (Chlorophyll?) diffus vertheilt, der die Thiere befähigt im Lichte Sauerstoff auszufcheiden und ein eigenes Erzeugniß des Vorticellenkörpers zu sein verspricht.

Unter den Cölenteraten⁶¹⁾ findet sich schon bei den Spongien Farbstoffe
der
Cölenteraten. eine reichhaltige Pigmentirung. Verschiedenartigen gelben und rhodophanartigen Lipochromen verdankt eine große Anzahl von Schwämmen (*Suberitiden*, *Myxilla*, *Clathria* etc.) ausschließlich ihre, oft sehr intensive Färbung, welche, je nachdem chlorophan- oder rhodophanartige Pigmente in den Geweben vorherrschen, gelb, orange oder satt roth erscheint; bei keiner einzigen, daraufhin untersuchten Salzwasserspongie wurden Lipochrome ganz vermißt. Bei *Aplysiniden* gefellt sich den Fettfarbstoffen ein gelbes Uranidin hinzu, und auch die Schwärzungen vieler *Cacospongien* beruhen wohl ebenso wie die Verfärbung, welche das alkoholische Extract von *Hircinia spinosula* bei der Verseifung erfährt, auf der Bildung melanotischer Zeretzungsproducte von Uranidinen. Ein schwärzliches Pigment maskirt einen gelben Fettfarbstoff bei den *Gummineen* (*Chondrosia*), und bei einigen *Reniera*species werden die Lipochrome durch *Floridine* völlig unsichtbar gemacht, während z. B. bei *Reniera aquaeductus* auch sie es sind, welche die Färbung dieser Spongie ausschließlich bedingen und zwischen gelb, orange und roth variiren lassen.

Die rothen *Floridine* der *Renieren* und der *Hircinia variabilis* zeigen in ihrem chemischen Verhalten manche Uebereinstimmung mit rothen pflanzlichen Blüten- und Fruchtfarbstoffen, auch wohl mit rothen Algenpigmenten. Sie lösen sich nur in Wasser und Glycerin (bisweilen mit prächtiger Fluorescenz), und ihre Lösungen entfärben sich meist leicht unter Sauerstoffabgabe, ohne aber einer Rückverwandlung bei Sauerstoffzufuhr unzugänglich zu werden. Ich habe früher mehrere Gründe geltend gemacht, welche mich bestimmen, diese Pigmente als thiereigene Producte

zu betrachten, und halte daran um so mehr fest, als das Hämerythrin in den hämolymphatischen Körperchen der Sipunculiden den Floridinen nicht fern zu stehen scheint, und jenem analog functionirende Pigmente bei Pflanzen zur Zeit noch unbekannt, bei Thieren hingegen weit verbreitet sind. Ob den einzelnen, spectrokopisch gut gekennzeichneten Floridinen, speciell dem kirchrothen Farbstoffe der *Reniëra purpurea* sich auch das von *Moseley* untersuchte Roth von *Poliopogon Amadou* anschließen wird, läßt sich den Angaben dieses Forschers nicht entnehmen.

Bei Protozoën wie Spongien erlaubt — abgesehen von den quantitativ differirenden Färbungen zwischen Rinden- und Marksubstanz (z. B. bei *Stelletta*, *Chondrosia*, *Tethya*) — außer der Farbstoffanalyse nur eine mikroskopische Prüfung die Sonderung einzelner, verschieden localisirter Pigmente. Bei den Anthozoën tritt das ungleichartige Colorit einzelner Theile aber schon in so hohem Maße hervor, daß hier eine anatomische Trennung der stark und verschieden tingirten Organe einer nachfolgenden Farbstoffanalyse wesentliche Dienste leisten kann; von diesem Vortheile haben allerdings nur wenige Forscher Gebrauch gemacht und wie bei den Protisten und Spongien auch bei den Actinien noch die gefamnten Thiere der Extraction unterworfen.

Bei den Alcyonarien sind es bald verkalkte Axenskelete (Coralinen, Milithaeaceen), bald die das Axenskelet überziehende, aus Körpern des Cöenchyms gebildete Kalkrinde (Gorgoniden), bald die Einzelthiere allein (Alcyoniden, Pennatuliden), welche durch eine stärkere Pigmentirung hervorstechen.

Schon *Trommsdorff* gab an, daß bei der Edelcoralle das feurige Roth nicht, wie viele vor und nach ihm angegeben haben, auf Eisenoxyd, sondern auf der Gegenwart eines in Terpentinöl, und wenn es dadurch aus der Kalkmasse erst einmal ausgezogen ist, auch in Alkohol und Aether, nicht aber in Kali löslichen Harzes beruhe. Meine diesbezüglichen Untersuchungen haben er-

geben, daß *Trommsdorff's* Ansicht insofern eine richtige ist, als der die Färbung bedingende Körper ein fog. Fettfarbstoff ist, der mit den Lipochromen das Verhalten zu conc. Schwefelsäure und starker Salpetersäure theilt, sich aber von diesen durch seine Resistenz den lipochromatischen Lösungsmitteln gegenüber und durch das uncharakteristische Spectralverhalten dieser Lösungen unterscheidet. Ich stelle denselben deshalb zu den Lipochromoiden, denen auch die gelben und rothen Pigmente im Axenskelete der Melithaeen sowie die dunkelvioletten in der Rindenschicht der Leptogorgien und die gelben, orangenen und rothen Rindenfarbstoffe anderer Gorgoniden zuzurechnen sind. Sämmtliche hier namhaft gemachten Pigmente färben sich mit conc. Schwefelsäure wie mit conc. Salpetersäure blau, und daß sie auch als Lipochrome einstmals vorgebildet waren, scheinen die Spuren von letzteren anzudeuten, welche man ziemlich regelmäßig findet, wenn man frische Gebilde untersucht. Es ist sehr merkwürdig, daß die Lipochrome nur ganz bestimmter Vorkommnisse (in pflanzlichen Gebilden, so viele ich deren auch untersuchte, nur in den Blütenblättern einiger Compositen, in Federn nur [aber hier bei fast allen Species] bei Papageien und außerdem noch in den Schalen der Mollusken) zu einer Umwandlung in diese unlöslichen und spectrokopisch schlecht markirten Producte (Lipochromoide und Melanoide) incliniren. Die Meinung, daß es sich bei den Lipochromoiden vielleicht nur um Gemische von andersartigen Farbstoffen mit Lipochromen handelt, ist endgültig dadurch widerlegt, daß ich auch nach gründlicher Extraction der entkalkten und durch Pepsin wie Trypsin angedauten Gewebe mit den verschiedenartigsten lipochromatischen Lösungsmitteln an den gefärbten Rückständen noch immer die Schwefel- wie Salpetersäurereaction erhielt. Am überraschendsten war für mich dieses Resultat bei dem violetten Gorgonidenfarbstoffe, aber auch für diesen dürfte sich das Räthsel lösen, wenn man darauf ausgehen wird, die *Vauquelin'sche* Angabe⁶²⁾ näher zu verfolgen,

der gemäß bei einer rothen Madreporo ein durch Alkali violett werdendes rothes Pigment aufgefunden wurde. Der Analyse von *Witting*⁶³), welche für die käuflichen rothen Corallen einen Gehalt von 4,25 % Eifenoxyd angibt (über viermal mehr, als *Vogel*⁶⁴) fand), werden erhebliche Fehlerquellen anhaften; zweifellos ist das Eifen bei der Färbung der rothen Edelcoralle weder direct noch indirect (als Bestandtheil des rothen Lipochromoïds, wie z. B. *Schloßberger* vermuthete) irgendwie betheiligt; denn in stark rothen Exemplaren traf ich nur so minimale Mengen von Eifen an, daß eine quantitative Bestimmung derselben gar nicht auszuführen war.

Die weichen, von zahlreichen Ernährungskanälen durchzogenen Achseneylinder der *Melithaea ochracea* und verwandter Species zeigen bald eine gleichmäßige zinnoberrothe oder ockergelbe, bald außen eine rothe und innen eine gelbe oder aber außen eine gelbe und innen eine rothe Färbung. Nur insofern scheint bei dieser Pigmentirung eine Uebereinstimmung zu herrschen, als sehr starke alte Stöcke gewöhnlich gelb sind. Diese Farbenverschiedenheiten lassen sich nur durch die Annahme erklären, daß zwei Lipochromoïde (ein rothes und ein gelbes) in dem Achsenfkelete der *Melithaea* vorkommen, von welchen das rothe, sei es durch Zersetzung oder daß es stellenweise überhaupt nicht abgelagert wird, bisweilen ausfällt.⁶⁵)

Den blauen Farbstoff von *Heliopora caerulea* untersuchte *Moseley*, und bei mehreren Zoantharien (*Flabellum variabile*, *Fungia hymmetrica*, *Stephanophyllia formosissima* etc.) wie auch bei einer *Cassiopeia* der Tiefsee fand derselbe ein in Wasser, Glycerin, Alkohol und Aether wie auch in starkem Ammoniak und Kalilauge unlösliches krapprothes Pigment, welches aber nach Behandlung mit starker Salz-, Salpeter- oder Schwefelsäure rothbraun gefärbte wässrige wie alkoholische Lösungen lieferte, die bei gewissen Lichtstellungen grün erschienen, also dichroitisch waren. Das Spectrum des genuinen festen Farbstoffes besaß drei

Abforptionsbänder von ziemlich gleicher Stärke; eins hinter C, ein zweites unmittelbar vor D und ein drittes vor E. Die Spectren der fauren Lösungen wiesen dagegen nur zwei Bänder auf, das eine dicht vor D und das andere zwischen D und E, näher an D; letzteres verbreiterte sich bei zunehmender Concentration besonders nach E hin. Diesen Farbstoff nannte *Moseley* Polyperythrin; es soll derselbe durch Alkalien aus den fauren Lösungen in dunkelbraunen Flocken niedergeschlagen werden und sich dann spectrokopisch wieder wie der natürliche Farbstoff verhalten. Indem ich in Betreff der unzureichenden Beobachtungen *Moseley's* über die Farbstoffe einer *Adamsia* der Tiefsee und einer *Coenopsammia* von St. Vincent auf das Original selbst verweise, sei noch der Untersuchungen dieses Forschers über das Actiniochrom gedacht. Es ist dieses der dunkelrothe Farbstoff von *Bunodes crassicornis*, den *Mac Munn* auch bei *Actinia mesembryanthemum*, *Uraster rubens* und in der Hypodermis von *Homarus vulgaris* angetroffen haben will. Ein Lösungsmittel für das Actiniochrom wurde nicht gefunden; es zeigt daselbe aber ein charakteristisches Spectralband, ähnlich situirt wie das des reducirten Hämoglobins. Das Purpuridin des *Cerianthus membranaceus* löst sich in ammoniakalifirten, kaum in faurem Wasser und ist in den lipochromatischen Lösungsmitteln ganz unlöslich; sein spectrokopisches Verhalten zeigt nichts, was zu seiner Erkennung beitragen könnte.

Aus *Anthea Cereus* var. *smaragdina* extrahiren sich durch Alkohol mehrere Pigmente, von denen mindestens das Eine ausnehmend rasch Veränderungen unterliegt, welche an der, zwar sehr unregelmäßigen Verlagerung der Abforptionsbänder spectrokopisch leicht zu verfolgen sind. Im scharffen Gegenfatze zu den wechselvollen spectrokopischen Bildern, welche die Auszüge der Tentakeln oder der ganzen Antheen darbieten, steht das spectrokopisch übereinstimmende Verhalten der alkoholischen Extracte, welche aus den Entodermgebilden des Antheakörpers nach Abtrennung der Tenta-

keln gewonnen werden, und welches auf die Farbstoffe der fog. gelben Zellen zu beziehen sein wird.

Ueber die blauen, in Wasser löslichen, in den lipochromatischen Lösungsmitteln aber unlöslichen Farbstoffe der Medusen lauten die Angaben der einzelnen Unterfucher so übereinstimmend, daß anzunehmen ist, es handle sich sowohl bei *Velella* wie auch bei *Rhizostoma*, *Aurelia* und *Cyanea* um den gleichen Farbstoff, um Cyanein. Entgegen der Angabe *de Negri's* wird zweifellos auch der blaue Farbstoff der *Velella* ein Bandenspectrum zeigen und die meine Beobachtungen beifeiternden und davon abweichenden Angaben *R. Blanchard's* beruhen nur darauf, daß dieser, der deutschen Sprache nicht hinreichend mächtig, meine Abhandlung stellenweise nicht verstanden und die Reagentien in einer andern Concentration als ich angewendet hat. Der gelbbraune Farbstoff der *Chrysaora* soll nach *Merczkowsky* in Wasser (vorzugsweise in siedendem) gleichfalls löslich sein, das Spectrum deselben nach *Mac Kendrick* aber keine Abforptionsbänder aufweisen.

Farbstoffe
der
Echino-
dermen.

Von den Epidermoïdalpigmenten der Echinodermen⁶⁶⁾ wurden unterfucht das Comatulin (der rothe Farbstoff der *Comatula mediterranea*), das Antedonin, das purpurfarbene und das rothe Pentacrinin (Pigmente von Pentacrinusformen der Tiefsee), die Farbstoffe in der Haut von *Holothuria Poli*, verschiedener Asteriden und der kalkreichen Schalen und Stacheln von Echiniden.

Das Comatulin ist ein, in verdünntem Alkohol wie in Wasser leicht löslicher Körper, der aber von absolutem Alkohol, Aether, Chloroform nicht aufgenommen wird; am Lichte verwandelt es sich in braune und gelbe Materien, welche sich im Uebrigen von ihm wenig unterscheiden und in den gleichsinnig gefärbten Comatulavarietäten natürlich vorzukommen scheinen. Als Antedonin wurde von *Moseley* der Farbstoff einer dunkelpurpurfarbenen Antedon-species beschrieben, dessen alkoholische Lösung drei Abforptionsbänder (zwei dunkle zwischen D und E, ein schwächeres vor F)

im Spectrum aufweist, während reine Comatulinlösungen streifenfreie Spectren zeigen. Auf Salzsäurezusatz schlägt die rothe Farbe der alkoholischen Antedoninlösung in Orange um, und das Spectrum zeigt dann nur zwei scharfe Bänder (vor E und hinter b) und bei geeigneter Concentration außerdem einen weniger deutlichen Streifen dicht vor F. Beim Alkalifiren fällt der Farbstoff in purpurfarbigen Flocken aus der alkoholischen Lösung nieder; diesem sind zwei breite Bänder im Spectrum (eines vor D und ein zweites genau in der Mitte zwischen D und E) eigenthümlich. Das Antedonin traf *Moleley* auch bei einer Tiefseeholothurie des südlichen indischen Oceans an.

Das Spectrum der Lösung von *Moleley's* purpurfarbenen Pentacrinin in schwach angeäuertem Alkohol zeigt drei Absorptionsbänder, von denen die ersten beiden sehr ähnlich gelagert und unter einander ebenso verschieden an Stärke wie die Turacinbänder sind, das dritte schwächer ist und zwischen b und F liegt; letzteres Band gehört wahrscheinlich einem Rhodophane (*Moleley's* Red Pentacrinin) an, da dasselbe seine Lage nicht ändert, wenn auf Zusatz von Alkalien, welche die Flüssigkeit blaugrün und roth fluorescirend machen, die beiden anderen verschwinden und ein neuer Streifen zwischen a und B erscheint. Durch abwechselnden Säure- und Alkalizusatz läßt sich der Farbenwechsel an der alkoholischen Lösung eine beliebige Anzahl von Malen repetiren, und *Moleley* ist der Ansicht, daß die weißen, gelben und orangenen Pentacrinuspecies von den Ke-Islands, Panglao und den Signijor-Islands, welche Alkohol fastgrün färben und erst auf Säurezusatz Pentacrinin frei werden lassen, die alkalische Modification dieses Pigmentes enthalten. Dieser Deutung dürften die von mir klar gelegten Verhältnisse bei den Echinometriden sehr günstig sein.

In den dicken und großen Stacheln der *Acrocladien*⁶⁷⁾ finden sich meist zwei Pigmente, ein blauvioletes und ein rothes. Wasser wie Alkohol, denen eine stärkere Säure zugesetzt wurde,

lösen beide Farbstoffe mit intensiver Chamoisfärbung auf, und nach Entfernung der freien Säure durch Dialyse oder durch Alkalizufatz fällt sämmtlicher Farbstoff in blauvioletten, nur minimale Spuren von Eisen enthaltenden Flocken aus. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß die Acrocladien bald die faure rothe Modification dieses Pigmentes, bald dagegen die neutrale oder alkalische violette führen. Auch Kupfervitriol wie Gerbsäure fällen den Farbstoff aus der fauren Lösung, nicht aber Sublimat oder Alaun; Eisenchlorid bewirkt keine Reaction, conc. Salpetersäure bräunt nur die trockene Farbstoffsubstanz und conc. Schwefelsäure färbt sich damit prachtvoll kirschroth. Letztere Lösung, welche sich wochenlang unverändert hält, zeigt, spectrokopisch untersucht, drei Absorptionsbänder (eins hinter D, ein zweites um E und ein drittes vor F), während die Spectren der fauren alkoholischen und wässrigen Lösung keine deutliche Streifen darbieten. Das Echinorubin und Echinin von *Merejkowsky* können aus allem Denkbaren bestehen; ihr Entdecker vermochte sie durch keine Reaction irgendwie scharf zu charakterisiren. Das Hoplacanthin *Moseley's*, ein dunkelrothes, frisch in Alkohol lösliches, sich darin nach ca. 12 Stunden aber wieder ausscheidendes Pigment aus einer unbestimmten Hoplacanthusart dürfte, seinem Spectralverhalten nach zu urtheilen, ein Lipochrom oder ein lipochromatisches Gemisch sein.

Durch das bei Holothurien weit verbreitete braune Pigment wird in der Haut von *Holothuria Poli* ein Farbstoff verdeckt, der sich in Alkohol, Wasser und Glycerin mit gelber Farbe und grüner Fluorescenz leicht auflöst. Dieser Uranidin genannte Farbstoffkörper ist gerade deshalb von großem Interesse, weil er sich in unreinen Gewebsauszügen sehr rasch zersetzt, in reiner alkoholischer Lösung aber sehr beständig, weder licht- noch wärmeempfindlich zu nennen ist. Die Untersuchung dieses Farbstoffes hat die Kenntniß von den Uranidinen außerordentlich gefördert, und ich bedaure nur, an dieser Stelle nicht ausführlicher auf ihn eingehen zu

können; die für feine melanotische Verfärbung maßgebenden Factoren sind in der Tabelle auf S. 98 mitberücksichtigt worden.

Bei vielen Asteriden ist die äußere gelbe, orangene oder rothe Färbung eine rein lipochromatische. Bei *Astropecten aurantiacus* habe ich das Farbstoffgemisch der kalkigen Decke nach Kühne's Methode analysirt; ein chlorophanartiges Pigment (Orangin) wurde dabei der ausgefalzenen Seife durch Petroläther und Äther, ein Rhodophan derselben vollständiger erst durch Essigäther entzogen. Neben den Lipochromen wurde von mir in dem *Astropectenpanzer* ein eigenthümlich blauer Farbstoff (*Asterocyanin*) angetroffen, der in Wasser mit tief blauvioletter Farbe löslich ist, dessen Spectrum zwei Absorptionsbänder (zwischen C und D wie hinter D) zeigt, und der durch Erwärmen auf 80° C. durch Alkohol wie Natronlauge in eine rothe Substanz verwandelt, durch Ammoniak wie Salzsäure aber nicht verändert wird. Bei *Uraster* fand ferner *Mac Mum* ein, nach eintägiger Digestion mit Natronlauge sich in dieser mit braunrother, in Alkohol mit gelber Farbe lösendes Pigment, dessen alkoholische Lösung sich bei alkalischer und saurer Reaction wie Hämatorporphyrin verhielt.

In der Perivisceralflüssigkeit, der Schale und den Ovarien von *Echinus (esculentus?)* soll sich nach *Mac Mum* ein anderer brauner Farbstoff (*Echinochrom*) finden, der sich durch ein breites Band vor E auszeichnet; in der Perivisceralflüssigkeit ist derselbe gelöst, und auf Zusatz von Schwefelammonium soll das Absorptionsband noch deutlicher hervortreten. Zumal auf Zusatz dieses Reagens in der Flüssigkeit ein Niederfchlag entsteht, vermag ich der Ansicht dieses Forschers nicht beizustimmen, daß hierdurch ein Reductionsproduct geschaffen wird, sondern halte es für wahrscheinlicher, daß durch das Schwefelammonium Verunreinigungen entfernt werden und in Folge dessen das Band bei einer stärkeren Schichtendicke als in der anfänglichen Lösung noch zu sehen ist und deshalb auch vertiefter erscheinen kann. Der Versuch *Mac*

Munn's ist also nicht geeignet, die Ansicht von *Geddes* experimentell zu stützen, daß es sich bei den amöboïden, acajou-braunen hämolymphatischen Körperchen der Echiniden und einiger Holothuriden um einen Respirationsstoff handelt, der im desoxydirten Zustande grün gefärbt ist.

Im Inhalte des Wassergefäßsystemes gewisser Holothurienformen (z. B. *Cucumaria doliolum*) findet man nicht selten einen roth gefärbten Bodensatz, dessen Färbung von einem Pigmente herrührt, das dem Helicorubin in mancher Beziehung gleicht; eine derartige Substanz wurde vielleicht auch von *Foettinger* bei *Ophiactis virens* gesehen und ohne jeden triftigen Grund für Hämoglobin erklärt.

Die Leberpigmente der Asteriden erinnern sehr an die vieler Arthropoden und Mollusken; sie bestehen in Lipochromen oder in einem durch Alkohol leicht lösbaren Farbstoffe, einem sog. Hepatochrome, das durch siedende Natronlauge zerfetzt wird und dessen Spectrum ein Absorptionsband nahe der C-Linie aufweist. Der Darm einiger Seeigel (z. B. *Sphaerechinus granularis*) führt reichliche Mengen chlorophanartiger Lipochrome, und die rothen Ovarien von *Holothuria Poli* färbt ein ziemlich reines Rhodophan.

Farbstoffe
der
Ascidien.

Unter den Ascidien⁶⁸⁾ herrscht eine große Farbenmannigfaltigkeit. Man trifft oft an ein und demselben Fundorte blaue, violette, gelbe, gelbgrüne, orangefarbige, schwarze, gelb- und rothbraune Species. Der violette Farbstoff der mittelländischen *Botryllus*-arten scheint nur im festen Zustande als solcher bestehen zu können, da denselben alle als Lösungsmittel auf ihn einwirkenden Reagentien bräunlich färben, Säuren das Violett aber regeneriren. Bei den zwischen gelb und roth variirenden *Cynthien* und *Didemnen* sind es meist Lipochrome (Chlorophane und Rhodophane), welche die Färbungen bedingen; bei einigen Ascidien (z. B. bei *Ascidia fumigata* und *A. mentula*) ist es ein gelbes Uranidin, das die Lymphe wie die inneren Organe bei Berührung mit der

Luft dunkelbraun werden läßt (vgl. Tabelle auf S. 98), und von dem das Pigment in den schwarzen Mantelstellen der *Ascidia fumigata* vielleicht nur ein Umwandlungsproduct darstellt.

Von Bryozoën⁶⁹⁾ wurde nur *Bugula neritina* einer eingehenderen Farbstoffanalyse unterworfen. In dieser Bryozoë sind mindestens zwei verschiedene Farbstoffe vorhanden: Einer (Bugulapurpur), welcher sich mit rosa oder purpurrother Farbe in Glycerin und Wasser löst (vgl. Tabelle auf S. 98) und ein (chlorophanartiges Pigment) oder mehrere (Hepatochrom etc.) andere, welche in Glycerin, Wasser und Benzol wenig oder unlöslich sind, dagegen in Alkohol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl etc. mehr oder weniger leicht übergehen und diese Flüssigkeiten alsdann gelbgrün, gelb oder bräunlich färben.

Farbstoffe
der
Bryozoën.

Die Hautfärbungen bei den Würmern⁷⁰⁾ sind gewöhnlich keine sehr hervorstechende. Die Epidermis ist bei vielen durchsichtig (irrsirt auch wohl in Folge ihrer feinen Camellirung), und die bisweilen kräftigen Färbungen innerlich gelagerter Organe sind alsdann durch die Haut hindurch sichtbar. Bei einigen Arten, wo die Hautpigmentirung eine intensivere ist (z. B. bei *Hirudo medicinalis* [cf. S. 100], *Spirographis Spallanzanii*), hat man die derselben zu Grunde liegenden Farbstoffe zu extrahiren und durch Reactionen zu charakterisiren versucht; wichtigere Aufschlüsse sind durch diese Bestrebungen jedoch nicht erreicht.

Farbstoffe
der
Würmer.

Bei Paramatta in New South Wales beobachtete *Moseley* zwei große *Rynchodemus*species, von denen die eine blau, die andere roth war. Das blaue Pigment der ersteren Art war in Alkohol unlöslich, wurde durch Säuren roth und durch Alkalien abermals blau, während der rothe Farbstoff der zweiten Art nicht in einen blauen Körper zu verwandeln war und wahrscheinlich ein rhodophanartiges Pigment gewesen ist. Bemerkenswerth ist von den Hautfarbstoffen bei den Würmern eigentlich nur das grüne Pigment der *Bonellia viridis*, welches lange für echtes Chlorophyll-

halb wir zuerst die Insecten betrachten und die Crustaceen den Mollusken direct vorausgehen lassen.

Farbstoffe
der
Insecten.

Die gelben bis rothen Farbstoffe in den Calyptren der Coccidionellen, wahrscheinlich auch die mehrerer anderen roth gefärbten Käfer (Elateriden, *Cerambyx Köhleri* u. f. w.), die sich im frischen Zustande durch Alkohol, Aether etc. extrahiren lassen, gehören, wie das Eintreten der Schwefel- und Salpeterfäurereaction, die Lösungsverhältnisse bekunden, der Lipochromgruppe an. Mittelft der Verfeifungsmethode wurden diese Farbstoffe noch nicht analysirt, in den Spectren der orange bis roth gefärbten alkoholischen Auszüge von *Chrysomela populi* vermochte ich von Lipochrombändern nichts zu entdecken, und bei längerer Aufbewahrung der eingetrockneten Gewebe nehmen die Pigmente einen lipochromoiden Charakter an, wodurch es sich zugleich erklärt, daß ich über ihre Natur früher in Zweifel bleiben konnte⁷²⁾.

Eingehendere Versuchsreihen liegen nur über die Farbstoffe der Cocciden und Aphiden⁷³⁾ vor, von denen der Eine, die Carminsäure, durch mehrere neuere Arbeiten besser bekannt, dessen chemische Constitutionsformel aber auch noch keineswegs endgültig festgestellt worden ist. Die getrockneten Weibchen von *Coccus cacti* enthalten von dieser Säure 26—50⁰/₁₀₀: ein, in der thierischen Organisation wohl einzig dastehender Fall, daß ein so beträchtliches Quantum der gesammten thierischen Trockensubstanz in einem Farbstoffe aufgespeichert wird. Diese Thatfache dürfte auch wohl nur dadurch verständlich werden, daß die Carminsäure für die Cocciden einen Reservestoff nach Art des Glykogens oder der Glykose darstellt, was ihr Zerfall beim Kochen mit verdünnten Säuren in einen unvergärbaren, optisch inactiven Zucker ($C_6H_{10}O_5$) und in Carminroth ($C_{11}H_{12}O_7$) andeuten dürfte.

Die Carminsäure ($C_{17}H_{18}O_{10}$) scheint im Thierreiche auf Cocciden und Aphiden im Vorkommen beschränkt zu sein; aber bei einer Labiate des Alleghaniegebirges, bei *Monarda didyma*,

will *Bellhomme* sie gleichfalls gefunden haben. Seit lange bei *Coccus cacti* bekannt, wurde das Carmin von *Sorby* bei Aphiden, welche von den Rinden der Apfelbäume gesammelt waren, und von mir bei *Coccus ilicis* und *C. polonicus* nachgewiesen; im letztern Falle rein dargestellt, in Carminroth übergeführt, die Lösungen wie die der Spaltungsproducte mit denen der Carminsäure aus *Coccus cacti* spectrokopisch genau verglichen und in allen Punkten damit identisch befunden. Die freie Säure krystallisirt, löst sich in Alkohol und Wasser, schwer in Äther und liefert meist roth gefärbte Salze. Alle durch Säuren aus dem Carmin entstehenden Derivate haben saure Eigenschaften. Durch kochende Salpetersäure entsteht daraus die in großen silberglänzenden Platten krystallisirende Nitrococcusäure ($C_7H_3[NO_2]_3OH.CO.OH$), welche mit Wasser auf $180^\circ C.$ erhitzt, sich weiterhin in Kohlenäure und Trinitrokrefol ($C_6H[CH_3][NO_2]_3OH$) spaltet. Erhitzen mit conc. Schwefelsäure verwandelt die Carminsäure unter Entwicklung von Kohlenäure und von schwefliger Säure in Ruficoccin ($C_{16}H_{10}O_6$), schmelzendes Kali in gelbes Coccinin ($C_{14}H_{12}O_5$).

Die übrigen Farbstoffe der Aphiden sind von *Sorby* wie von *Mac Munn* untersucht; mir hat sich bisher leider nie Gelegenheit zu einer Nachuntersuchung geboten, und ich theile deshalb einige Ergebnisse aus den Arbeiten jener beiden Forscher mit, obgleich die von diesen in Anwendung gebrachten Methoden zur Trennung der einzelnen Pigmente als unzweckmäßige bezeichnet werden müssen, und deshalb Farbstoffgemische auch für reine Farbstoffkörper gehalten und mit eigenen Namen belegt worden sind.

Verfetzte *Sorby* den carminrothen Heißwasserauszug seiner Aphiden mit Eisenvitriol und Schwefelammonium, so nahm derselbe eine blasse Fleischfarbe an und, falls ein wenig Ammoniak im Ueberfluß zugesetzt wurde, entfärbte sich die Lösung fast vollständig. Beim Stehen an der Luft kehrte die ursprüngliche Farbe zurück, von der Oberfläche nach dem Grunde zu fortschreitend.

An dem fauer gemachten Auszuge war keine Farbenveränderung durch das Eifenfalz zu erzielen. Es existirt der betreffende Farbstoff (Aphidein), so schließt *Sorby*, ebenso wie das Hämoglobin in einer oxydirten und in einer desoxydirten Form (in beiden Fällen bei alkalischer Reaction der Lösung) und wird für *Aphis* jedenfalls eine ähnliche respiratorische Bedeutung haben wie das Hämoglobin bei anderen Thieren. *Mac Munn* erhielt aus Aphiden, welche er auf *Physalis Alkekengi* («Morella cherry») gefunden hatte, ebenfalls einen Aphidein-haltigen Auszug, dessen spectroskopisches Verhalten sich auch durch Schwefelammonium änderte; von einer geglükten Rückverwandlung in den oxydirten Zustand wird von ihm aber nichts berichtet. Zweifellos ist *Sorby's* Aphidein ein Farbstoffgemisch und die von ihm als Umwandlungsproducte desselben betrachteten und als Aphidilutein, Aphidiluteolin und Aphidirhodein bezeichneten Pigmente sind z. Th. Lipochrome oder auch wohl unreine Carminsäure, welche in reinem, freien Zustande und in alkoholischer Lösung von wässrigem Carminammoniak spectroskopisch sehr unerheblich abweicht, während faure Carminlösungen sehr bald ganz anders gelagerte Spectralbänder aufweisen.

Nur die Chironomuslarven wurden von allen, darauf unterfuchten Insecten als hämoglobinhaltig erkannt; die Angabe *Mac Munn's*, daß bei *Musca domestica* dieser Stoff sich ebenfalls finde, kann auf keiner exacten Prüfung basiren, denn ich habe mich wiederholt überzeugt und über diese Versuche bereits früher berichtet⁷⁴), daß der rothe Farbstoff in den Fliegenköpfen weder Hämoglobin noch ein Lipochrom ist, sondern seinen Eigenschaften nach am nächsten dem Stäbchenpurpur der Cephalopoden steht.

Landois wie *Graber* hatten in ihren morphologischen Arbeiten schon vor mehreren Jahren die Färbungen der Insectenlymphe⁷⁵) besprochen, das Zustandekommen der eigenthümlichen Melanose, welche dieselbe bei den meisten Coleopteren und Lepidopteren zeigt, wurde aber erst vor Kurzem durch *Fredericq* aufgeklärt. Dieser

Vorgang beruht wie bei *Aplysina*, *Ascidia fumigata* und *Aethalium septicum* auf der Anwesenheit eines Uranidines und ist in der Insectenlymphe gerade dadurch so merkwürdig, daß durch eine, nur kurze Zeit unterhaltene Erwärmung auf ca. 55° C. die Oxydation und somit auch die melanotische Verfärbung inhibirt wird. Eine vergleichende Untersuchung der Lymphfarbstoffe bei verschiedenartigen Käfern und Saturnidenchrysaliden hat mir ergeben, daß das gelbe Uranidin keine charakteristischen Spectralbänder besitzt, daß sich daneben aber meist noch andere Farbstoffe finden, welche für die einzelnen Species eine große Constanz besitzen und spectrokopisch gut gekennzeichnet sind. So findet sich in der bräunlichgelben Lymphe von *Saturnia Pernyi*, *Callosamia Promethea* und *Telea Polyphemus* ein, nach der Verseifung der ausgefalzenen Seife leicht durch Äther, unvollständig oder gar nicht durch Petroläther zu entziehendes, chlorophanartiges Lipochrom und in der gelbgrünen von *Saturnia Pyri* wie von *Platysamia Cecropia* neben diesem Pigmente noch ein anderes, dessen Spectrum ein breites Band um D zeigt, das aber sowohl auf Essigsäure- oder Ammoniakzusatz wie auch nach längerem Erwärmen der Lymphe auf 66° C. schwindet. Dasselbe Lipochrom, welches sich bei den Puppen in der Lymphe findet, pflegt auch dem Fettkörper ein gelbes oder grünliches Colorit zu geben.

Dem Hämocyanin, einem meist kupfer-, bisweilen aber auch eisenhaltigen Albuminate, das beim Kochen wie durch Alkohol coagulirt, bei Sauerstoffentziehung in ein farbloses Chromogen (Hämocyanogen) übergeht, aus dem es durch Sauerstoffzufuhr zu regeneriren ist, begegnen wir bei den Krebsen⁷⁶⁾ zum ersten Male. Es ist nicht zu bezweifeln, daß dieses für das Respirationsgeschäft ebenso wie das bei einigen Krebsen (*Daphnia*, *Lernanthropus* etc.) sich findende Hämoglobin von Nutzen sein kann; ob aber auch noch andere, in ähnlicher Weise als Sauerstoffüberträger fungirende rothe Pigmente bei Krebsen vorkommen, ist nach

Farbstoffe
der
Crustaceen.

meinen Beobachtungen wahrscheinlich; jedoch keineswegs entchieden.

Wesentlich verschieden von dem Hämocyanin erweist sich das so leicht zersetzbare CyanokrySTALLIN, welches sich krySTALLIRT in der Hypodermis sehr vieler Kruster findet. Unrichtig ist die Vermuthung *Merczkowsky's*, dieser Farbstoff sei eine mit dem Velellablau identische Substanz; denn ich habe schon früher nachgewiesen, daß das CyanokrySTALLIN (sowohl von *Astacus* wie von *Homarus*) weder in reinem Wasser, noch in Salzlösungen verschiedenster Concentration auf irgend eine Weise zu lösen ist.

Was sonst von Crustaceenpigmenten genauer bekannt geworden ist, betrifft nur die lipochromatischen Farbstoffe, welche hier sehr verbreitet sind und durch die Verseifungsmethode aus dem alkoholischen Auszuge der Ovarien von *Maja squinado* wiederholt isolirt sind. Das Crustaceorubrin *Moleley's*, das Vitellorubin *Maly's* sind lediglich andere Bezeichnungen für *Kühlme's* Rhodophan. Die grünen Crustaceenfarbstoffe sind gewöhnlich (z. B. bei *Virbius*) ebenso leicht durch Lösungsmittel zersetzbar als die der Insecten (z. B. von *Locusta*); doch treten bei einigen Krebsen grüne Farbentöne auf, die sich gegen Alkohol äußerst resistent verhalten (z. B. bei *Palinurus argus* und *P. spongipes*) und ebenso violette (z. B. bei *Gonodactylus chiragra* und auch bei *Palinurus argus*); beide sind noch nicht Gegenstand einer genaueren Untersuchung gewesen. Indem ich bei Besprechung der Crustaceen schließlich noch auf die spectroskopischen Untersuchungen der Leberpigmente aufmerksam gemacht haben möchte, weise ich zugleich die seltsame Vermuthung *Mac Munn's*, daß der Farbstoff der grünen Drüse reducirtes Hämoglobin sein könne⁷⁷), auf Grund meiner Versuche als unrichtig zurück.

Farbstoffe
der
Mollusken.

Die allgemeine Uebereinstimmung in den Stoffmetamorphosen bei Crustaceen und Mollusken⁷⁸) documentirt sich in Bezug auf die bei beiden Classen gebildeten Pigmente: 1) in den Farbstoffen

der Hämolymphe (Hämocyanin, Hämoglobin). 2) in denen der Leber (Hepatochrome, Lipochrome) wie einiger anderen Drüsen z. B. der Ovarien (Lipochrome) und 3) in denen der äußeren Haut (Lipochrome). Nur bei verhältnißmäßig wenigen Molluskenpecies zeigen die Gallen- resp. die Hautfarbstoffe spezifische Eigenthümlichkeiten. So findet sich in der Galle von *Helix*, *Limax*, *Zonites*, *Cyclostoma* und *Unio tumidus* ein rother, in Wasser löslicher, in den lipochromatischen Lösungsmitteln aber unlöslicher und, wie sich den Beobachtungen von *Hazay* entnehmen läßt, «in scharfspitzigen Rhombusformen» krytallifirender Farbstoff, das Helicorubin (vgl. S. 99). Dieses wurde, ebenso wie gewisse Hautpigmente von *Arion ater* und *Limax variegatus* in unmittelbare Beziehung mit dem Hämoglobin gebracht (vgl. S. 100), aber, wie ich bereits andeutete, ohne genügende Gründe. *K. B. Hofmann* berichtet, daß im Mantel von *Arion ater* ein in Säuren mit prächtig violetter Farbe lösliches, in Weingeist unlösliches Pigment vorhanden sei, und einige weitere Angaben über das Verhalten dieses und der Hautfarbstoffe von *Limax flavus* finden sich bei *Mac Munn*.

Eigen ist den Mollusken eine Fülle von Farbstoffen in besonderen Hautsecreten, welche theils zur Vertheidigung entlanct, theils zur Färbung der Gehäuse verwendet werden. So bildet sich, wie wir bereits sahen (S. 91), bei Cephalopoden ein melaninartiger Körper, der in dem Secrete des Tintensackes ausgestoßen wird, bei *Aplysia* ein purpurfarbiges, bei *Purpura patula* ein grünes Pigment, bei Muriciden ein am Lichte veränderliches Chromogen; *Cerithien* secerniren eine gelbe Flüssigkeit, die an der Luft grasgrün wird, und *Scalaria clathrus* einen Purpursaft, der durch Alkalien nicht verändert, durch Mineralsäuren blaugrün und durch Licht nur langsam gebleicht wird. Die von *Planorbis corneus* auf Reizung entleerte Flüssigkeit ist aber bekanntlich kein Drüsensecret, sondern hämoglobinhaltige Hämolymphe, und ebenso wird der himmelblaue Saft, welchen nach *Philipp's* Angabe Tritonium

nodiferum vor dem Tode entleeren soll, die hämocyandinhaltige Hämolymphe dieses Thieres fein.

Einige Reactionen und das spectrokopische Verhalten des Janthinins, des blauen Farbstoffes in dem Secrete, welches gewisse Janthina-species am Rande und der Oberfläche des Mantels absondern, sind (speciell von nordatlantischen Formen) durch *Moseley* bekannt geworden. Das Janthinin löst sich in Weingeist wie Aether mit blaß violetter Farbe, rother Fluorescenz (ähnlich also dem Aesculin) und zeigt drei Absorptionsbänder im Spectrum (ein tief dunkles um D und zwei schwache vor E und vor F). Daselbe Spectralverhalten besitzt die mit tief violetter Farbe in Glycerin gelöste Farbsubstanz. Salzfäure verwandelt die Farbe der alkoholischen Lösung in ein reines, liches Blau mit nur einem Spectralbande um D. In angeäuertem Aether löst sich das Janthinin mit prachtvoll tief blauer Farbe; diese Lösung fluorescirt nicht, und ihr Spectrum ist ohne Absorptionsstreifen. Die Janthininlösungen waren wenig haltbar; nach 1 bis 2 Wochen fand *Moseley* sämmtliche zerfetzt.

Was speciell die Färbungen der Gehäufe bei den Mollusken anbelangt, so ist die Zahl der dabei in Anwendung gebrachten Farbstoffe eine ausnehmend große. Wir finden hier:

1. Farbstoffe mit allen Eigenschaften der Lipochrome (z. B. bei *Littorina* und gelben *Pecten*varietäten).

2. Lipochromoide und Melanoide, welche die Gehäufe der Muriciden, Coniden und vieler anderen Gastropoden (z. B. *Cassis*, *Mitra*, *Strombus*, *Cypraea*, *Turbinella*) wie zahlreicher Lamellibranchiaten (z. B. *Pecten*) von dem zartesten Rosa, durch Gelb, Orange, Roth und Braun hindurch bis zum tiefen Braun-schwarz (z. B. bei *Murex radix*, *Conus marmoreus*, *Turbinella rinoceros*) variiren lassen. Wie viel die Structur und wie viel nur vorhandene Spuren eines Lipochromoides, z. B. eines rothen bei dem leichten Rosaanfluge an der inneren Schalenfläche von

Strombus gigas, *Murex bicolor* und *Delphinula laciniata* beitragen, wird sich allerdings nur durch fortlaufende Schnittserien der Schalenstücke entscheiden lassen.

3. Biliverdin bei Haliotiden (z. B. *Haliotis Cracherodi*) und Trochiden (z. B. *Turbo margaritaceus*, *T. concinnus*, *T. disjunctus*, *Trochus pyramis*, *Tr. olivaceus*).

4. Turbobrunin, ein in angeäuertem Alkohol wie in angeäuertem Wasser leicht lösliches, eisenfreies oder nur Spuren von Eisen enthaltendes rothes Pigment, das beim Neutralisiren feiner Lösung in braunrothen Flocken ausfällt und bei längerer Berührung oder beim Kochen mit fauren Flüssigkeiten in Biliverdin übergeht, unvermischt mit diesem die *Gmelin'sche* Gallenfarbstoffreaction aber nicht zeigt. Das Turbobrunin scheint auf die Haliotiden (*Haliotis rufusens*) und die Gattung *Turbo* (*T. sarmaticus*, *T. rugosus*) beschränkt zu sein.

5. Bei *Helix nemoralis* ein intensiv gelber, in kaltem Alkohol leicht löslicher, in Wasser, Aether, Chloroform u. dgl. m. aber unlöslicher Farbstoff, der sich beim Erwärmen feiner Lösung auf etwa 90° C., ähnlich den Uranidinen bräunt, und dessen Spectrum frei von Absorptionsbändern ist; seine alkoholische Lösung ist sehr lichtempfindlich.

6. Ein purpurviolettes, eisenreiches Pigment, vorkommend bei Gastropoden (*Trochus rota*, *Tr. erythraeus*) wie Acephalen (*Placuna sella*, *Perna isognomum*), das im unveränderten Zustande ein breites Absorptionsband zwischen b und F aufweist, beim Lösen in faurem Alkohol oder Wasser aber leicht in andere, spectrokopisch gut gekennzeichnete Farbstoffe umgewandelt wird. Der Farbstoff und die durch keine tiefgreifendere Umfetzung aus ihm hervorgegangenen Derivate sind in Chloroform wie Aether unlöslich. Die fauren wässrigen Lösungen erfahren beim Kochen keine spectrokopische Veränderung, werden durch Alkalien gefällt, nicht aber durch Sublimat, Alaun oder Gerbsäure; sie geben fernerhin weder

nodiferum vor dem Tode entleeren soll, die hämocyandinhaltige Hämolymphe dieses Thieres fein.

Einige Reactionen und das spectroskopische Verhalten des Janthinins, des blauen Farbstoffes in dem Secrete, welches gewisse Janthinaspecies am Rande und der Oberfläche des Mantels absondern, sind (speciell von nordatlantischen Formen) durch *Moseley* bekannt geworden. Das Janthinin löst sich in Weingeist wie Aether mit blaß violetter Farbe, rother Fluorescenz (ähnlich also dem Aesculin) und zeigt drei Absorptionsbänder im Spectrum (ein tief dunkeltes um D und zwei schwache vor E und vor F). Dasselbe Spectralverhalten besitzt die mit tief violetter Farbe in Glycerin gelöste Farbsubstanz. Salzfäure verwandelt die Farbe der alkoholischen Lösung in ein reines, liches Blau mit nur einem Spectralbande um D. In angeäuertem Aether löst sich das Janthinin mit prachtvoll tief blauer Farbe; diese Lösung fluorescirt nicht, und ihr Spectrum ist ohne Absorptionsstreifen. Die Janthininlösungen waren wenig haltbar; nach 1 bis 2 Wochen fand *Moseley* sämmtliche zerfetzt.

Was speciell die Färbungen der Gehäuse bei den Mollusken anbelangt, so ist die Zahl der dabei in Anwendung gebrachten Farbstoffe eine ausnehmend große. Wir finden hier:

1. Farbstoffe mit allen Eigenschaften der Lipochrome (z. B. bei *Littorina* und gelben *Pecten*varietäten).

2. Lipochromoide und Melanoide, welche die Gehäuse der Muriciden, Coniden und vieler anderen Gastropoden (z. B. *Cassis*, *Mitra*, *Strombus*, *Cypraea*, *Turbinella*) wie zahlreicher Lamellibranchiaten (z. B. *Pecten*) von dem zartesten Rosa, durch Gelb, Orange, Roth und Braun hindurch bis zum tiefen Braunschwarz (z. B. bei *Murex radix*, *Conus marmoreus*, *Turbinella rinoceros*) variiren lassen. Wie viel die Structur und wie viel nur vorhandene Spuren eines Lipochromoides, z. B. eines rothen bei dem leichten Rosaanfluge an der inneren Schalenfläche von

Strombus gigas, *Murex bicolor* und *Delphinula laciniata* beitragen, wird sich allerdings nur durch fortlaufende Schnittserien der Schalenstücke entscheiden lassen.

3. Biliverdin bei Haliotiden (z. B. *Haliotis Cracherodi*) und Trochiden (z. B. *Turbo margaritaceus*, *T. concinnus*, *T. disjunctus*, *Trochus pyramis*, *Tr. olivaceus*).

4. Turbobrunin, ein in angeäuertem Alkohol wie in angeäuertem Wasser leicht lösliches, eisenfreies oder nur Spuren von Eisen enthaltendes rothes Pigment, das beim Neutralisiren feiner Lösung in braunrothen Flocken ausfällt und bei längerer Berührung oder beim Kochen mit fauren Flüssigkeiten in Biliverdin übergeht, unvermischt mit diesem die *Gmelin'sche* Gallenfarbstoffreaction aber nicht zeigt. Das Turbobrunin scheint auf die Haliotiden (*Haliotis rufusens*) und die Gattung *Turbo* (*T. sarmaticus*, *T. rugosus*) beschränkt zu sein.

5. Bei *Helix nemoralis* ein intensiv gelber, in kaltem Alkohol leicht löslicher, in Wasser, Aether, Chloroform u. dgl. m. aber unlöslicher Farbstoff, der sich beim Erwärmen feiner Lösung auf etwa 90° C., ähnlich den Uranidinen bräunt, und dessen Spectrum frei von Absorptionsbändern ist; seine alkoholische Lösung ist sehr lichtempfindlich.

6. Ein purpurviolettes, eisenreiches Pigment, vorkommend bei Gastropoden (*Trochus rota*, *Tr. erythraeus*) wie Acephalen (*Placuna sella*, *Perna isognomum*), das im unveränderten Zustande ein breites Absorptionsband zwischen b und F aufweist, beim Lösen in faurem Alkohol oder Wasser aber leicht in andere, spectrokopisch gut gekennzeichnete Farbstoffe umgewandelt wird. Der Farbstoff und die durch keine tiefgreifendere Umsetzung aus ihm hervorgegangenen Derivate sind in Chloroform wie Aether unlöslich. Die fauren wässrigen Lösungen erfahren beim Kochen keine spectrokopische Veränderung, werden durch Alkalien gefällt, nicht aber durch Sublimat, Alaun oder Gerbsäure; sie geben fernerhin weder

mit roher, starker Salpeterfäure oder conc. Schwefelfäure, noch mit Eifenchlorid oder Kupfervitriol charakteristische Reactionen und ändern sich selbst nach tagelanger Belichtung nicht.

7. Bei *Trochus pica* einen schwarzen, in dünnen Schichten blaugrünen Farbstoff, dessen Spectrum drei Abforptionsbänder (eins vor D, ein zweites in der Mitte von D und E und ein drittes zwischen b und F) aufweist. Derselbe wird im trockenen Zustande von conc. Schwefelfäure lange intact gelassen, durch rohe Salpeterfäure gelb gefärbt und von Natronlauge gar nicht, von salzfäurehaltigem Wasser nur schwer in Lösung übergeführt; in verdünnter Salpeterfäure löst er sich dagegen mit blauvioletter Farbe, und die Lösung, welche zwei Spectralbänder (eins hinter D, ein anderes zwischen D und E) zeigt, hält sich wochenlang unverändert. Die Farbe der blauen Lösung des Pigmentes in Königswasser geht rasch in ein unansehnliches Violettroth und später in ein bräunliches Gelb über. Nach Entfernung der freien Säure durch Dialyse oder durch Ueberfättigen mit Ammoniak wird der Farbstoff aus seinen Lösungen in dunkelindigblauen Flocken unverändert ausgefällt.

Neben einem gelbgrünen, den entkalkten Schalenhäuten bislang nicht zu entziehenden Farbstoffe findet sich bei Neriten ein dem soeben besprochenen Pigmente ähnlicher, in dünnen Lagen violettblau, in dickeren schwarz erscheinender, aber weit widerstandsfähiger Körper, der durch Salpeterfäure ebenfalls reiner violett gefärbt, jedoch weder durch diese Säure direct gelöst, noch dadurch für Ammoniak lösbar gemacht wird.

8. Ein tief indigblaues Pigment bei Trochiden, welches sich auch durch seine Resistenz gegen Säuren, Alkalien und lipochromatische Lösungsmittel dem Indigblau in seinen Eigenschaften nähert; aber weder Salpeterfäure noch conc. Schwefelfäure üben auf den trockenen Farbstoff einen auffälligeren Einfluß aus, und auch Alkalien lösen ihn nicht nach vorausgegangener Behandlung mit starker Salpeterfäure.

9. Bei verschiedenen Species der Gattung *Melania* ein dunkelbraunes, in Aether wie Chloroform unlösliches, in salzfäurehaltiges Wasser und Weingeist mit einer, bald in's Gelbe umschlagenden Gummiguttffärbung übergehendes Pigment ohne charakteristisches Spectralverhalten und durch Ammoniak aus der sauren Lösung in braunen Flocken zu fällen. Durch conc. Schwefelfäure wie durch conc. Salpeterfäure wird der Farbstoff gebleicht, nicht blau gefärbt wie die Lipochrome.

10. Undefinirbare braune (z. B. bei *Lithodomus lithophagus*) und grüne (bei *Ampullaria* und *Achatina*) Farbstoffe, welche nicht die Lipochromreactionen geben und bislang auch nicht in Lösung zu bringen waren.

Um die Ueberzeugung zu befestigen, daß noch manches Wissenswerthe über die Schalenfärbungen der Mollusken unaufgeklärt, ja ganz ununtersucht gelassen werden mußte, erinnere ich kurz an das intensive Blau der *Mytilus*schalen (vgl. S. 115) und das tiefe Himmelblau der Chryfoten, an die braunen durchsichtigen Stellen in den Schalen von *Orthostylus nimbosus* und verwandter Species, welche (im durchfallenden Lichte betrachtet) von dem opaken Weiß so auffällig abstechen, an die grünen Farben bei *Cochlodryas florida* und *Helicostyla orbitula*⁷⁹⁾.

Es erübrigt noch, des Stäbchenpurpurs der Cephalopoden zu gedenken. Der Stäbchenpurpur (speciell von *Sepiola Rondeletii*) unterscheidet sich vom Sehpurpur allein schon durch seine Persistenz gegen Licht. Es löst sich derselbe in Ammoniak; durch verdünnte Säuren, Kupfervitriol- wie Bleiacetatlösungen wird der Stäbchenpurpur zerstört, während er sich in Kochsalzlösungen sehr verschiedener Concentration (2—30 %), in Lösungen von Natriumsulfat und Natriumphosphat sowie in Benzol als haltbar erweist. Beim Erwärmen der Retina in einer 30procentigen Kochsalzlösung auf 70° C. büßt der Purpur kaum etwas von seiner Färbung ein, und nur längeres Erwärmen bei 100° C. bleicht die Retina all-

mählich, aber vollständig. Nach *V. Henfen* findet sich in der Stäbchenschicht von *Pecten Jacobaeus* wahrscheinlich wahrer Sehpurpur; eine Nachunterfuchung hat mir aber ergeben, daß nur ein Theil der rothen Stäbchenpigmente bei dieser *Pecten*species lichtempfindlich ist, ein anderer dagegen sehr lichtbeständig.

Farbstoffe
der
Wirbel-
thiere.

Bei den Wirbelthieren vereinfachen sich die Färbungen in auffallendem Maße; nicht etwa insofern, als denselben intensivere oder mannigfaltigere Färbungen abgingen oder daß eine geringere Anzahl von Farbstoffen in Anwendung gezogen würde, sondern lediglich in der Weise, daß sämtliche Pigmentirungen durch Glieder weniger Farbstoffgruppen veranlaßt werden, daß eigenartige Pigmente, wie solche bei Wirbellosen aller Typen in reichlichem Maße angetroffen werden, bei den Wirbelthieren außerordentliche Seltenheiten sind.

Abgesehen von dem Hämoglobin und Biliverdin, welche wegen ihres constanten Auftretens in der Wirbelthierreihe für uns wichtig sind, welche aber bei Wirbellosen gleichfalls vorkommen, — ob schon bei diesen das Gallenpigment eines ganz andern Ursprungs ist als bei den Wirbelthieren⁸⁰⁾ — sind es nur das Zoorubin, Turacin und Turacoverdin, welche von den besser bekannten Pigmenten auf Wirbelthierpecies im Vorkommen beschränkt gefunden wurden.

Mit seltenen Ausnahmen sind es Lipochrome und Hämoglobine, welche nebst ihren Abkömmlingen (Gallenfarbstoffe, Melanine und Melanin-ähnliche Stoffe) die sog. objectiven, chemischen oder Absorptionsfarben bei den Wirbelthieren bedingen und nur unter Mitwirkung gewisser Structureigenthümlichkeiten auch blaue wie grüne Farbentöne möglich machen. Die Ursache der Grünfärbung unserer Frösche⁸¹⁾ kannten bereits viele ältere Forscher, ebenso auch die Thatfache, daß die in Alkohol lavendelgrau, ja oft blau gewordene Froshhaut beim Bedecken mit angefeuchtetem gelben Seidenpapier wieder grasgrün erscheint. *Bogdanow* und ich wiesen darauf hin, daß die blauen Federn im durchfallenden Lichte bräunlich, die grünen

gelb erscheinen, und *A. B. Meyer* machte darauf aufmerksam⁸²⁾, daß, «wenn man bei dem grünen *Electus polychlorus* das Licht möglichst horizontal auf das Grün des Rückens auffallen läßt, wenn man z. B. in Augenhöhe über den grünen Rücken, dem Lichte zugewendet, hinwegsieht, derselbe schön orange-gelb erscheint, so blendend grün schillernd er auch bei auffallendem Lichte ist; fast noch in die Augen springender», bemerkt *Meyer* weiter, «ist dieses Verhalten, und zwar schon bei sehr schräg auffallendem Lichte, bei den grünen Federn der *Araras*, bei *Sittace militaris L.* und *S. chloroptera Gray*». Schließlich gelang es *Gadow*⁸³⁾ an den tiefblauen Federn eines Makao durch einfache Pressung das Blau ganz zu beseitigen.

Ob schon bei den von mir beobachteten mittelländischen *Crenilabriden* die grünen und blauen Farben⁸⁴⁾ in ähnlicher Weise wie bei den Federn auf Strukturverhältnissen beruhen, so soll sich nach *G. Francis* bei einigen seltenen Fischen (*Odax radiatus*, *O. frenatus* und *O. Richardsonii*) ein grünblauer Farbstoff finden, und auch bei Bananenfressern, welche in ihren Färbungen gleichsam eine Ausnahmestellung einnehmen, kommt ein grünes in Wasser lösliches Pigment den grünen Federn zu. Hiermit ist aber die Summe aller bei Wirbelthieren in der Pigmentirung aufgefundenen Besonderheiten erschöpft; denn daß die *Salmonsäure*⁸⁵⁾ nicht nur ein unreines Lipochrom darstellt, ist bislang als ebensov wenig festgestellt zu erachten, als daß der Färbung der *Beloneknochen* ein grüner Farbstoffkörper thatsächlich zu Grunde liegt.

Unter den Wirbelthieren selbst gibt sich aber ein allgemeiner Wechsel in der Pigmentirung auch noch darin zu erkennen, daß Fische, Amphibien und Reptilien (mit Ausschluß der Schlangen) vorzugsweise auf lipochromatische Färbungen angewiesen sind, bei Schlangen und Säugethieren die melanoïden Färbungen vorherrschen, die lipochromatischen dagegen sehr zurückstehen oder auch wohl ganz zum Ausfall kommen, während unter den Vögeln bei

einigen Species die Lipochrome, bei anderen die Melanine mit ihren Verwandten bevorzugt erscheinen.

Das Wichtigste, was die Analyse der Farbstoffe bei den Wirbeltieren bereits erschlossen hat, ist die Beschränkung charakteristischer Pigmente auf vereinzelte Species oder auf Vertreter einer oder weniger Familien. Selbst die Verbreitung der Lipochrome bietet uns prägnante Beispiele, wie die Anbildung auch dieser, wie es scheint, so veränderlichen Substanzen mit der Organisationsanlage Hand in Hand geht. Mehr oder weniger beträchtlich ist so z. B. die rhodophanartige Beimengung, welche das Lipochrin in der Haut der einheimischen Salamandrinen constant begleitet; stets findet man ferner in der Haut der einheimischen Lacertiden einen andern chlorophanartigen Körper (Lacertofulvin) als in der Haut von *Hyla arborea*, *Rana temporaria* und *R. esculenta* (Lipochrin), und dieselbe Differenz besteht nach Kühne für diese Thiere auch bezüglich der gelben Lipochrome in den Zapfen der Retina⁸⁶).

Federfarbstoffe
der
Vögel.

Am lehrreichsten sind in dieser Hinsicht die Pigmentirungen des Gefieders der Vögel⁸⁷); mit Ausnahme der in ihren Effecten so überraschenden Structurfarben, welche den Colibris und vielen anderen tropischen Vögeln ihre Farbenpracht und Farbenmannigfaltigkeit verleihen, beruhen an diesem alle gefättigteren Farben auf der Anwesenheit von Lipochromen. Vorwiegend sind es chlorophan- und rhodophanartige Stoffe, welche ihre Wirkung dabei entfalten, deren Repräsentanten in den Federn verschiedener Vogelarten oft aber differente sind. Bald findet sich in den Federn von Lipochromen veritabiles Rhodophan, bald das schlecht charakterisirte Zoonerythrin vor, und in den rothen Papageienfedern ein dem Rhodophan nur entfernt verwandter Körper, das Araroth, welches sich gleich seinem, dem Chlorophan analogen Begleiter, dem Pfittacofulvin, in seinem Verhalten gegen Reagentien sehr den Lipochromoiden nähert. Von gelben Lipochromen scheint das Zoofulvin die weiteste Verbreitung zu besitzen, weniger häufig findet sich das

Coriofulfurin und das Picofulvin charakterisirt, soviel wir wissen, die Vertreter einer einzigen Familie, nämlich die Piciden.

Das Picofulvin⁸⁸⁾ wurde von mir in den grünen Federn von *Gecinus viridis* entdeckt und bei sorgfältiger Prüfung von 19 Spechtarten bei 9 Species, theils nur mit Rhodophan (*Campophilus Malherbii*, *Picus major*, *Callolophus mentalis*, *Gecinus viridis*), theils mit Rhodophan und Coriofulfurin (*Mulleripicus fulvus*, *Yungipicus Temminckii*, *Chrysoptilus punctigula*, *Chloronerpes aurulentus*, *Chl. Kirkii*) vergefellschaftet gefunden, bei 10 Species (*Dendropicus cardinalis*, *Campethera nubica*, *Tiga tridactyla*, *Dryocopus flavifrons*, *Colaptes auratus*, *C. olivaceus*, *C. rubricatus*, *Melanerpes formicivorus*, *Picumnus minutus*, *Jynx torquilla*) dagegen vermißt. Bei weiterer Nachforschung über eine eventuelle Verbreitung des Picofulvins bei Vertretern der den Piciden nächststehenden Familien (Pfittaciden, Bucconiden, Ramphastiden)⁸⁹⁾, welche die großartige Liberalität *Adolf Bernhard Meyer's* und sein warmes Interesse für jeden, auch noch so kleinen Fortschritt in der Lehre von den thierischen Färbungen mir ermöglichte, — ergab sich, daß dieser Farbstoff hier durchgängig fehlt und demnach (wenn auch nur vorläufig) als eine Eigenthümlichkeit der Piciden betrachtet werden muß.

Einen ebenso beschränkten Verbreitungsbezirk als das Picofulvin scheint das Turacin⁹⁰⁾ zu besitzen. Dieser kupferreiche, purpurrothe Farbstoff der Mufophagiden ist durch die Reifebeschreibung von *Verreaux* zuerst bekannt geworden. Den späteren Mittheilungen anderer Ornithologen läßt sich entnehmen, daß sich das Turacin bei den meisten Mufophagidenspecies findet, davon, daß es bei irgend einer derselben thatsächlich vermißt wurde, ist mir überhaupt nichts bekannt geworden. Sehr genaue Untersuchungen über diesen Farbstoff verdanken wir *Church*. Nach *Church*, aber unbeeinflusst von den in seiner Arbeit niedergelegten Resultaten, untersuchte ich das Turacin und fand schließlich, nach vielem Suchen, auch seine Ab-

handlung wieder auf, welche bis dahin vergessen und begraben lag in der großen Katakombe der Philosophical Transactions.

Nach allen Beobachtungen, welche über das Turacin in der Literatur niedergelegt sind, und nach den Erfahrungen, welche ich in den größeren ornithologischen Sammlungen Deutschlands wie Oesterreichs bezüglich einer zu erwartenden Turacinfärbung bei anderen Gruppen zugetheilten Species sammeln konnte, hatte es den Anschein, als ob dieser Farbstoff nur bei Musophagiden vorkomme. Bei meinem Besuche des *Senckenberg'schen* Museums zu Frankfurt fiel mir jedoch kürzlich ein Cuculide von Manilla, *Dasylophus superciliosus Swainson* auf, bei welchem das fette Roth sparsam vorhandener Kopffedern auf Turacin schließen ließ. Dank der Bereitwilligkeit der Direction der *Senckenberg'schen* Gesellschaft war mir eine Untersuchung dieser Federn möglich, welche zu dem Resultate führte, daß der fragliche Farbstoff wirkliches Turacin war. *Moleley* erwähnt in seiner von mir schon wiederholt citirten Abhandlung, er glaube gelesen zu haben, daß das Turacin auch bei einer kleinen Papageienart Australiens entdeckt sei. Ich habe in ornithologischen Kreisen von einer derartigen Mittheilung nichts in Erfahrung bringen können und bin deshalb geneigt anzunehmen, daß diese Notiz nur auf Verwechslung des Turacins mit einem andern Farbstoffe von Seiten *Moleley's* beruht; ist es mir doch schon wiederholt vorgekommen, daß mir Mittheilungen über das Turacin zugingen, welche sich stets als irrthümliche entpuppten. Daß sich dieser Farbstoff bei keinem Papageien findet, ist mir so sicher als irgend etwas.

Noch specialisirter im Vorkommen als das Turacin ist der grüne Farbstoff, welcher aus ihm bei längerer Aufbewahrung im angefeuchteten Zustande und an der Luft hervorgeht, das Turacoverdin⁹¹); dieses wurde von mir bei *Corythaeola cristata* aufgefunden, aus den grünen Federn von *Corythaix albicristata* isolirt wie in Lösung erhalten und ist weder bei anderen Musopha-

giden noch bei irgend einer Species einer andern Vogelfamilie fernerhin nachgewiesen.

Während das Picofulvin, Turacin und Turacoverdin durch ihre Befchränkung auf Repräsentanten einer einzigen Familie (und resp. auf wenige andere, dieser sehr nahegehende Formen, deren systematische Stellung überdies noch fraglich ist) von Interesse sind, verdient das Zoorubin deshalb Beachtung, weil es bei verhältnißmäßig wenigen Species fernstehender Familien in den Federn auftritt; auch dieser Farbstoff wurde sonst im Thierreiche nicht wiedergefunden.

Bei Paradieseiden ist das Zoorubin⁹²⁾ am regelmäßigsten anzutreffen; so findet es sich bei *Paradisca papuana*, *P. rubra*, *Diphylloides magnifica* und ganz besonders reichlich bei dem Männchen von *Cicinnurus regius*, dessen Gefieder es eine prächtige braunrothe Färbung verleiht. Außerdem habe ich diesen Farbstoff aber auch bei Trogoniden (*Pyrotrogon Diardi* ♂), Alceoriden (*Otis tarda*) und Phasianiden (gewisse Varietät von *Gallus domesticus*) nachzuweisen vermocht, und zweifellos wird derselbe auch Arten mehrerer anderen Familien nicht fehlen; in sämtlichen von mir untersuchten braunen Rhamphastiden-Federn habe ich ihn indeß vermißt.

Gewöhnliche und außergewöhnliche Färbungen treten uns bei den Vögeln nicht nur am Gefieder, sondern auch an den Eierschalen⁹³⁾ entgegen. Durch die Untersuchungen von *Sorby*, *Liebermann* und mir ist festgestellt, daß die Färbungen der blauen bis grünen Vogeleierschalen von Biliverdin oder diesen sehr nahegehenden Farbstoffkörpern (*Ooeyan Sorby's*) herrühren, während die dunkelen und röthlichen Farbentöne (fleisch-, oliven-, lederfarbig, roth, braun, schwarz u. dgl. m.) durch ein Hämoglobinderivat (*Oorhodein Sorby's*) veranlaßt werden, welches nach dem Entkalken der Schalen als Hämatoporphyrin in die Säure übergeht. Beide Pigmentierungsweisen manifestiren sich als gründlich verschieden-

Eier-
schalen-
farbstoffe.

artige schon dadurch, daß die Biliverdinfärbung auch in tiefere Schalenlagen hinabreicht, daß sie im Umfang der Schale aber an allen Stellen stets eine gleichmäßige ist, während das directe Spaltungsproduct des Hämoglobins nur ganz oberflächlich und hier stets in mehr oder weniger circumscripter Vertheilung (als Flecke, Punkte, Kritzeln, Schlieren etc.), niemals in der Tiefe der Schalen zu finden ist. Das fog. Oocyan wird, so schließen wir aus diesen Befunden, in Gemeinschaft mit den Kalksalzen secernirt, das Oorhodein hingegen der fertigen Eierchale erst ganz zuletzt aufgetragen.

Außer dem Biliverdin und Hämatoporphyrin tragen nachgewiesenermaßen nur noch bei zwei Vogelclassen andere Pigmente zur Eierchalenfärbung bei, indem in beiden Fällen auf die Oorhodeinfärbung verzichtet wird. Es ist bemerkenswerth, daß diese Abweichungen Familien betreffen, bei denen die Färbungen des Gefieders sich durch keine Absonderlichkeiten auszeichnen, und daß anderseits die Vögel mit ungewöhnlichen Federfarbstoffen keine von dem allgemein Gang und Geben in ihrer Färbung abweichende Eier legen. Lediglich die Crypturiden und Cursorcs nehmen durch die Pigmentirung ihrer Eierchalen eine Sonderstellung unter den Vögeln ein, indem sich nämlich bei den Cursorcs dem Oocyan das Oochlorin, und bei den Crypturiden Oochlorin und Ooxanthin hinzugesellen.

Wir können hiermit unsere Darstellung der Färbungsursachen bei den Wirbelthieren beschließen, denn die Untersuchung der melaninartigen Stoffe hat wegen der Schwerlöslichkeit dieser Substanzen zu vergleichend-physiologisch wichtigeren Resultaten noch nicht geführt. Bei der Lösbarmachung und Reinigung dieser Pigmente von Horn- und Eiweißgebilden hat man stets zu Mitteln greifen müssen, welche die Farbstoffe selbst verändern und zersetzen, ohne aber zugleich auch nur irgendwelche Garantie zu bieten, daß die verunreinigenden Stoffe thatächlich dadurch beseitigt werden. Vieles

der Besprechung und der Untersuchung Werthe ließe sich allerdings auch noch aus der Farbenwelt bei den Wirbelthieren namhaft machen, doch glaube ich nicht, daß die Forschung bereits soweit vorgeschritten ist, als daß man über das Wie dieser Färbungen auch nur eine Vermuthung aussprechen könnte. Meine und die Untersuchungen anderer Autoren haben allerdings gelehrt, daß das rothe Knochenmark, die meisten rothen, halbrothen oder tief lackfarben zinnoberrothen Wirbelthiermuskeln durch unverändertes Hämoglobin gefärbt sind, was jedoch die Färbung des gelben Knochenmarkes bedingt, wie die Farbe der himmelblauen Muskeln vieler Scomberiden, die rothe, auf sog. «acide salmonique» beruhende Färbung des Lachsfilets zu Stande kommt, das wissen wir nicht und was die gelbe Farbe des Blutserums bei Säugethieren veranlaßt, das wissen wir auch nicht. Ebenso schlecht sind wir über die gelben bis hochrothen Färbungen der Schneidezähne gewisser Nagethiere, über die Schwarzfärbung der Zähne von Wiederkäuern und Pachydermen unterrichtet, und bei Fragen nach den Färbungsverschiedenheiten der Haare⁹⁴) würde sich ein Räthsel an das andere reißen. Auch über die Federfarben der Vögel breitet sich stellenweise noch ein tiefes Dunkel aus. Die violetten und purpurvioletten Federn bei den Tauben der Inseln um Neu-Guinea (*Ptilopus speciosus* Ros. ♂, *P. pulchellus* Tem., *P. geminus* Salv. ♀) trotzten bislang jedem Versuche, eine ähnlich gefärbte Substanz aus ihnen abzuscheiden, und nichts wissen wir über die feurigen Farben des Goldfasans, nichts über das wunderbare Roth der *Xipholena pompadora*. Ueberall würden hier zur Zeit nur Wünsche an Stelle des Geistes abgeschlossener exacter Untersuchungen treten können.

Unbeirrt durch die Vorurtheile und die Sucht einzelner Unter- Rückblick.
sucher, in jedem rothen, braunen oder dunkelgrünen Pigmente —
befinde es sich an Infusorien gebunden in den Flüssen bei Guate-
mala (*Roffignon*), in Algen (*Phipson*) oder irgendwo bei Thieren

(*Ray-Lankester, Sorby, Mac Munn*) — ein verkapptes Hämoglobin-derivat zu entdecken, in jedem gelben wie grünen Farbstoffe die Kraft des Chlorophyllkorns zu wittern, jede lebhaftere Pigmentirung als das Product einer, auch unter natürlichen Verhältnissen ablaufenden *Pettenkofer'schen* Gallensäurereaction zu deuten (*Calabi*) oder überall nur Lipochrome zu sehen (*Merczkowsky*), habe ich versucht, Ihnen von den thierischen Pigmentirungen nur Das zu bieten, was als erwiesene Thatfachen in der Wissenschaft von dauerndem Bestande ist, was, um nicht zu Irrlichtern zu werden, berichtigt werden mußte, und schließlich auch die auf Thatfachen basirten Theorien und Ideen, an deren Hand sich rüftig weiter forschen läßt.

Wir nahmen bis dahin den thierischen Pigmentirungen eine analoge, allerdings ganz entgegengesetzte Stellung gegenüber ein als der moderne anatomische Mikroskopiker den thierischen Geweben; dieser ist zufrieden gestellt, wenn ihm eine möglichst brillante und distincte Färbung an einem Organelemente gelungen ist, und es könnte nach dem Vorgetragenen auch leicht den Anschein erwecken, als ob unser Interesse völlig befriedigt sei, wenn die Farbstoffextraction eine gelungene gewesen ist. Ich bin jedoch weit davon entfernt zu glauben, daß mit der Kenntniß der chemischen Natur der Farbstoffe allein, und mag sich dieselbe in der Zukunft auch noch so vollkommen gestalten, biologisch viel gewonnen ist; diese bildet meines Erachtens nur ein unbedingtes Erforderniß, um die Räthsel der thierischen Färbungen, deren es so unendlich viele und einer wissenschaftlichen Untersuchung so würdige gibt, überhaupt erst ihrer Lösung näher zu führen. Ebenso wie in einer rationellen Histologie der beabsichtigte Zweck aller Tinctionen nur der sein kann, zu erforschen, was in jedem einzelnen Falle für chemische Gewebsbestandtheile und warum gerade diese mit dem angewandten Färbemittel imprägnirt werden, so hat auch, sage ich, eine wissenschaftliche vergleichende Chromatologie der Thiere vor allen in Erfahrung zu bringen, warum gerade diese und

nicht andere lebende Organtheile gefärbt sind, und auf welchem Wege der Farbstoff an die betreffenden Plätze gelangt ist, resp. ob derselbe erst an Ort und Stelle gebildet wurde. Der Histologe wird seiner Aufgabe sicherlich erst dann gerecht werden, wenn er sich nicht darauf beschränkt, die Gewebe durch Anilin, Eosin u. dgl. m. in ein geschmackvolles Licht zu setzen, sondern sich auch dazu bequemen wird, durch successive Entfernung der durch verschiedene Farbstofflösungen different gefärbten Gewebstheile sichere Anhaltspunkte über die chemische Structur der Gewebe selbst zu erlangen. In entsprechender Weise wird die vergleichende Physiologie der thierischen Färbungen aber auch nur dann ihrem beabsichtigten Ziele sich zu nähern wissen, wenn sie nicht in einer Farbstoffchemie aufgeht, sondern vorwiegend ihr Augenmerk der Erforschung der natürlichen Färbungsursachen zulenkt⁹⁵⁾.

Was ich Ihnen nach dieser Richtung zu bieten vermag, ist sehr wenig. Das zur Lösung dieser Fragen angehäuften Erfahrungsmaterial ist außerordentlich reichhaltig und gewiß noch weit bedeutender, als ich es zu übersehen vermag; ich fühle mich unfähig, ohne eine große Eigenerfahrung und ohne Unterstützung geeigneter Sammlungen daselbe zu sichten und in eine so aphoristische Form zu kleiden, als es der Rahmen dieser Vorträge mir gestattet. Ich beschränke mich deshalb darauf, nur die Punkte hervorzuheben, an deren Klarstellung uns bei einer naturgemäßen Betrachtung der thierischen Pigmentirungen vorzugsweise gelegen sein muß, welche aber nur tiefere und umfassende Studien zu detailliren vermöchten.

Wir begannen unsere Betrachtungen damit, die Momente ausfindig zu machen, welche sich für eine genetische Beziehung zwischen den einzelnen Farbstoffgruppen verwerthen ließen; dieser Tendenz sind wir bei allen unseren Auseinandersetzungen, wie ich glaube, treu geblieben, und es ergab sich außer den Resultaten, welche die Tafel auf S. 101 resumirt, weiterhin noch die Thatsache, daß

Herkmnt
der
Pigmento.

einige natürliche Farbstoffe, obschon äußerlich einander sehr unähnlich (rothe und violette Farbstoffe der Acrocladien wie der Blütenblätter, das Pentacrinin und seine grüne Verbindung) doch nichts anderes vorstellen als in dem einen Falle die freie Farbstoffsäure, in dem andern das Salz derselben. Hiermit ist aber alles erschöpft, was sich über die thierischen und pflanzlichen Farbstoffe in dieser Beziehung sagen läßt.

Eine andere Frage ist nun die, ob ein oder der andere Farbstoff in offener Beziehung zu einer ungefärbten Substanz steht, sei es, daß diese im Organismus bereits unter physiologischen Verhältnissen vorhanden ist, sei es, daß diese denselben nur bei einer gewissen Ernährungsweise zugeführt wird. Soviel ich ersehe, läßt sich für ein derartiges Abhängigkeitsverhältniß nur ein einziges sicheres Beispiel anführen (die Umwandlung des Indol in sog. Harnindican und Indigo), welches nicht viel bedeuten kann, wenn man berücksichtigt, daß jeder thierische Farbstoffkörper eine solche Abstammung schließlich haben muß. Wie schwer es hält, in dieser Richtung Resultate zu erzielen, dürfte schon daraus zu entnehmen sein, daß wir in vielen Fällen nicht einmal wissen, ob eine Substanz wirklich ein thiereigenes Product ist oder schon als solche von außen aufgenommen wurde; ob es sich bei ihr nicht um einen Körper handelt, welcher in minimaler Menge dem Organismus einverleibt, in diesem (ähnlich dem Kupfer in den Haaren, dem Silber in der Haut bei Argyrie) retinirt blieb, um gelegentlich vielleicht, wie der Krapp dem Kalke in die Knochen und in die Eierschalen folgt, auch mit dem Fette oder gewissen Eiweißstoffen mobil und transportabel zu werden.

Viele Abhandlungen sind erschienen, bevor man die Kohlenpartikelchen im Lungenparenchym als solche erkannte, den Guaninproduzenten unter den Thieren kennen wir noch immer nicht, und man kann sich deshalb nicht gerade wundern, wenn fast alle, der Entstehung thierischer Pigmente zugewandten Nachforschungen

einen mehr oder weniger generalisirenden Charakter angenommen haben, und man sich vorläufig auch damit zufrieden stellt, wenn es anscheinend gelungen ist, eine bestimmte Färbung in causalem Zusammenhange mit einem bestimmten Nahrungsmittel zu wissen. Wie viele von den Beobachtungen aber, durch welche ein derartiges Abhängigkeitsverhältniß zwischen Farbe und Nahrung erschlossen sein soll, richtig sind, stelle ich späteren Experimentatoren zur Entscheidung anheim und führe hier nur einige derselben auf.

So ist behauptet worden, daß die Flamingos ihr zartes Roth aus der Fischnahrung beziehen, daß das Schwarzwerden von in Käfigen gehaltenen Gimpeln, Buchfinken und Stieglitzen bei einer zu übermäßigen Fütterung mit Hanf eintrete⁹⁶⁾, daß verschiedene Völkerschaften es verstehen, grüne Papageien durch eine besondere Art der Ernährung und auch durch andere Mittel gelb zu färben («tapiriren»⁹⁷⁾, und neuerdings hat man gelbe Canarienvögel durch Füttern mit spanischem Pfeffer dunkelorange zu färben vermocht. Nur sehr vage allgemeine Angaben liegen über den Einfluß des Futters auf die Färbungen bei den Insecten⁹⁸⁾ vor. Allgemein bekannt ist die Behauptung, daß Schmetterlinge, ganz besonders Arten der Gattung *Euprepia*, eine andere Färbung als die gewöhnliche annehmen, wenn ihre Raupen mit ihnen für gewöhnlich nicht zu Gebote stehenden Blättern gefüttert werden; so soll *Euprepia caja* einfarbig braun werden, wenn man ihre Larven mit Walnußblättern ernährt. Die Raupe von *Elloparia fasciaria* soll auf Fichten grün, auf Kiefern braun sein, und die Raupe von *Xylomiges conspicillaris* entsprechend der Verfärbung des Ginsters, auf dem sie lebt, die Farbe ebenfalls wechseln; so lange dieser jung, ist sie grün, wenn die gelben Blüten kommen, erscheint sie auch im gelben Kostüm und wechselt dieses noch einmal in Graubraun um, wenn sie, schon ausgewachsen, zwischen dürrem Laube sich bewegt. Eine andere Raupe, *Eupithecia absinthiata*, ein polyphages Thier, soll auf dem gelb blühenden *Senecio Jaco-*

baea gelb, auf rothen Centaureen röthlich und auf weißer Camille weiß fein. *Leydig* verfiel fogar auf den Gedanken, daß das feiner irrthümlichen Annahme nach in den grünen Heuschrecken- und Chryfopa-Flügeln deponirte Chlorophyllgrün sich mit vorrückender Jahreszeit an feinem neuen Platze ebenfo wie das der Blätter verfärbe.

Strenger durchgeführt, besonders in den Arbeiten von *Weismann*, find die Beobachtungen über den Einfluß von Licht und Temperatur auf die Entwicklung der Farben bei den Schmetterlingen. Schon *Dorfmeister* war es gelungen, bei *Euprepia caja* das normale Rothgelb der Hinterflügel durch erhöhte Wärme in Mennigroth, durch erniedrigte in Ockergelb nach Belieben umzuwandeln. Der Saison-Dimorphismus, d. h. die nach den Jahreszeiten wechselnde Färbung des Netzfalters (*Vanessa levana* L.) und einer Reihe anderer Tagfchmetterlinge, den bereits *Röfel* gekannt, *Weismann* aber erst näher erforscht und erklärt hat, bietet in dieser Beziehung wohl das anziehendste Beispiel dar. Diese Farbenveränderungen, welche *V. Graber* in feinem, fo originellen Werke «Die Insecten» höchst sinnreich beschrieben und den weitesten Kreifen dadurch erschlossen hat, betreffen aber insgesammt nur die Structurfarben, welche einem Verständnisse und einer eingehenderen Untersuchung zur Beantwortung des Warum weit schwieriger zugänglich find als die Fälle, wo die Färbung durch greifbare und ifolirbare chemische Stoffe eine Beeinflussung erfährt; ihre wissenschaftlichere Inangriffnahme erfordert weit mehr Vorarbeiten als die der letzteren Art, welche schon, wie wir sahen, sehr complicirter Natur ist. Nur eine, für die Kenntniß des Entstehens der chemischen Färbungen sehr wesentliche Vorfrage bleibt uns bei den Structurfarben erspart, nämlich die nach der Bildungsstätte des Färbungsmateriales, zu deren Befprechung wir fogleich übergehen können, weil von den äußeren physikalischen Einflüssen auf die sonstigen Färbungen der Thiere nur soviel gewiß ist, daß

das intensivste Sonnenlicht verbunden mit der größten Wärme, wie man es in den Tropen findet, die größte Mannigfaltigkeit und Pracht der Farben bedingt, und daß sowohl mit der Erhebung über die Meeresfläche wie namentlich gegen die Pole zu sich die Farben mehr und mehr abschwächen oder monotoner werden.

«Ob das Pigment am Orte, wo man es vorfindet, entstanden ist und so z. B. in den Farbezellen als Product ihrer metabolischen Bildungs-
stätte der
Pigmente. Thätigkeit angesehen werden kann, oder ob es schon als solches auf irgend eine Weise (flüchtig oder fest) in die Zelle gelangt», ist eine Frage, welche nach meinem Dafürhalten für jeden besonderen Fall erwogen und nicht selten verschieden beantwortet werden muß. Ich gebe zu, daß bei manchen thierischen Färbungen ein in Hinblick auf die chemische Zusammensetzung des Farbstoffkörpers unbedeutendes Atom einer hinzugeführten Substanz (wie z. B. von einem Eisensalze bei chlorotischen Pflanzen) ausreicht, aus einem ungefärbten Chromogene einen Farbstoffkörper an's Licht zu zaubern, daß auch entfernt liegende Organe (so z. B. die Nebennieren bei der *Adisson'schen* Krankheit) auf eine Pigmentablagerung in ganz anders gearteten Geweben von gravitirendem Einflusse sein können; für die Federn speciell, vertrete ich aber die Auffassung, daß sämtliche Farbstoffe derselben, mit alleiniger Ausnahme des Coriofulfurins, in loco entstehen und beziehe mich dabei:

1. auf *A. Ewald's* Tinctionsversuche⁹⁹⁾, welche ergeben haben, daß die Affinität anderer thierischen Gewebe für die aus den Federn in Lösung erhaltenen Pigmente weit größer ist als die des Federwebes selbst;

2. auf die scharfe Abgrenzung der lipochromatischen und melanotischen Färbungen, welche für erstere Farbstoffe an der Vogelretina, wo die einzelnen Zapfenkugeln ihre eigenen Lipochrome führen, und ganz besonders an Pigmentzellen der Haut von Fischen, wo in einer einzigen Zelle separirt rothe, gelbe und grünliche Fetttropfen lagern, noch weit prägnanter hervortritt als an den Federn.

Nur durch die Annahme eines ganz außergewöhnlichen Electionsvermögens gewisser Zellenbestandtheile ließen sich diese so absonderlichen Verhältnisse sonst noch erklären;

3. auf die chemische Eigenartigkeit so vieler Federfarbstoffe, welche weder im Blute, noch in Drüsen, Muskeln und Haut, ja nicht einmal im Federfachte¹⁰⁰⁾, sondern nur in der Federfahne anzutreffen sind;

4. auf die Schwerlöslichkeit und große Unveränderlichkeit des Melanins durch chemische Agentien, welche dasselbe gar nicht transportfähig erscheinen lassen;

5. auf den Fortfall der melanotischen, nicht der lipochromatischen Färbungen bei albinotischen Formen, und

6. auf die Regeneration des Turacins nach Entfernung desselben aus den Federn durch Wasser oder alkalische Flüssigkeiten.

Um dem Farbenbildungsvermögen der Zellen selbst näher zu treten, wüßte ich für die Melanine kein anderes Mittel anzugeben, als einen Vergleich der durch gründliche anatomische und histologische Untersuchungen (welche nicht nur die Federn, sondern auch alle, eventuell dabei in Frage kommenden Organe betreffen) an albinotischen und normalen Formen gewonnenen Resultate, während uns in Betreff der Lipochrome auch allgemeiner gehaltene vergleichend-physiologische Studien eine Aufklärung versprechen dürften.

Nicht selten erfahren gefärbte Theile nach kürzerer oder längerer Zeit eine Abnahme ihrer Farbenintensität, ja selbst einen vollständigen Schwund ihres Pigmentes, sei es, daß der Farbstoff an Ort und Stelle zerstört oder durch Resorption entfernt wird. Am durchsichtigsten sind die Verhältnisse bei den turacinhaltigen Federn der Musophagen, wo jeder stärkere Regen, dem diese Tropenvögel in ihrer Heimath zwar nur selten ausgesetzt sind, den Farbstoff aus den purpurvioletten Federn abwäscht und diese verbläßen macht. Wo lipochromatische Färbungen an den dem Lichte exponirten

Verfärbungen
der
Pigmente.

Körpertheilen eine Abschwächung ihrer Intensität erfahren, wird die gemeinsame Wirkung des Luftsaurestoffes und des Sonnenlichtes für die Abnahme der Färbung verantwortlich zu machen sein; ebenso verhält es sich auch bei der Umwandlung des Comatulins in unansehnliche bräunliche oder gelbliche Substanzen. Aber schon bei der Entfärbung der Lipochrome spielen Factoren mit, welche uns noch vollkommen dunkel sind, und diese tragen auch daran die Schuld, daß einige lipochromatische Färbungen (z. B. in der Haut von *Luvarus imperialis*) außerordentlich lichtempfindlich, andere (z. B. das in den gelben Fängen der Raubvögel abgelagerte *Coriosulfurin*, das *Zoonerythrin* in den sog. Rosen der Waldhähne) weit lichtbeständiger sind, und die lipochromatischen Färbungen an den Federn (auch nicht sonderlich vor Licht- und Luftwirkung geschützt) viele Jahre sich erhalten.

*Weinland*¹⁰¹⁾ wies bereits 1856 darauf hin, daß das Fett die Farbenintensität sehr beeinflusse, und ich überzeugte mich durch Versuche, daß fettarme, schwach gefärbt erscheinende Federn nach Durchtränkung mit fettem Oele eine ungleich gefättigtere Färbung annehmen. Bekanntlich verschwinden aus normalen Geweben bei schlechter Ernährung und bei Krankheit keine anderen Stoffe so leicht als die Fette, und *L. Martin*¹⁰²⁾ bezieht gewiß mit Recht viele sog. flüchtige Farben, welche er bei Säugethieren (z. B. an der dottergelben Kehle des Baummarters) und Vögeln (am Rosaanflug der Pelikane, am Frühlingsgefieder vieler Möven und Meerfchwaben, am Flaungefieder der Trappen, am schönen Gelb der Säger u. s. w.) nachgewiesen hat, und welche «bei kranken oder schlecht genährten Thieren, sowie an alten Häuten und Bälgen oft ganz verschwinden» auf eine unter normalen Verhältnissen in den Geweben vorhandene Fettmenge. Dagegen glaube ich in Uebereinstimmung mit anderen Ornithologen, daß das vergängliche schöne Aschgrau der Reiherfedern (*Ardea cinerea*), welches bei der leisesten Berührung schwindet, und über welches Herr Baron *E. F.*

von *Homeyer* mich brieflich zu unterrichten die Güte hatte, auf feineren Structurverhältnissen beruht, welche durch mechanische Infulte leicht zerstört und entfernt werden. Das Verschwinden des namentlich bei den Amazonen-Papageien, doch von *Martin*¹⁰³⁾ auch bei manchen Buffarden und Wasservögeln beobachteten Duftgefieders, welches man seit *Nitlich* besonderen Puderdünen zuschreibt, wird sich nach der Ansicht des erstgenannten Forschers wahrscheinlich auch in einer ähnlichen Weise vollziehen, nämlich durch eine Abschülferung der Federhälfte. Worauf es jedoch beruht, daß, wie *E. F. von Homeyer*¹⁰⁴⁾ auch an unseren einheimischen Vögeln beobachtete, die Farben mit dem Schwinden des Lebens (schon für das bloße Auge bemerkbar) sich verändern, so z. B. bei alten Männchen unseres Pirols, wo mit dem Erkalten des Vogels ein bemerklicher Theil des Farbenglanzes erlischt, läßt sich an durchsichtigeren Erscheinungen noch nicht verständlich machen.

In einer Entfernung des zuvor veränderten Pigmentes durch Resorption liegt es zweifellos begründet, wenn man die von der Geburt an schwarze Hautfarbe sich bei gewissen schwarzen Hühnerarten lichten¹⁰⁵⁾ und, was allerdings zu einer großen Seltenheit gehört, die Haut eines Negers zu der eines Kaukasiens werden sieht¹⁰⁶⁾. Eine ganz eigene Bewandniß hat es mit dem plötzlichen Ergrauen der Haare. Zahlreicher und sicherer als für Thiere sind die über das plötzliche Ergrauen bei Menschen gemachten Angaben¹⁰⁷⁾, welche die oft bestrittene Möglichkeit, daß derartige vorkommen könne, zur völligen Gewißheit werden lassen. Wir besitzen über einen derartigen Fall, der einen Mann betrifft, welcher während eines Anfalles von Säuerwahnfinn in einer Nacht ergraute, eine sehr gediegene Arbeit von *Leonard Landois*, nach der die Verfärbung darin begründet lag, «daß sich reichliche Luftbläschen im ganzen Marke der (blonden) Haare, zerstreut auch in der Rindensubstanz entwickelt hatten, während das Haarpigment erhalten war. Diese Luftbläschen verliehen dem Haare den exquisit grauen Schein.»

In sehr seltenen Fällen hat man auch ein intermittirendes Ergrauen der Haupthaare beobachtet, so daß das Haar in Abständen von etwa 1 mm abwechselnd hell und dunkel geringelt war. *Landois* fand auch in einem derartigen Falle die hellen Stellen von einer reichlichen Entwicklung kleiner Luftbläschen im Markeanale und dem umgebenden Rindenbezirke herrührend, während das Pigment wohl erhalten war.

Das dem blendendweißen Schneekleide arktischer Formen gleichende Winterkleid einiger anderen Säugethiere und Vögel entsteht nach einigen Autoren gleichfalls durch Verfärbung, nicht in Folge einer Häutung resp. Mauser; ist diese Auffassung richtig, so würde noch festzustellen sein, ob dabei (wie bei den Haaren der Greife) ein wirklicher Schwund des meist dunklen Pigmentes oder nur eine Maskirung desselben, vielleicht (ebenso wie in den plötzlich ergrauten Haaren) durch Luftporen, welche sich im Marke anhäufen, eintritt. Hierhin zählt auch die von *J. Reinhardt*¹⁰⁸⁾ gemachte Beobachtung, daß das Männchen von *Chasmorhynchus nudicollis*, einer brasilianischen Cotengide, sein grünliches, unten gelb geflecktes Jugendkleid in das schneeweiße des alten Vogels umändert; die weiße Farbe ist nach *Reinhardt* das Resultat einer Verfärbung, aber soweit er beobachten konnte, erfolgt sie nur einmal, nämlich beim Uebergang vom Jugendkleide zum Gefieder des alten Vogels, denn wenn der alte weiße Vogel später wieder mausert, sind die neu hervorsprossenden Federn rein weiß. Das von *Chr. L. Brehm* beobachtete Verschließen des Jugend- wie des ausgefärbten Kleides bei *Milvus parasiticus*, das Verbleichen der Federn beim Habicht und bei sämtlichen Geiern (mit alleiniger Ausnahme von *Gyps Ruppelii*, bei dem das Gefieder mit zunehmendem Alter bunter wird) beruht gewiß nur auf einer durch das Licht hervorgerufenen Zerstörung des Pigmentes.

Die mir geglückten Umwandlungen natürlich vorkommender Pigmente in einander, wie z. B. die des Turacins in Turacoverdin

(ohne Anwendung irgend eines Mittels, über welches der lebende Organismus nicht selbst verfügte), des Turbobromins in Biliverdin, des Comatulins in die braunen oder gelblichen Farbstoffe gewisser Antedon-Varietäten, des violetten in den rothen Acrocladienfarbstoff und umgekehrt, bieten ebenso wenig wie die künstlich erzeugten Veränderungen des Hämoglobins genügende Anhaltspunkte dar, welche die natürliche Umbildung der Pigmente in loco aufklären könnten; selbst den, unter natürlichen Bedingungen sich so leicht vollziehenden Umfärbungen der Lipochromoide stehen wir, wenn es die Erscheinungen zu deuten gilt, noch ziemlich rathlos gegenüber. Manche Verschönerung der Farbe mag in bereits angedeuteter Weise durch eine, seitens der Organe stattfindenden Fettaufnahme bedingt werden, aber auch dieses Moment reicht für die Erklärung vieler Erscheinungen keineswegs aus. Und nicht nur sehen wir die Pigmente in den Geweben an Masse zunehmen oder aus diesen verschwinden, nicht nur sich in andere transformiren, sondern auch in Theilen, welche aller Lebensäfte baar zu sein scheinen, regt sich bisweilen die stoffbildende Kraft von Neuem, um alte Farben wieder zu erzeugen oder zuvor noch gar nicht dagewesene zu bilden. Das lichte Blau der Augen ist bei den neugeborenen Säugethieren gewöhnlich nur von kurzem Bestande und in seltenen Fällen von Retinitis pigmentosa färbt sich auch die Linse wachsgelb, ja sogar mahagonibraun. Am merkwürdigsten sind aber auch in dieser Beziehung die Erscheinungen, welche sich am Gefieder der Vögel abspielen, sowohl bei denjenigen, deren anfangs helle Federn sich an gewissen Körperstellen (so z. B. an der Kehle bei *Charadrius auratus*, am Kopfe bei *Larus minutus*) erst später schwarz färben oder welche ihr weißes Winterkleid gegen das dunkle Sommerkleid vertauschen, was selbst bei den Schneehühnern durch eine Verfärbung des Gefieders und nicht durch Mauser zu erfolgen scheint, wie auch bei den Mufophagiden, welche den ausgewaschenen Purpurfarbstoff

ihren Federn auf's Neue einzuverleiben wissen. Nichts wäre interessanter als zu erfahren, wie sich im ersteren Falle die Wiederherstellung der temporär verschwundenen dunkeln Farbentöne, in letzterem wie sich die Regeneration (unter oder ohne Nerveneinfluß) des Turacins vollzieht.

Eine der auffälligsten Erscheinungen ist die Ausbildung des fog. Hochzeitskleides bei den Vögeln; diese äußert sich jedoch in sehr mannigfacher Weise. Bei den Hühnerarten schwellen die Kämme und Augenpolster an, womit eine Erhöhung der Farbe dieser Theile verbunden ist. Ein Taucher (*Colymbus septentrionalis*), der Staar, die Ammern, die Lerchen und sehr viele Finkenarten helfen sich beim Anlegen ihres Hochzeitsputzes einfach damit, daß sie von ihrem düsteren Winterkleide die grauen Spitzen und Ränder der einzelnen Federn abwerfen und in Folge dessen zuvor bedeckt gelegene und so vor Abnutzung geschützte Theile der Federn sichtbar werden. Bei anderen Vogelarten aber (zu welchen die Fliegenfchnäpper [nach *Martin* *Muscicapa collaris*, *M. atricapilla* und *M. parva*], wahrscheinlich auch mehrere Drossel- wie Entenarten [nach *Schlegel* z. B. *Anas carolinensis* und *A. galericulata*] gehören), welche es zu diesem Kunstgriffe noch nicht gebracht haben, findet, wenn die Hochzeit naht, eine gesteigerte Säftezufuhr zu den Federn statt, und das bis dahin schlecht ernährte Gefieder gewinnt in Folge dessen den verschwundenen Glanz und das Luftre wieder, mit denen es in längst vergangener Jugendblüthe prangte.

Bei Beurtheilung aller Färbungsverschiedenheiten, welche auf individuellen, sexuellen oder auf Rassen-eigenthümlichkeiten beruhen, mögen dieselben (wie z. B. an den menschlichen Haaren oder wie an den Federn von *Electus polychlorus*) noch so überraschend in ihrem Effecte sein, wird man nie zu vergessen haben, daß alle derartigen Differenzen nur durch den Ausfall eines Pigmentes (unvollständiger Albinismus) oder durch structurelle Verschiedenheiten

Constitution
der
spezifischen
Stoff-
wechsel-
producte,
speziell der
Farbstoffe.

der Organtheile oder endlich dadurch zu Stande kommen können, daß es bei der Bildung einer definitiven Farbstoffsubstanz nur bei Vorstufen derselben bleibt; die chemischen Eigenthümlichkeiten einer Zelle, die synthetischen Proceße in ihr werden durch die Factoren, welche das Individuum, die Sexualität oder die Rasse bestimmen, so viel wir wenigstens bis jetzt wissen, nicht tangirt. Niemals ist es möglich gewesen, die specifischen Stoffwechselvorgänge einer Zelle in gravitirender Weise umzugestalten oder dieselben von selbst sich verändern zu sehen. Wie ich in meinem ersten Vortrage ausführte, handelt es sich, abgesehen von den, in sehr weiten Grenzen schwankenden rein morphologischen Verhältnissen, die, wie *Claude Bernard* bewies, streng biologisch nichts bedeuten, bei allem, was Kunst und Natur unter unseren Augen als Abänderungen schuf, nur um ein Plus oder Minus des Normalen, nicht um Außergewöhnliches. Auf diesen Satz gründete ehemals *Rudolf Virchow* den Bau der modernen Pathologie, und derselbe trägt in gleicher Weise auch die vergleichende Physiologie unserer Tage.

Ebenfowenig wie sich Taurin statt des Kreatins in den menschlichen Muskeln, ebenfowenig wie sich ein Lipochrom statt des Uranidins bei den Myxomyceten bildet, oder Melanine statt der Floridine bei *Hircinia variabilis* entstehen, vermag das menschliche Haar einen grünen Farbstoff zu erzeugen; was jüngst Derartiges gefabelt wurde, beruht entweder auf der, S. 158 erwähnten Kupferfärbung oder auf einer ähnlichen Pigmentirung, welche aus *Gellert's* Gedichte vom grünen Esel jedermann bekannt ist. Das Beispiel von *Electus polychlorus*¹⁰⁹⁾ beweist, daß die Sexualität bestimmend werden kann für die Art des entstehenden Lipochromoïdes; zahlreiche andere Formen lehren fernerhin, daß individuelle Einflüsse die Lipochromoïde resp. die Melanoïde zwischen gelb, roth bis braunschwarz variiren lassen, und in den Farbenabweichungen der menschlichen Haare besteht eine entsprechende

Skala für das Melanin mit feinen Vorstufen resp. feinen Abkömmlingen. Die Macht der Individualität, der Sexualität und der Rassen-eigenthümlichkeiten reicht aber nicht einmal so weit, an Stelle des Melanins das Hämoglobin oder ein echtes Lipochrom treten zu lassen, ja bei den Wirbelthieren zeigt sich selbst die Abgrenzung der chlorophan- und rhodophanartigen Pigmente so beständig, daß individuelle oder sexuelle Unterschiede sie nicht mehr verwischen.

Semper ist einer von den wenigen Zoologen gewesen, der zwischen Färbung und Farbstoff streng zu unterscheiden wußte. In seinen «Natürlichen Existenzbedingungen der Thiere» (Leipzig 1880. Th. II. S. 231) sagt er: «Daß die Zuchtwahl unter keinen Umständen das Pigment, den eigentlichen Farbstoff selbst, zu erzeugen vermag, ist einleuchtend. Die Entstehung der Pigmente muß abhängen von physiologischen Processen im Körper jedes Individuums, welche für das gesunde Leben dieses einzelnen Thieres von hoher Bedeutung zu sein scheinen. Die bestimmte Art ihrer Vertheilung auf der Haut wird somit zunächst ganz allein durch innere, im Thiere selbst thätige Ursachen bewirkt werden müssen; sie kann dabei von Anfang an eine regelmäßige oder ganz ungeordnete sein, und dies wird davon abhängen, ob die inneren physiologischen Ursachen die Ablagerung der Farbstoffe in die Haut in gewisse Bahnen leiten oder nicht. Sind diese Bahnen sehr scharf bestimmt, so wird natürlich auch die Farbenvertheilung eine sehr regelmäßige sein müssen, und viele der so ungemein charakteristischen Zeichnungen bei den Actinien, Steinkorallen, Schnecken- und Muschelschalen dürften auf solche Weise entstanden sein.» Daß natürlich da, wo Pigmentzellen unter directem oder indirectem Nerveneinfluß stehen, auch nervöse Einflüsse an den Färbungen bemerkbar werden, kann ebenfowenig überraschen, als daß sich der Muskel durch Arbeit stärkt, durch geistige Anstrengungen der Gesichtsausdruck sich verfeinert.

Farbstoff
und
Färbung.

Auch noch heute fragen sich viele, wenn sie eine weiße Katze auf einer weißen Mauer, und einen schwarzen Kater auf einem schwarzen Dache sehen, warum der Kater in diesem Falle schwarz und die Katze in jenem Falle weiß ist. Eine Erklärung ist bald gefunden; denn läßt die Vererbung im Stiche, so muß das Gesetz der Anpassung helfen. Andere glauben wiederum, der Wissenschaft dadurch einen Dienst zu erweisen, wenn sie die mannigfachsten Farbstoffgemische mit recht vielen Reagentien tractiren; ich befand mich seiner Zeit in der mir allerdings unangenehmen Lage, in letzterer Art selbst thätig sein zu müssen, allein, wie ich wohl behaupten darf, indem ich sehr eklektisch vorging und nur das als Untersuchungsmaterial auswählte, an welchem sich allgemeinere Gesichtspunkte gewinnen resp. deren Richtigkeit erproben ließ. Ich prüfte nicht, wie so mancher nach mir, Alles, was ich gerade auf dem Wege fand! Jetzt, wo man sowohl viele sehr hübsche Beispiele kennt, welche von einer Schutzfärbung Zeugniß ablegen, wo man fernerhin, wie das Vorgetragene lehren dürfte, über die thierischen Farbstoffe im Allgemeinen orientirt ist, und die Lücken, welche die Allgemeinbetrachtung lassen mußte, nur von kundiger Seite ausgefüllt werden können, erscheinen alle Arbeiten im gerügten ein oder andern Sinne nicht nur überflüssig, sondern als literarischer Ballast überhaupt verwerflich. Wer als Zoologe die Sache ernstlich fördern will, mag die albinotischen Formen anatomisch und histologisch eingehend studiren, wer als chemischer Physiologe sich an dem weiteren Ausbau einer vergleichenden Chromatologie erfolgreich zu betheiligen gedenkt, mag die einzelnen Farbstoffe rein darzustellen, zu analysiren und ihre chemische Constitution zu ergründen versuchen, und wer der Vivifaction Herr ist, mag sehen, wie Nerv, Ernährung und Licht auf die Pigmentbildung wirken. Von alledem, was sich ohne Aufwand sonderlicher Mühe über die thierischen Pigmente in Erfahrung bringen läßt, ist, soviel wie Noth thut, jetzt bekannt.

Wir haben uns stets zu vergegenwärtigen, daß die Farbstoffe Bedeutung
der
Farbstoff-
analysen. nicht nur vom ästhetischen Gesichtspunkte aus den übrigen Bestandtheilen des Organismus an Interesse etwas voraus haben, sondern daß ihr Studium wegen der Sicherheit und Genauigkeit der zur Erkennung und Charakteristik der Pigmente dienenden Methoden auch der chemischen Physiologie vorläufig weit mehr neue Anschauungen und wichtige thatfächliche Ergebnisse zuwenden kann, als die Untersuchung irgend einer andern Classe animalischer Stoffwechselproducte. Kein Studium verdient deshalb ein so intensives zu werden, wie das der Farbstoffe und der Farben.

Am räthselhaftesten bleibt jedenfalls noch die Thatfache, daß ein scharf charakterisirtes Stoffwechselproduct (wie z. B. Bonellein, Turacin oder die Carminsäure), wie es scheint, ein Selbsterwerb nur weniger Thierformen ist, daß dieses auf wenige Species oder wenige Thierfamilien im Vorkommen beschränkt ist. Diese Erscheinungen zu deuten, hatte *Moseley*¹¹⁰⁾ unternommen; aber wenn er glaubt, dieselben durch den Hinweis, daß das Kupferfulfat blau ist, und diesem entsprechend constituirte Kupferfalze nicht blau gefärbt sind, verständlicher gemacht zu haben, so befindet er sich in einem großen Irrthum; denn sämmtliche Pigmente, welche diesen beschränkten Verbreitungsbezirk besitzen, sind so eigenartige Producte, daß man nicht erwarten kann, ihnen nahe Verwandtes ganz allgemein zu finden. Lehrt doch das von *Moseley* selbst herangezogene Beispiel mit Evidenz, daß wo sich überhaupt intensivere Färbungen zeigen, sei es in der lebenden oder in der todtten Natur (ich erinnere auch an die Chrom- und Kobaltverbindungen), fast alle Substanzen mit dem nämlichen Radicale oft wohl anders, aber immerhin doch exquisit gefärbt erscheinen.



Anmerkungen und Literaturnachweise.

¹⁾ Ueber das Zoonerythrin (Tetronerythrin) vgl.: *Bogdanow*, Compt. rend. T. 45. 1857. p. 688—690 u. Journal f. Ornithologie von *Cabanis*. VI. Jahrg. 1858. S. 311—312; *Wurm*, Zeitschr. f. wiss. Zoolog. Bd. 31. 1871. S. 535—537; *Krukenberg*, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1879. Nr. 40, Vergl.-physiol. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 67—71, III. Abth. S. 114—115, IV. Abth. S. 30—35, V. Abth. S. 87—94, II. Reihe. I. Abth. S. 165—167 und III. Abth. S. 135.

²⁾ Wichtigere Literatur über die Lipochrome:

Carotin: *Wackenroder*, *Geiger's* Magazin. Bd. 33. 1832. S. 144; *Zeise*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 62. S. 380; *Th. Hufemann*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 117. S. 200.

Lutein und pflanzliche Lipochrome: *Marquart*, Die Farben der Blüten. Bonn. 1835; *Fremy* u. *Cloëz*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 62. S. 269; *Filhol*, Compt. rend. T. 39. p. 194, T. 50. p. 545 u. 1182; *Piccolo* u. *Lieben*, Giornale di scienze naturali ed economiche. Palermo. 1866. II. Jahrg. Vol. II. S. 258; *Holm* u. *Stedeler*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 100. 1867. S. 142; *Städeler*, *ibid.* S. 149; *Thudichum*, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1869. S. 1; *Kühne*, Unterf. aus dem physiol. Institut d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. 1882. S. 249—252; *A. Hanlen*, Sitzungsber. d. physik.-medic. Gesellsch. zu Würzburg. 1883.

Chromophane: *G. Schwalbe*, Handb. d. gef. Augenheilkunde von *Grafe* u. *Sæmisch*. Bd. I. 1874. S. 414; *St. Capranica*, Arch. f. Anat. und Physiol. Physiol. Abth. 1877. S. 283—296; *Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. 1878. S. 341—369, Bd. IV. 1882. S. 169—248.

Lipochrome der wirbellosen Thiere: *Göbel*, Schweigger's Journal. Bd. 39. 1823. S. 426—431; *v. Wittich*, Arch. f. path. Anat., Bd. 27. 1863. S. 573—575; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. 1882. S. 1—115.

Auf das Vorkommen luteinartiger Körper im Pflanzenreiche mit Bestimmtheit hingewiesen zu haben, ist das Verdienst *Thudichum's*, während der strikte Beweis für die weite Verbreitung der Lipochrome im Thierreiche erst durch meine Untersuchungen erbracht wurde; nur unklare Ideen sprach zuvor *Pouchet* (Journ. de l'anat. et de la physiol. T. XII. 1876.) aus und zu unbe-

gründeten Behauptungen vertiegt sich *C. de Merejkowsky* (Compt. rend. T. 93, 1881. p. 1029 u. Bull. de la soc. zool. de France, 1883.), welcher deshalb auch die allerverschiedenartigsten Pigmentkörper zusammenwarf.

Die Blaufärbung der rothen Fettfarbstoffe durch conc. Schwefelsäure kannte bereits *v. Wittich* (1863), welcher sie an den erhaltenen rothen Krytallen aus *Euglena sanguirubra* auftreten sah. Die Veranlassung, diesen Versuch anzustellen, war eine Mittheilung von *Buchholz*, «daß in den großen Ganglienzellen einiger wirbelloser Thiere ein eigenthümlich rothgelber, an Fett gebundener Farbstoff vorkomme, der durch Schwefelsäure blau gefärbt wird, nach Auswaschen derselben aber seine frühere Farbe annimmt». Noch weit älteren Datums ist jedoch die Beobachtung, daß sich *Marquart's* Blumengelb (Anthoxanthin) «mit Vitriolöl dunkel-indigblau färbt, welche Farbe in Purpurroth übergeht und durch Wasser verschwindet». *Piccolo* und *Lieben* fanden ein nähnliches Verhalten beim Lutein, und *Filhol*, *Stüdeker* wie *Thudichum* erkannten, daß conc. Salpetersäure ganz ähnlich wie conc. Schwefelsäure auf die Lipochrome einwirkt. Die Jodreaction wurde zuerst von *Schwalbe* an den farbigen Kugeln in den Zapfen der Vogel- und Eidechsenretina erhalten. «Die verschiedenen Farbstoffe dieser Gebilde», so bemerkt *Schwalbe* (l. c., S. 414), «zeigen eine höchst auffallende Reaction. Auf Jodzuzatz färben sich sowohl die rothen wie die gelben Kugeln schön blau, die rothen fast blaueschwarz, die gelben erst grün, dann blaugrün und schließlich rein blau. Die farblosen Kugeln zeigen diese Reaction nicht; wo an ihnen eine mattgrüne oder bläuliche Färbung wahrzunehmen ist, kann man auf Spuren von Farbstoff schließen.» Daß die Lipochrome stickstofffrei sind, machten bislang nur die gründlichen Arbeiten über das Carotin zur Gewißheit. Für thierische Lipochrome wurde ein Fehlen des Stickstoffs schon 1823 von *Göbel* an den Farbstoffen der Vogelhaut wie bei Krebsen beobachtet, und die Untersuchungen von *Maly* wie von *Kühne* bestätigten seine Angabe.

Erst durch *Kühne's* bahnbrechende Arbeiten über die Chromophane wurden Handhaben gewonnen, die Lipochrome von den übrigen Pigmenten, den Fetten u. s. w. zu trennen, die einzelnen Glieder dieser Farbstoffreihe von einander zu scheiden und durch ihr spectrokopisches Verhalten, durch ihre differente Lichtempfindlichkeit etc. scharf zu charakterisiren. Viele spätere Forscher (z. B. *Wälchli*, *Merejkowsky*, *Mac Munn*, *Tschirch*) haben sich diese wissenschaftlichen Errungenschaften allerdings nicht anzueignen verstanden und scheinen den Anforderungen, welche die Jetztzeit an Farbstoffuntersuchungen stellt, auch nicht gewachsen zu sein.

³⁾ *Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. S. 213.

⁴⁾ *Kühne*, *ibid.* S. 213.

⁵⁾ *A. Kundt*, Ann. d. Chem. u. Physik. 1874. Jubelband. S. 615—624.

⁶⁾ *Kraus*, Zur Kenntniß der Chlorophyllfarbstoffe. Stuttgart. 1872. S. 53.

7) Vgl. *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 114.

8) Ein rhodophanartiges Pigment scheint schon 1863 von *v. Wittich* aus *Euglena sanguirubra* und ein chlorophanartiges 1876 von *Pouchet* (Journ. de l'anat. et de la physiol. T. XII. p. 12.) aus Hummer im krySTALLIFIRTEN Zustande erhalten zu sein. KrySTALLIFIRTES Lutein wurde zuerst von *Piccolo* und *Lieben*, später von *Thudichum* u. A. dargestellt, das Eläochrin und Lecithochrin zum KrySTALLIFIREN zu bringen, gelang *Kühne*, und unzweifelhafte KrySTALLE von Chlorophyllgelb sah ich bei *Hansen*. Schon 1849 beobachtete *Zeise* die rubinrothen KrySTALLE des Carotins.

9) *Bunsen*, Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 128. 1866. S. 100—108.

10) *Kühne*, l. c., S. 204.

11) *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 71 Anm. 1.

12) Vgl. *Kühne*, l. c., S. 205 Anm. 1 u. S. 252.

Die so häufig, aber stets ohne Quellenangabe erwähnte Beobachtung *Chevreul's*, daß im Hühnereidotter ein rother Farbstoff den gelben begleite, findet sich im «Dictionnaire des sciences naturelles. T. 35. 1825. Article: Oeufs d'oiseaux. p. 444», und lautet folgendermaßen: «Le jaune d'oeuf. On y admet généralement, 1. De l'albumine; 2. Une matière grasse . . .; 3. Une partie colorante, qui me paroît formée de deux principes colorans, un de couleur jaune et un autre de couleur rouge: le premier semble avoir quelque analogie avec le principe colorant jaune de la bile».

13) *Krukenberg*, Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1883. S. 785—788.

14) Literatur über die Melanine:

Schloßberger, Chemie der Gewebe. Leipzig u. Heidelberg. 1856. S. 147. ff.; *Scherer*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 40. S. 63; *Heintz*, Arch. f. path. Anat. Bd. 3. S. 477; *Hofäus*, Arch. d. Pharm. Bd. 120. 1861. S. 27; *Dressler*, Prager Vierteljahrschr. Bd. 101. 1869. S. 59; *Rosow*, *Gräfe's* Archiv. f. Ophthalmol. Bd. IX. Abth. 3; *K. Mays*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 324; *R. Hodgkinson* u. *Sorby*, Journ. Chem. Soc. London. 1877. p. 427; *P. Girod*, Compt. rend. T. 93. p. 96 u. Arch. de zool. exp. et gén. T. X. 1882. p. 1—100.

Auf Grund feiner Beobachtungen an Froschlaryen nimmt *Hoppe-Seyler* (Arch. f. path. Anat. Bd. 9.) an, daß anfänglich pigmentlose Zellen dadurch pigmenthaltig werden, daß sie sich durch einen Ausläufer mit den Capillargefäßen in Communication setzen und auf diese Art und ohne Extravasat oder Infiltration Blut in sie gelange, dessen Körperchen in den Zellen dann zu Grunde gehen und das Pigment frei werden lassen; dieses metamorphosire sich allmählich zu Melanin.

15) Bei Fröschen, die 18 Tage lang in reinen Sauerstoffgase geathmet hatten, will *Molefchott* (cf. *Schloßberger*, l. c. S. 172.) ein Verschwinden des schwarzen Hautpigmentes beobachtet haben. Daß Licht und Wärme eine

Bräunung der Haut, Kälte eine Entfärbung der Haare zur Folge hat, lehren zahlreiche Beobachtungen zur Genüge, die aber experimentell und planmäßig weiter zu verfolgen schwer fein wird.

¹⁶⁾ Die Literatur über die Uranidine findet sich zusammengestellt in meinen Vgl.-physiol. Studien, II. Reihe, III. Abth. S. 41—56. Vgl. dazu: *Fredericq*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. 3 sér. T. I. 1881. p. 487—490.

¹⁷⁾ *B. Haller*, Arb. a. d. zoolog. Inst. d. Univ. Wien, Bd. IV. Heft 3. 1882. S. 341 ff.

¹⁸⁾ Cf. meine Vgl.-physiol. Studien, I. Reihe, V. Abth. Taf. 3, II. Reihe, II. Abth. S. 65.

¹⁹⁾ *A. Kuundt*, Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 142, 143 (1871), 144, 145 u. 146 (1872).

²⁰⁾ *Kähne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. S. 195.

²¹⁾ Vgl. *C. Bojanowski*, Zeitfchr. f. wiss. Zoolog. Bd. 12. 1863. S. 312—335.

²²⁾ Cf. *Hoppe-Seyler*, Handbuch d. physiol.- u. path.-chemischen Analyse. 5. Aufl. Berlin. 1883. S. 290 ff.

²³⁾ Nach *Moleley* (Quart. Journ. of mikr. Scienc. New Ser. Vol. XVII. 1877. p. 18.) scheint auch bei dem durchsichtigen Fische *Plagusia* das Hämoglobin zu fehlen.

²⁴⁾ Vgl. meinen Grundriß der medic.-chemischen Analyse. Heidelberg. 1884. S. 58.

²⁵⁾ Eine Ansicht *Hoppe-Seyler's* (cf. *Salkowski-Leube*, Die Lehre vom Harn. Berlin. 1882. S. 249.). Seitdem ich mich selbst mit dem sog. Methämoglobin eingehender zu beschäftigen angefangen habe, komme ich jedoch, trotz der vielen über diesen Körper vorliegenden Arbeiten immer mehr zu der Einsicht, daß derselbe nur ein, durch Hämatin verunreinigtes Oxyhämoglobin ist. Auch die Abweichungen in den Angaben der einzelnen Untersucher, nach welchen das Oxyhämoglobin durch Trypsin anfangs in Methämoglobin (*Kähne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 342, Ann. 1), oder in Hämochromogen (*Hoppe-Seyler*, Handb. d. physiol.- u. path.-chem. Analyse. 5. Aufl. 1883. S. 308) verwandelt wird, dürften dieser Auffassung nicht wenig günstig sein.

²⁶⁾ *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 18 ff. u. Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe, III. Abth. S. 181—191.

²⁷⁾ *Hoppe-Seyler*, Handb. d. physiol.- und path.-chem. Analyse. 3. Aufl. S. 180; *Elli*, Oesterr. Vierteljahrsfchr. f. wiss. Veterinärkunde. Bd. 36. Heft 1.

²⁸⁾ Cf. *Krukenberg*, Die Farbstoffe der Vogeleierfchalen. Würzburg. 1883.

²⁹⁾ *Krukenberg*, Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1883. S. 785.

³⁰⁾ Vgl. *Krukenberg*, Zeitfchr. f. physiol. Chemie. Bd. V. S. 40—56.

³¹⁾ *E. Hodek* u. *Krukenberg*, Mitth. des ornithol. Vereines in Wien. Jahrgang VII. 1883. Nr. 2; *E. F. v. Homeyer*, ibid. Nr. 3 u. 4; *E. Hodek*, ibid. Nr. 4.

Kürzlich unterwarf ich auch noch den Rest der in meinem Besitze be-

findlichen Federfahnen desselben Lämmergeiers, die aber weit schwächer als die zu den ersten beiden Analysen verwendeten gefärbt waren, einer quantitativen Eisenbestimmung. 1,293 gr. der zuvor bei 100° C. anhaltend getrockneten Federfahnen lieferten 0,0413 gr. Eisenoxyd (= 3,20 % Fe₂O₃), welches vor der Wägung von Kiefelsäure (durch abwechselndes Eindampfen und Aufnehmen mit Salzsäure), Thonerde (durch Auskochen mit Natronlauge) und allen, in Wasser löslichen Salzen (durch Auskochen mit Wasser) aufs Sorgfältigste befreit war.

³²) Die Literatur über die Respirationsfermente findet sich zusammengestellt in meinen Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 66—123, V. Abth. S. 49—57, II. Reihe. I. Abth. S. 87—138, III. Abth. S. 1—61.

³³) Ueber die Floridine siehe meine Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 22—40.

³⁴) *Sorby*, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. XI. 1871. p. 352—361.

Schon von *Kuhlmann* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 9. S. 286) war angegeben, daß sich Cochenilledecoct durch reducirende Mittel (am raschesten durch Zink und Salzsäure, langsamer durch Schwefelammon oder Eisenoxydhydrat) entfärbt, an der Luft aber seine Farbe wieder annimmt. Ein ähnliches Verhalten zu Schwefelwasserstoff zeigen auch *Schützenberger's* Carminsäuren (Compt. rend. T. 46. p. 47, N. Ann. de Chim. et de Physik. T. 54. p. 52), von denen die Cochenille zwei oder mehrere (deren einer die Formel C₁₅H₁₆O₁₀ mit Wahrscheinlichkeit zukommt, während die anderen vielleicht nach den Formeln C₁₅H₁₆O₁₂, C₁₅H₁₆O₁₃ und C₁₅H₁₆O₁₄ zusammengesetzt sind) nach diesem Forscher enthalten soll.

³⁵) Ueber das Chlorocruorin vgl. meine Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 16 und die daselbst erwähnten Schriften.

³⁶) Cf. meine Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 63—69.

³⁷) *Mac Munn*, Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. III. 1883. p. 351—407.

³⁸) *A. Hanlen*, Sitzungsber. d. physik.-medic. Ges. zu Würzburg. 1883. u. Arbeiten des botanischen Inst. in Würzburg. Bd. III. Heft 1. 1884.

³⁹) Literatur über die vermeintlichen Chlorophyllnachweise bei wirbellosen Thieren:

v. *Siebold*, Zeitfch. f. wiss. Zool., Bd. I. S. 274; *F. Cohn*, ibid., Bd. III. S. 264; *M. Schultze*, Compt. rend., T. 34. 1852. p. 683—685; *Ray-Lankester*, Journ. of anat. and physiol. Vol. II. 1868. p. 114, Vol. IV. 1870. p. 126, Quart. Journ. of mikr. Science Vol. 14. p. 400, Vol. 19. p. 434, Vol. 22. p. 229, Nature Vol. 27. Nr. 682. p. 87; *Sorby*, Quart. Journ. of mikr. Science 1871. p. 352, ibid. Vol. 15. 1875. p. 47; *Cl. Bernard*, Leçons sur les phén. de la vie. T. I. 1878. p. 209 ff.; *de Negri*, Ber. d. d. chem. Ges. IX. Jahrg. 1876. S. 84; *P. Geddes*, Compt. rend. T. 87. p. 1005, Proc. of the r. Soc. Vol. 28. p. 449,

Arch. d. zool. exp. et gén. T. 8. p. 51; *Engelmann*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 25. 1881. S. 285—292; *K. Brandt*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. IV. 1883. S. 191—302.

⁴⁰⁾ Vollständige Literatur über das Bonellein in meinen Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 70.

⁴¹⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 73—76, III. Abth. S. 62—64.

⁴²⁾ *Pocklington*, Pharm. Journ. Transact. T. III. p. 681 u. 949.

⁴³⁾ *Mac Munn*, l. c., p. 387.

⁴⁴⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 104 ff.

⁴⁵⁾ *Kühne*, Unterf. aus dem physiol. Institut d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 341—369 u. Bd. IV. S. 169—248.

⁴⁶⁾ *K. Brandt*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. IV. S. 191—302 u. Arch. f. Physiologie. 1883. S. 445—454.

Die von *Vosmæ* und *Brandt* mit so großem Aufwande an Zeit und Mühe zusammengefuhten Literaturangaben, welche die Anwesenheit pflanzlicher Stärke bei Spongien beweisen sollen, befagen gleichfalls nichts; denn in den meisten, wenn nicht in allen Fällen haben die Unterfucher das Eintreten der *Schwalbe*-fchen Lipochromreaction auf Amylum bezogen. Stärkehaltige wäßrige Auskochungen, an welchen diese Substanz allein sicher erkannt werden könnte, habe ich (Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 55 ff.) vielleicht ausschließlich, jedenfalls zuerst aus Spongien zu erhalten versucht, jedoch mit negativem Erfolge.

⁴⁷⁾ Vgl. *Kühne*, l. c., Bd. IV. S. 192 u. 193.

⁴⁸⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 72—87.

⁴⁹⁾ Eine von *R. Sachße* (cf. *A. und Th. Hufemann*, Die Pflanzenstoffe. 2. Aufl. Berlin. 1882. S. 248 u. 249) vertretene Ansicht.

⁵⁰⁾ Nach unpublicirt gebliebenen Unterfuchungen von *Hanfen*.

Die von *Marquart* und *Hanfen* aufgedeckten Beziehungen zwischen den rothen, violetten und blauen Pflanzenfarbstoffen lassen sich folgendermaßen übersichtlich gruppiren:

Es gehen über:	in Roth	in Violett	in Blau
Roth		1) Durch Eisen- oxyd- oder Eisen- oxydulfalze. 2) Durch kleine Mengen von Na_2HPO_4	Durch größere Mengen von Na_2HPO_4
Violett	Durch HCl, H_2SO_4 wie organische Säuren		Durch größere Mengen von Na_2HPO_4
Blau	Durch Säuren	Durch Spuren schwacher Säuren	

⁵¹⁾ Bislang nicht publicirt.

⁵²⁾ Literatur über das Vorkommen der fraglichen Indigofarbstoffe bei wirbellosen Thieren:

Bizio, Journ. de chim. médic. T. 10. p. 99; *de Lacaze-Duthiers*, Ann. d. scienc. nat. IV. sér. T. 12. 1859. p. 5—84; *de Negri*, Ber. d. d. chem. Ges. IX. Jahrg. 1876. S. 84 u. X. Jahrg. S. 1099; *Schunck*, ibid. XII. Jahrg. 1879. S. 1358 u. XIII. Jahrg. S. 2087; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 62.

⁵³⁾ Literatur über das angebliche Vorkommen von Anilinfarbstoffen im Thierreiche:

Blaue und rothe Schizomycetenfarbstoffe: *Erdmann*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 99. 1866. S. 385—407; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 43—47; *F. Neellen*, Beitr. z. Biolog. der Pflanzen, herausg. von *Cohn*. Bd. 3. 1880. S. 187—248; *G. W. Schneider*, Bot. Zeitung. 1873. S. 406; *O. Helm*, Arch. d. Pharmac. 1875. S. 19—24; *Ray-Lankester*, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. 13. p. 408.

Farbstoffe der Aplysien: *M. Ziegler*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 103. 1868. S. 63; *Moleley*, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 12—14; *Mac Munn*, Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. III. 1883. p. 392—394.

⁵⁴⁾ Literatur über die objectiven und subjectiven Structurfarben:

Röfel, Insectenbelüftungen. Bd. 3. S. 254; *Gourneau*, Ann. de la soc. entomol. de France. 2 sér. T. I. p. 201 (Lepidopterenfchuppen); *Brewster*, Philos. Transact. 1814 (Perlen); *Brücke*, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-naturw. Classe. Bd. 8. 1852. S. 196 (Octopus), ibid., Bd. 7. 1851. S. 802, Unterf. über d. Farbenwechsel des Chamäleons (Sonderabdr. a. d. IV. Bd. d. Denkchr. d. math.-naturw. Classe d. Akad. d. Wiss. zu Wien. 1852.) u. Sitzb. d. math.-naturw. Classe d. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 43. 1861. S. 177 (Federfarben); *v. Wittich*, *Müller's Archiv*. 1854. S. 41—59 (Amphibien); *B. Altum*, Journ. f. Ornithol. 1854. S. XIX—XXXV u. Naumannia. Bd. IV. 1854. S. 293—304; *A. Bogdanow*, Journ. f. Ornithol. Bd. VI. 1858. S. 311—312; *V. Fatio*, Mém. de la soc. de physique et d'hist. nat. de Genève. T. 18. 2^e part. 1866; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 12 u. S. 14—19; *H. Gadow*, Proc. of the zool. Soc. of London. 1882. p. 409—421; *J. Amory Jeffries*, Bull. of the nuttall ornithol. Club. Boston. Vol. 7. 1882. p. 129—135.

⁵⁵⁾ Wichtigere Literatur über Guaninablagerungen in der äußern Haut, in der Argentea, im Peritoneum etc.:

Barreswil, Compt. rend. T. 53. p. 246; *Voit*, Z. f. wiss. Zool. Bd. 15. S. 515; *Kühne* u. *Sewall*, Unterf. a. d. physiol. Inf. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1880. S. 223—235; *A. Ewald* u. *Krukenberg*, ibid. Bd. 4. S. 253—265 u. Zeitfchr.

f. Biologie. Bd. 19. 1883. S. 154—158. Vergl. auch *E. Berger*, Morpholog. Jahrb. v. *Gegenbaur*. Bd. 8. 1882. S. 97—165.

⁵⁶⁾ *Leydig*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12. S. 537; *Ewald* u. *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 4. S. 261.

⁵⁷⁾ *Ewald* u. *Krukenberg*, Zeitschr. f. Biologie. Bd. 19. S. 154. Anm. 1.

⁵⁸⁾ *Ewald* u. *Krukenberg*, ibid. S. 154. Anm. 1.

⁵⁹⁾ *G. Pouchet*, Journ. de l'anat. et de la phys. par *Robin*. T. 12. 1876. p. 4.

⁶⁰⁾ Literaturangaben über die Farbstoffe der Protozoën:

Schicomyceten: vgl. Anm. 53.

Myxomyceten: *J. Reinke* u. *H. Rodewald*, Studien über das Protoplasma. Berlin 1881. S. 43 u. 44; *Krukenberg*, Vergl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 51—53.

Flagellaten: *Salm-Horsmar*, Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 97. 1856. S. 331—333. v. *Wittich*, Arch. f. path. Anat. Bd. 27. 1863. S. 573—575; *P. Geddes*, Quart. Journ. of mikr. Science. January 1882 (*Chlamydomyxa labyrinthuloïdes Arch.*).

Rhizopoden: *Büttchli*, *Brown's* Classen u. Ordnungen des Thierreiches. Bd. I. 1880. S. 102.

Infusorien: *Ray-Lanketter*, Quart. Journ. of mikr. Science. Vol. 13. 1873. p. 139; *Engelmann*, Onderz. Physiol. Laborat. Utrecht. III R. VIII Dl. 1883. S. 147—169.

⁶¹⁾ Literaturangaben über die Farbstoffe der Cölenteraten:

Mafeley, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 1; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 1—115; *C. de Merejkowsky*, Compt. rend. T. 93. p. 1029 u. Bull. de la soc. zool. de France. 1883.

Anthozoön: *Trommsdorff*, dessen Journal. Bd. 22. S. 40; *Mac Munn*, Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. 3. 1883. p. 351; *Mafeley*, Quart. Journ. of the mikr. Science. Vol. 13. 1873. p. 143; *K. Brandt*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. 4. S. 191 ff.

Hydromedusen: Cf. die Zusammenstellung der Literatur in meinen Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 62 ff. Ferner: *R. Blanchard*, Bull. de la soc. zool. de France. T. 7. p. 181. p. 402. u. Zool. Anzeiger von *V. Carus*. VI. Jahrg. 1883. S. 67; *Krukenberg*, ibid. S. 215.

⁶²⁾ Vgl. *Schloßberger*, Chemie d. Gewebe. 1856. S. 163.

⁶³⁾ *Witting*, Ann. d. Pharmacie. Bd. I. S. 113.

⁶⁴⁾ *Vogel*, Ann. de Chimie. T. 89. p. 113.

⁶⁵⁾ Nach eigenen, bisher unpublicirt gebliebenen Versuchen.

⁶⁶⁾ Literaturangaben über die Farbstoffe der Echinodermen:

Mafeley, Quart. Journ. of the mikr. Science. N. S. Vol. 17. p. 1 ff.; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth.; *Mac Munn*, l. c.; *Merejkowsky*, l. c.

⁶⁷⁾ Nicht publicirte eigene Beobachtungen.

⁶⁸⁾ Literatur über die Farbstoffe der Ascidien: Cf. meine Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 48—51 u. S. 105—107.

⁶⁹⁾ Ueber Bryozoöfarbstoffe (bei *Bugula neritina* u. *Lepralia*) cf. meine Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 23—29.

⁷⁰⁾ Ueber Farbstoffe der Würmer vgl. die sub 66) angeführten Schriften.

⁷¹⁾ *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 6—21.

⁷²⁾ Vgl. *Krukenberg*, *ibid.*, I. Reihe. V. Abth. S. 92. Anm. 1. Ueber Färbungen bei Infecten cf. auch *H. Hemmerling*, Ueber die Hautfarbe der Infecten. Inaug.-Diss. Bonn 1878 u. *H. A. Hagen*, *Proceed. of the American Acad.* Vol. 17. 1882. p. 234—267.

⁷³⁾ Ueber Aphiden- u. Coccidenfarbstoffe cf. *H. C. Sorby*, *Quart. Journ. of mikr. Science.* N. S. Vol. XI. 1871. p. 352—361 u. *Mac Munn*, l. c., p. 385—387. Unpublicirt geblieben sind meine Versuche, welche das Vorkommen der Carminsäure bei *Coccus polonicus* darthun.

Speciell über Carminsäure vgl. die Literaturangaben in *Gmelin-Kraut's* Handbuch der Chemie. Bd. VII. S. 1135 u. ferner: *Hlasiwetz* u. *Grabowski*, *Ann. d. Chem. u. Pharm.* Bd. 141. S. 333; *C. Liebermann* u. *v. Dorp*, *Ber. d. d. chem. Gef.*, Bd. 4. S. 655; *Belhomme*, *Compt. rend. T.* 43. p. 382.

⁷⁴⁾ *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 104 Anm. 1.

⁷⁵⁾ Die Farbstoffe der Infectenlymphe behandeln: *John*, *Tableau chimique du règne animal.* p. 307; *C. H. Lehmann*, *Lehrb. d. phyfiol. Chemie.* Leipzig 1853. Th. II. S. 222 ff.; *H. Landois*, *Zeitschr. f. wiss. Zool.* Bd. 14. 1864. S. 55—70; *V. Gruber*, *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien.* Bd. 64. Abth. I. 1871. Juni-Heft. Cf. fernerhin die Literaturnachweise in Note 16.

⁷⁶⁾ Literaturangaben über die Farbstoffe der Crustaceen:

CyanokrySTALLIN: Cf. meine Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 71. *Merejkowsky*, *Bullet. de la soc. zool. de France.* 1883.

Lipochrome: *Goebel*, *Schweigger's Journ.* Bd. 39. 1823. S. 426—431; *Fremy* u. *Valenciennes*, *Ann. Chim. Phys.* T. 50, p. 165; *R. Maly*, *Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien.* Bd. 83. Abth. II. 1881. Mai-Heft; *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 99 ff.

Maly war nicht der Erste, der das rothe von dem gelben Crustaceenlipochrome trennte; schon *Pouchet* (*Journ. de l'anat. et de la physiologie.* T. 12. 1876. p. 10 ff.) war dieses gelungen.

Leberfarbstoffe: *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 181 ff.; *Mac Munn*, *Proceed. of the r. Soc.* 1883. No. 226.

⁷⁷⁾ *Mac Munn*, *Proc. of the Birmingham Philos. Soc.* Vol. III. 1883. p. 383; *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. Taf. I.

⁷⁸⁾ Literaturangaben über die Farbstoffe der Mollusken:

Hämolymphatische Farbstoffe: cf. Heft I dies. Vortr., Anm. 34 u. 37, sowie *Verhdl. d. naturhist.-medic. Vereines zu Heidelberg.* N. F. Bd. 3. Heft 1.

Leber- u. Gallenpigmente: *J. Hazay, Pfeiffer's* Malakozöische Blätter, N. F. Bd. 4. 1881. S. 197. Vgl. auch die Angaben in Note 34 u. 76.

Pigmente der Hautsecrete u. der Schalen: *Schloßberger*. Die Chemie der Gewebe. S. 165; *K. B. Hofmann*, Lehrb. d. Zoochemie. Wien 1879. S. 369; cf. die Angaben sub Note 13, 37, 52 u. 53. Meine Untersuchungen über die Schalenfarbstoffe sind in extenso bislang nicht publicirt.

Stäbchenpurpur: *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 58—61; *V. Hensen*, Zool. Anzeiger. I. Jahrg. 1878. S. 30.

⁷⁹⁾ Auf mehrere dieser prägnanten Färbungen machte mich Herr Dr. *G. Pfeffer* in Hamburg freundlichst aufmerksam.

⁸⁰⁾ Es hat lange gewährt, bis daß die Abstammung der Gallenpigmente vom Hämoglobin bei den Säugethieren über allen Zweifel erhoben wurde. Das von *Kühne, Frerichs, Neukomm* und *Stüdel* beobachtete Auftreten von Gallenfarbstoff im Harn von Thieren, welchen Gallensäuren in das Blut injicirt wurden, hatte *Frerichs* Veranlassung gegeben, diese Erscheinung im Zusammenhalte mit gewissen anderen Beobachtungen und klinischen Erfahrungen in anderer Weise zu deuten und anzunehmen, daß die Gallensäuren im Blute in Gallenfarbstoff umgewandelt würden. Da nun aber Icterus nicht allein nach Injection von Gallensäuren, sondern auch von Wasser, Ammoniak etc. eintritt, Gallensäuren auch im Harn Ictericer nachgewiesen wurden, und das Bilirubin alter Blutextravafate sicherlich aus Hämoglobin hervorgegangen ist, kann die Theorie von *Frerichs* keine Berücksichtigung mehr finden.

⁸¹⁾ Vgl. *Schloßberger*, Chemie der Gewebe. 1856. S. 157 u. 158.

⁸²⁾ *A. B. Meyer*, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Bd. 24. 1882. S. 517—524.

⁸³⁾ *H. Gadov*, l. c.

⁸⁴⁾ Ueber die grünen Farbentöne bei Fischen cf. meine Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 139—143.

⁸⁵⁾ *Fremy* und *Valenciennes*, Journ. de Pharm. et de Chim. Sér. III. T. 28. p. 401.

⁸⁶⁾ *Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 341 ff. u. Bd. IV. S. 169 ff.; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 43—58 u. III. Abth. S. 138 ff.

Ueber die Retinapigmente der Wirbelthiere (Sehpurpur, Chromophane etc.) liegt eine zusammenfassende Arbeit von *Kühne* (*Hermann's* Handb. der Physiologie. Bd. 4. Th. I. S. 235—342) vor, auf welche an dieser Stelle nur verwiesen werden kann.

⁸⁷⁾ Vgl. die 4 Abhandlungen über die Farbstoffe der Federn in meinen Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 72—99, II. Reihe. I. Abth. S. 151—171, II. Abth. S. 1—42, III. Abth. S. 128—137; ferner: *A. B. Meyer*,

Mitth. d. Ornitholog. Vereines in Wien. V. Jahrg. 1881. No. 11. S. 83—85 u. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Bd. 24. 1882. S. 517—524.

⁸⁸⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 19—24 und III. Abth. S. 128—135.

Die Spectren der Picofulvinlösungen zeigen wie die der übrigen chlorophanartigen Lipochrome zwei Absorptionsbänder, welche aber so weit in's Blau und Violett gerückt sind wie bei keinem anderen dieser Fettfarbstoffe.

⁸⁹⁾ Von Bucconiden (Capitoniden) untersuchte ich *Chotorea* (*Megalaema*) *mystacophanes Gray* und von Rhamphastiden, welche ich z. Th. von Herrn Hofrath *A. B. Meyer* in Dresden, z. Th. von Herrn Professor *W. Blafus* in Braunschweig erhielt, *Pteroglossus aracari Ill*, *Pt. torquatus Wagl*, *Pt. maculirostris Licht*, *Pt. viridis Ill*, *Rhamphastus discolorus L.*, *Rhamphodryas vitellinus Ill*, und *Aulacorhynchus pavoninus Bonap.*

⁹⁰⁾ Ueber das Turacin cf. meine Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 75—87, II. Reihe. I. Abth. S. 151—155; *Moleley*, Quart. Journ. of the mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 17, note 1.

Das Turacin, dem nach *Church* die Formel $C_{50}H_{56}CuN_5O_{19}$ zukommt, welches zugleich aber auch ziemlich viel Eisen enthält, ist in reinem, allerdings leichter noch in alkalischem Wasser löslich; von den lipochromatischen Lösungsmitteln wird es dagegen nicht aufgenommen, und auch verdünnte Mineral Säuren wie einige Salze (z. B. Alaun. bas. Bleiacetat, Chlorcalcium) schlagen es aus den wässrigen Lösungen nieder. Sein spectrokopisches Verhalten erinnert sehr an das des Oxyhämoglobins, verändert sich aber weder durch Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium, noch durch Einwirkung von stärkerem Alkali und ist bei der festen Substanz nur wenig anders als bei der gelösten. Wie schon *Preyer* wußte, verändert sich die Lage der beiden Absorptionsbänder im Spectrum nach Sättigen der wässrigen Lösung mit Cyankalium; dasselbe geschieht, wie ich fand, auch beim Eintragen von Rhodannatrium. Werden jedoch die Salze durch Dialyse entfernt oder das Turacin durch Essigsäure gefällt, so zeigt sich der Farbstoff als spectrokopisch unverändert. Das Turacin ist sehr licht- wie wärmebeständig, rauchende Salpetersäure zerstört den trockenen Farbstoff schon in der Kälte unter Schwarzfärbung, conc. Schwefelsäure verwandelt ihn in Turacein, welches die Säure purpurviolett färbt und ein Absorptionsspectrum mit zwei Bändern (ein stärkeres, breiteres hinter D und ein schwächeres vor D) aufweist; die von mir früher als α -Turacein bezeichnete Substanz ist, wie ich später fand, nur ein Gemisch jenes Stoffes (des sog. β -Turacein) mit unverändertem Turacin.

⁹¹⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 151—155.

Das Verhalten des Turacoverdins gegen Licht, Wärme und Lösungsmittel ist ziemlich das nämliche wie das des Turacins; doch scheint es von

diesem nicht nur durch seine grüne Farbe und sein spectroskopisches Verhalten (das Spectrum der wässrigen Lösung zeigt ein scharfes, dunkles Absorptionsband unmittelbar vor D) abzuweichen, sondern auch dadurch, daß es kupferfrei ist. Eisen enthält das Turacoverdin verhältnißmäßig viel. Kalte conc. Schwefelsäure bräunt den trockenen Farbstoff, Salpetersäure, conc. Natronlauge wie conc. Salzsäure greifen ihn gar nicht oder erst sehr langsam an. Schichtet man eine Turacoverdinlösung auf conc. Schwefelsäure, so färbt sich letztere violettroth, während Salpetersäure lange einflußlos auf Turacoverdinlösungen bleibt und schließlich die Flüssigkeit nur ansehnlicher macht.

⁹²⁾ *Krukenberg*, *ibid.* S. 155—160, II. Abth. S. 1 ff.

Das Zoorubin ist in alkalischen Flüssigkeiten leicht löslich, unlöslich in Alkohol, Chloroform, fetten wie ätherischen Oelen, Schwefelkohlenstoff u. s. w. Verdünnte Mineralsäuren fällen es aus der alkalischen Lösung, starke Salpetersäure bleicht das Trockenpräparat, Salzsäure färbt es dunkelviolett und conc. Schwefelsäure blaugrün; es enthält keine nachweisbare Mengen von Eisen, Kupfer oder Mangan und scheint auch schwefel- wie stickstofffrei zu sein. Zoorubinlösungen zeigen spectroskopisch nichts charakteristisches, dagegen zwei Reactionen, welche zur Erkennung dieses Farbstoffes verwertbar sind. Schichtet man nämlich eine Zoorubinlösung auf englische Schwefelsäure, so bleibt letztere farblos, während die Zoorubinlösung an der Berührungsfläche mit der Säure anfangs eine violettrothe, später eine dunkelgrüne Farbe annimmt; und eine zweite Probe mit Essigsäure schwach sauer gemacht, färbt sich auf Zusatz minimalster Spuren eines Kupferfalzes schön kirchroth.

⁹³⁾ Cf. *Krukenberg*, Die Farbstoffe der Vogeleierfalten. Würzburg. 1883.

Fernerhin: *G. Dickie*, *Ann. and mag. of nat. hist. Ser. II. Vol. 12.* 1848. p. 169 bis 176; *Cornay*, *Mém. sur les causes de la coloration des oeufs des oiseaux etc.* 1860; *Gloger*, *Verhandl. d. Ges. naturf. Freunde zu Berlin. Bd. I.* 1829. S. 332.

⁹⁴⁾ *H. C. Sorby*, *Journ. of the Anthrop. Inst. Vol. 8.* 1878. p. 1—14;

Krukenberg, *Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 89 Anm. 1.*

⁹⁵⁾ Cf. *Kühne*, *Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 224.*

u. *R. H. Chittenden*, *ibid. Bd. III. S. 171—193.*

⁹⁶⁾ *Döbner*, *Zoolog. Garten. Jahrg. VI.* 1865. S. 3—12.

⁹⁷⁾ Cf. *A. B. Meyer*, *Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Bd. 24.* 1882. S. 521.

⁹⁸⁾ Vgl. *Semper*, Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere. Bd. I. S. 81 ff.; *V. Graber*, Die Insecten. Bd. II. Abth. I. S. 37 ff.; *Leydig*, *Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12.* 1876. S. 540 (cf. meine *Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 73 ff.*).

⁹⁹⁾ Vgl. meine in Note 87 namhaft gemachten Schriften über die Federfarbstoffe.

¹⁰⁰⁾ Eine intensive lipochromatische Färbung des Federstoffes findet sich,

foviel ich weiß, nur bei einigen Piciden (z. B. bei *Colaptes auratus* und *C. rubricatus*).

¹⁰¹⁾ *D. F. Weinland*, Journ. f. Ornithologie. 1856. S. 125—129.

¹⁰²⁾ *L. Martin*, Zoolog. Garten. Jahrg. 20. 1879. S. 249—252, Illustr. Naturgesch. der Thiere. Heft 32. 1882.

¹⁰³⁾ Briefliche Mittheilung.

¹⁰⁴⁾ Briefliche Mittheilung.

¹⁰⁵⁾ *G. Brucklacher*, Zoolog. Garten. Jahrg. 8. 1867. S. 274 u. 275.

¹⁰⁶⁾ *A. Smester*, Revue d'Anthrop. 1879. p. 675.

¹⁰⁷⁾ Sehr bekannt sind die Erzählungen von einem plötzlich eingetretenen Ergrauen der Haare bei *Marie Antoinette* und dem früheren preussischen Kammerdeputirten *Waldeck*. Auch erzählt die Geschichte (*Baumer's* Gesch. d. Hohenstaufen), «daß *Ludwig von Bayern*, der in dem Wahne, sein Weib sei ihm untreu geworden, die vermeintlichen Mitwisser dieses Verbrechens mit dem Schwerte niedergestoßen hatte, nachdem er von der Unschuld überzeugt wurde, vor Gram und innerem Seelenchmerze in Einer Nacht graues Haar bekommen habe. Merkwürdig ist auch jene Erzählung von einem jungen Schweizer, der sich, um aus einem Geierhorste die Jungen auszunehmen, mit einem Säbel bewaffnet, mittelst eines Taues von einer überragenden Felswand, unter welcher der Horst sich befand, herunterlassen ließ. Unter ihm gähnte ein jäher Abgrund. Nachdem er die Jungen herausgenommen, und er eben wieder heraufgezogen werden soll, stürzen die alten Vögel, durch das Geschrei der Jungen herbeigelockt, zum Kampfe auf ihn los. Mit dem Säbel um sich hauend, bemerkt er plötzlich einen Ruck am Seile, das ihn trägt. Er sieht hinauf und erblickt, daß er mit der Säbelschneide in den Strick gehauen, der jetzt nur noch mittelst einer dünnen unverletzten Stelle zusammenhält. Namenlose Angst befällt ihn, jede Secunde kann der Strick völlig zerreißen; als er endlich glücklich wiederum nach oben heraufgezogen, ist sein Haar ergraut. *S. G. Vogel* (*Hecker's* liter. Annalen. 1825) erzählt von sich selbst, daß ihm in seinem dreißigsten Lebensjahre durch den Schmerz über den Verlust seiner geliebten Schwester in Einer Nacht das Haupthaar gebleicht sei. Aehnliche Fälle berichten uns *Nicolaus Florentinus* (Sermon. VII. tract. 6 sum. 3. c. 24), *Schenk*, *Borelli*, *Turner*, *Cälius Rhodiginus*. Vgl. *L. Landois*, Arch. f. path. Anat. Bd. 35. 1866. S. 575—599.

¹⁰⁸⁾ Briefliche Mittheilung. Cf. auch *Reinhardt*, Videnskabl. Meddelel. Naturh. Ferening. 1870. S. 316.

¹⁰⁹⁾ Ueber *Eclectus polychlorus* vgl. die in meinen Vgl.-physiolog. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 161 sowie in Note 87 angeführten Schriften von *A. B. Meyer*.

¹¹⁰⁾ *Moseley*, Quart. Journ. of the mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 19.



IV.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

THIERISCHEN GERÜSTSUBSTANZEN.



CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der thierischen Gerüstsubstanzen.

An die Entdeckung der Aetherschweifelsäuren in den wässrigen Absonderungen der Säugethiere, an die Kenntniß ihrer Entstehung und ihres Ausgangsmaterials schloß sich eine lange Reihe wichtiger Untersuchungen über die Veränderungen, welchen gewisse, dem Organismus an und für sich fremde Substanzen, nach ihrer Einführung in den allgemeinen Kreislauf, im Getriebe des thierischen Stoffwechsels unterworfen sind. Nach und nach sammelte sich ein reichhaltiger Erfahrungsschatz an, welcher auf's Unzweideutigste lehrte, daß die Stoffwechselvorgänge bei verschiedenen Thierarten, ja selbst bei zwei Individuen ein und derselben Species ihrem Wesen nach weit bedeutender auseinandergehen können, als es nach vereinzelten, schon länger bekannten, aber mehr als Curiosa betrachteten Thatfachen bis dahin angenommen wurde. Die so gewonnene Ueberzeugung, daß die Stoffwechselprozesse bei nahestehenden Formen bisweilen sehr verschiedenartig verlaufen, wurde auch weiterhin befestigt durch mehrere, auf dem Gebiete der vergleichenden Toxicologie sowie durch die mit Hülfe der histosynthetischen Methode *Schmiedeberg's*¹⁾ erzielten Resultate, und ihre Richtigkeit wohl am Schlagendsten illustriert durch die nach mehr als einer Richtung hin als bahnbrechend zu bezeichnenden farbenanalytischen Studien von *Ehrlich*²⁾ über das Sauerstoffbedürfniß des Organismus.

Diefes Ergebniß ift freilich kein fehr erfreuliches; denn einmal irre geworden an dem Glaubensfatze, daß bei Wahrung der Aehnlichkeit in groben anatomifchen Verhältniffen auch der Stoffumfat in den lebenden Zellen das Bild der Uebereinstimmung nicht wefentlich verwifche, wird von vorn herein nicht mehr zu entfcheiden fein, welche von den beifpielsweife für den Hund feftgeftellten Thatfachen auch auf's Kaninchen paffen, gefchweige welche von den an Fröfchen gewonnenen Erfahrungen bei Schlüffen auf die Lebensvorgänge des Menfchen ohne Weiteres verwerthbar find.

Eine Hauptaufgabe der chemifchen Phyfiologie wird fomit jetzt darin zu fehen fein, die Summe der mit der Art, dem Gefchlechte, dem Alter und der Individualität qualitativ fehwanfenden Stoffwechfelvorgänge noch weiter zu vermehren, um dermaleinf in der Lage zu fein, die Gründe für die Abweichungen klarzulegen. Der allein naturgemäße Weg, auf welchem fich der Lösung aller diefer Fragen zu nähern ift, wird auch hier wieder der vergleichend-phyfiologifche fein; denn vorerft gilt es doch, die complicirenden Nebenumftände als folche zu erkennen und Objecte ausfindig zu machen, bei welchen bald diefer bald jener, eine reine Beobachtung erfchwerende Factor fehlt; wie das fich aber anders erreichen laffen wird als durch Unterfuchungen an möglichft zahlreichen und organifatorifch möglichft entfernt ftehenden Thieren, ift wenigftens mir völlig räthfelhaft. Indeß find auf dem Felde der vergleichenden Phyfiologie bislang nur erft wenige von den Schätzen gehoben, welche uns fchon das Studium der natürlichen Verhältniffe und der normalen Gewebsbestandtheile bei Inangriffnahme der namhaft gemachten und gegenwärtig fo brennenden Fragen zu bieten vermag. Befchränkt ift zwar die Zahl der Fälle, wo das Erz hier offen zu Tage fteht, und wo nur ein fcharfes Zufehen und ein fachgemäßes Prüfen erforderlich ift, um fich über den wirklichen Thatbestand zu verfichern; doch fehlen derartige Fälle keineswegs ganz, wenn fchon auch fie lange Zeit

ganz ununtersucht gelassen wurden und auch jetzt nur erst sehr dürftig bekannt sind. Ich denke dabei vor allem an die thierischen Farbstoffe, welche den Stempel ihrer gegenseitigen Verwandtschaft oder Verschiedenheit offen zur Schau tragen, und gewiß schon die erste Bearbeitung dieser so viel verheißenden Klasse thierischer Stoffwechselproducte, welche ich in dem vorigen Hefte dieser Vorträge versucht habe, ist trotz ihrer unvermeidlichen Unvollkommenheiten nicht ohne jeden Erfolg geblieben. Des Weiteren abgesehen von einigen wenigen Thierstoffen, welche an sich zwar farblos, aber durch charakteristische und zugleich sehr empfindliche Farbenreactionen sicher und selbst in minimalsten Mengen nachzuweisen sind, wie z. B. die Harnsäure und das Guanin, — deren Nachweis überdies aber auch weit weniger schwer ins Gewicht fällt als der gewisser Farbstoffe, weil die in Vergleich zu ziehenden Objecte (im angeführten Falle z. B. der Harnstoff und die Xanthinkörper) weit weniger scharf zu erkennen sind, — abgesehen von den thierischen Pigmenten und der bezeichneten Gruppe von mittelbar sich in der gleichen augenfälligen Weise manifestirenden Stoffwechselproducte sind es, so sage ich, nur noch die Substanzen, welche dem Thierleibe als tragende Pfeiler innern Halt, als schützende Decke constante Form verleihen, welche in hinreichender Reinheit zu erhalten waren, und deren Verschiedenheit unter einander sicher dargethan werden konnte.

Nur auf der niedersten Stufe der Organisation und in seltenen Ausnahmefällen greift der Organismus zu dem nächst liegenden, dem anorganischen Materiale, um dem Ganzen ein festes Gerüst und seinen Weichtheilen eine weniger nachgiebige Stütze zu bieten, oder beschränkt sich darauf, durch ein dichteres und derberes Gefüge diesen den nothwendigen Halt zu schaffen. Das Gewöhnliche bleibt stets die Verwendung eigenartiger, selbst producirter, organischer Substanzen, welche sich meist nicht nur durch ihre physikalische Widerstandsfähigkeit, verbunden mit einem mehr oder

weniger hohen Grade von Elasticität auszeichnen, sondern denen auch eine große Immutabilität gegen chemische Eingriffe, gegen die Einwirkung der Enzyme, freier Säuren und Alkalien, ja selbst gegen die vitalen Prozesse innewohnt, welche noch weit mächtiger als jene sind;³⁾ nur hier und da sehen wir die der organischen Gerüstsubstanz eigene Festigkeit durch anorganische Einlagerungen oder in Folge einer mit anorganischen Stoffen eingegangenen, locker chemischen Verbindung den Anforderungen, welche an den Organismus gestellt werden, entsprechend erhöht. Stoffe von einer verhältnißmäßig beträchtlichen, physikalischen wie chemischen Widerstandsfähigkeit, welche sich bei den Lebensvorgängen stets mehr passiv verhalten, finden sich im Organismus nur an bestimmten Plätzen vor, in den vorwiegend lebsthätigen Herden würden sie nicht allein nutzlos, sondern geradezu hinderlich sein, und so erklärt es sich denn auch, daß die thierischen Stütz- und Deckgewebe nicht nur eine scharfe anatomische Definition und Abgrenzung zulassen, sondern daß der entsprechende Begriff der «thierischen Gerüstsubstanzen» auch chemisch gut umschrieben ist; letzterer subsumirt die in ihrem Vorkommen auf die inneren und äußeren Skelettheile beschränkten Substanzen und muß biologisch nur deshalb etwas weiter gefaßt werden, als es sich vom rein chemischen Standpunkte aus rechtfertigen läßt, weil bei Vertretern einiger Klassen unter den Wirbellosen veritabele Eiweißkörper, ohne besonderes typisches Verhalten, lediglich durch Aufnahme anorganischer Materie erhärten und so demselben Zwecke dienstbar gemacht werden, welchen die specifischen Gerüstsubstanzen bei den höheren Thieren allerdings in meist viel vollkommenerer Weise erfüllen.

Das allgemeine Interesse wird, wie schon dem Gefagten zu entnehmen ist, weit weniger den anorganischen Bestandtheilen der Schutz- und Stützvorrichtungen zugewandt sein als vielmehr dem organischen Substrate derselben, und dieses soll deshalb auch vor-

wiegende Berücksichtigung finden. Versuchen wir jedoch, die organische Grundlage der Skelettheile chemisch näher zu definiren, das Verwandte zusammenzubringen und von dem chemisch entfernteren Stehenden zu scheiden, so stoßen wir auf Schwierigkeiten, welche keine geringe sind, und die hauptsächlich in der so schweren Angreifbarkeit der Gerüstsubstanzen für chemische Agentien begründet liegen. Das Verhalten gegen die proteolytischen Enzyme und beim Kochen mit concentrirter Salzsäure, die Xanthoprotein- und *Millon'sche* Reaction, die Zeretzungsproducte, welche beim Kochen mit verdünnten Säuren und beim Schmelzen mit kauftischen Alkalien entstehen, gestatten uns allein ein Urtheil abzugeben, ob die fragliche Substanz ein Eiweißkörper ist oder nicht, resp. wie weit sie sich von den Albuminstoffen in ihren chemischen Eigenschaften entfernt. Aber auch die wenigen, für unsern Zweck geeigneten Reactionen sind keineswegs den Eiweißkörpern eigenthümliche, sondern eine Reihe anderer und verhältnißmäßig einfach constituirter Stoffe geben dieselben gleichfalls, und es muß deshalb auch angenommen werden, daß diese Reactionen an bestimmte Seitenketten im Molecül geknüpft sind, deren Existenz bei den Eiweißkörpern im engern Sinne zwar durchgängig bewahrt zu sein scheint, bei deren Verluste aber der Stammkern der Verbindung nicht nothwendig einen tiefgreifendern Zerfall erlitten zu haben braucht, obgleich die Substanz alsdann nur noch eine oder die andere, oder vielleicht auch gar keine Eiweißreaction mehr zeigen wird. Andererseits wird man sich aber auch, wenn die *Millon'sche* oder die Xanthoproteinreaction gelingt, Leucin und Tyrosin beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure erhalten werden, oder wenn man bei Einwirkung von schmelzendem Kali Indol unter den Zeretzungsproducten auftreten sieht, stets zu vergegenwärtigen haben, daß trotz aller Uebereinstimmung der Reactionen mit denen der ächten Eiweißstoffe der in Frage kommende Körper doch in *vero* sich sehr weit von den Albuminsubstanzen entfernen,

ja daß das Radical der Verbindung ganz anderer chemischer Natur als das der zum Vergleich herangezogenen Eiweißkörper sein kann. Inwiefern das Gefagte nun aber nicht nur für die bei festen Eiweißstoffen allein anwendbaren Nachweise, sondern auch für die sog. Alkaloidreactionen, welche nur an Eiweißlösungen ausführbar sind, Gültigkeit besitzt, läßt sich meines Erachtens zur Zeit nicht entscheiden; dazu bedürfte es erst einer Erweiterung und Vervielfältigung der von *Fr. Hofmeister*⁴⁾ angestellten Versuche über die Empfindlichkeit der einzelnen sog. Eiweißreactionen.

Durch die künstlichen Zersetzungen der Eiweißkörper scheint lediglich das gesichert, daß die Constitution derselben «sehr complicirt und die Molecüle sehr groß, Gruppen aromatischen Charakters neben solchen der fetten Stoffe in den Molecülen enthalten sind, und die Gesamtanordnung der letzteren den Harnstoffen oder Guanidinverbindungen oder Hydantoinen zugehört.»⁵⁾ Wir wissen des Weitern aber auch, daß aus Eiweißstoffen sowohl Fette wie Kohlehydrate hervorgehen, wenn schon letztere ebenfalls aus Fetten, und umgekehrt Fette aus Kohlehydraten entstehen können; damit jedoch aus Eiweiß Fett abgespalten werde oder Fette sich in Kohlehydrate verwandeln, bedarf es der Action lebendiger Zellen: beide Metamorphosen haben noch immer als Functionen lebender Zellen zu gelten⁶⁾. Glücklicher war man bei Ueberführung der Eiweißkörper in Kohlehydrate!

Lange bekannt ist die Thatfache, daß viele Eiweißsubstanzen, so die schwefelreichen Hornstoffe, bei Maceration mit Laugen einen Theil ihres Schwefels als Schwefelwasserstoff abgeben, und auch Beobachtungen, daß durch dieselben Agentien Stickstoff aus eiweißartigen Materien abgespalten wird, finden sich in der Literatur verzeichnet. Erst kürzlich zeigte ich⁷⁾ aber, daß eine, sich in ihren Reactionen als ein Eiweißkörper verhaltende Substanz, das Spirographin in den Wohnröhren von *Spirographis Spallanzanii*, durch Behandlung mit kalter Natronlauge unter Umständen glatt,

ohne daß ein eiweißartiger Rückstand bleibt, in ein stickstoffhaltiges Derivat der Kohlehydrate überzuführen ist, welches beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure ein Spaltungsproduct liefert, das sich nicht mehr den Eiweißsubstanzen anschließt, sondern seinem chemischen Verhalten nach den Zuckerarten entspricht, — und sprach, gestützt auf weitere Erfahrungen, zugleich die Vermuthung aus, daß dem Spirographin analoge eiweißartige Stoffe (Hyalogene) in gewissen Gewebeparthien bei Wirbelthieren wie Wirbellosen normal vorhanden sind, in anderen Gewebslagen sich dagegen nur zeitweise oder unter pathologischen Verhältnissen in größerer Menge bilden und anhäufen. Ein bindender Beweis für die auf die Befunde bei Spirographis begründeten Verallgemeinerungen ließ sich bislang allerdings nicht beibringen, denn die Eiweißkörper von nicht hyalogener Natur überwiegen in den Organen so sehr an Masse, daß ein dem Abnehmen der Eiweißreactionen entsprechendes Anwachsen der zuckerbildenden Substanz nicht wie bei Verarbeitung der Spirographishüllen zu constatiren ist. Aus Gründen, die aber ebenfalls nicht beweiskräftig sind, haben mehrere Forscher eine meiner Auseinandersetzung ähnliche Ansicht entwickelt. So gelangte *Landwehr*⁸⁾ durch Beobachtung, daß das Glykogen nach Natronzusatz besser als ohne solchen den Geweben zu entziehen ist, zu der Auffassung, daß ein eiweißartiger Bestandtheil des Protoplasmas sich aus Glykogen und einer Globulinsubstanz zusammensetzt, für *Petri*⁹⁾ wurde eine Beziehung zwischen Eiweiß und Kohlehydraten wahrscheinlich wegen eines ähnlichen Verhaltens beider bei der Aldehydreaction (mit Natronlauge und Diazobenzolsulfonsäure) und *Pfechutin*¹⁰⁾ sah sich veranlaßt, auf die Kohlehydratentartung der Gewebe speciell in pathologischen Zuständen (bei der Zuckerharnruhr) hinzuweisen. Da jedoch bei Diabetes der maßgebende Factor allgemein und ganz mit Recht mehr in dem Verfliegen oder Stocken der normalen, Zucker zerstörenden Proccesse als in einer anormalen Kohlehydratdegeneration

eiweißartiger Gewebsbestandtheile gefucht wird, so hat diese Krankheit für die vorliegende Frage noch nicht die Bedeutung, welche man ihr ohne eingehendere Kritik so gern einräumen möchte.

Weit wichtiger als die Zuckerkrankheit, als die sog. Colloid- und Mucinmetamorphosen der Kröpfe, Gallertkrebs, Myxome und Ovarialkystome ist für uns der Umstand, daß die Untersuchungen der thierischen Gerüstsubstanzen schon jetzt eine Reihe von Stoffen aufgedeckt haben, von denen einer ein ächtes Kohlehydrat, ein zweiter das Amidderivat eines solchen ist und andere, welche — obgleich sie durch das moleculare Verhältniß des Stickstoffs und Kohlenstoffs ($C_{30} N_{4-9}$) noch ihre Beziehung zu den Kohlehydraten erkennen lassen — sich nach dieser oder jener Reaction mehr oder weniger den Eiweißstoffen in ihrem chemischen Verhalten anschließen.

Scheinen wir aber somit auch noch ein ziemliches Stück davon entfernt zu sein, die ächten Eiweißkörper, die Keratine und Verwandte als Derivate der Kohlehydrate oder, wie ich (gemäß der Genese des Spirographeins) annehmen möchte, als sehr resistente gewordene Spaltungsproducte von Hyalogenen begreifen zu lernen, so wünsche ich doch, darauf Bedacht nehmen zu wollen, daß, wenn ich mich entschließe, bei Classification der thierischen Gerüstsubstanzen die Trennung der Eiweißkörper von den Kohlehydraten noch scharf hervortreten zu lassen, sich (trotz der neu aufgestellten Gruppe der Skeletine) die Grenzen an allen Punkten verwischen, und daß es kaum zu rechtfertigen ist, wenn ich die Hyalogene den Albuminoiden, das Cornein aber den Skeletinen zugefelle. Nur praktische Gründe, die Wahrung der Uebersichtlichkeit und die Vermeidung von Wiederholungen bestimmen mich, an dieser z. Th. *Drechsel*¹¹⁾ entlehnten und auf den ersten Blick sehr bestechenden Eintheilung der Gerüstsubstanzen festzuhalten. Dieselbe würde folgende sein:

I. Classe: **Reine** (d. h. stickstofffreie) **Kohlehydrate**, welche bei der Spaltung Zucker liefern:

Classi-
fication der
thierischen
Gerüstsub-
stanzen.

Tunicin *Berthelot* (thierische Cellulose *Loewig* und *Kölliker*).

II. Classe: **Skeletine**. Stickstoffhaltige, aber schwefelfreie Substanzen, welche nur eine oder die andere Eiweißreaction geben, sich durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Alkalien wie Säuren auszeichnen und auch von den amylytischen wie proteolytischen Enzymen durchaus unverändert gelassen werden. Auch von kaltem oder siedendem Wasser, von Alkohol, Aether u. dgl. m. werden sie in keinerlei Weise angegriffen und auf Jod reagiren sie nur mit Braunfärbung.

A. Derivate der Kohlehydrate, welche bei der Spaltung reducirende Substanzen (Zucker, Glykofamin) aber keine Amido- säuren liefern:

Chitin *Odier*.

B. Stoffe, welche bei der Spaltung keine reducirende Substanzen sondern Amidosäuren geben. Bei allen besser bekannten Gliedern dieser Gruppe kommen, wie auch beim Chitin, im Molecül auf 30 Kohlenstoffatome eine bestimmte Anzahl (9 oder 10) von Stickstoffatomen, und das Verhältniß des Sauerstoffs zum Wasserstoff macht es wahr- scheinlich, daß auch sie Derivate von Kohlehydraten sind.

Spongine *Staedeler*.

Conchiolin *Frémy* (und die Byffussubstanz der Bivalven?).

Cornein *Valenciennes*.

Fibroin *Mulder*.

III. Classe: **Albuminoide Substanzen**. Körper, welche sich in ihren chemischen Eigenschaften schon mehr den Eiweißsubstanzen annähern, doch durch das Fehlen der einen oder andern Eiweiß- reaction von den Albuminstoffen abweichen:

Hyalogene.

Collagene.

Keratine oder **erhärtete Mucine** (nach Ausschluß der Hyalogene und Hyaline).

Elaftine.

IV. Classe: **Aechte Eiweißstoffe**, welche bei 38°—40° C. durch Pepsin in falzfauren Flüssigkeiten (0,1—0,2 % Cl H) wie durch Trypsin bei neutraler oder alkalischer Reaction (1,0 % CO₂ Na₂) des Verdauungsgemisches leicht und gleich gut verdaut werden.

I. Die Kohlehydrate.

Das Tunicin *Berthelot's*¹²⁾, die thierische Cellulose *Loewig's* und *Kölliker's* wurde bereits 1845 von *C. Schmidt* als ein stickstofffreier Gewebsbestandtheil bei *Phallusia mammillata* erkannt und mit der Substanz der Pflanzenzellmembran verglichen. *Loewig* und *Kölliker* wiesen darauf durch chemische und mikroskopische Untersuchungen das Tunicin bei einer großen Anzahl von Tunicaten (5 verschiedene Species von *Phallusia*, *Clavelina lepadiformis*, 3 Species von *Cynthia*, *Diazona violacea*, *Botryllus polycyclus* und *violaceus*, *Didemnum candidum*, *Aplidium gibbulosum*, *Pyrosoma giganteum*, *Salpa maxima* und *bicaudata*) nach, vermißten es aber bei den erst später damit vereinigten Formen der *Appendicullaria* und *Pelonaea*. *Payen* beobachtete feine Löslichkeit in concentrirter Schwefelsäure und die Blaufärbung durch Jod-Schwefelsäure, und *Schacht* wie *O. Hertwig* constatirten durch mikrochemische Reactionen (besonders durch das Verhalten des Tunicins gegen Jod-Schwefelsäure), daß der fog. Cellulosemantel der Tunicaten, streng genommen, nur die *Tunica externa* (*Cuticula*) deselben ist, daß aber auch im Innern des Tunicatenkörpers ein Bindegewebe vorkommen kann, welches die Cellulosereactionen des Mantels zeigt, so z. B. am Muskelschlauche und am Darne von *Cynthia mytiligera*.

Die Versuche, das Tunicin bei Polypen und Acalephen zu entdecken, blieben erfolglos, und obgleich die organische Grundlage der Ectocyten bei Bryozoen, welche mit den Tunicaten zu der Classe der Molluskoide vereinigt wurden, gleichfalls resistent gegen siedende Kalilauge wie auch gegen starke, kalt angewandte Säuren (mit Ausnahme der concentrirten Schwefelsäure, welche lösend wirkt) ist, so zeigte mir doch dieselbe (auch nach Behandlung mit concentrirter Salzsäure und Salpetersäure oder nach dem Kochen mit Kalilauge) weder bei *Bugula plumosa* und *B. neritina*, noch bei *Flustra papyrea* die Jod-Schwefelsäure- oder die Chlorzink-Jodreaction, sondern färbte sich mit den Reagentien im günstigsten Falle nur ähnlich dem Cholesterin¹³⁾.

Das zu den Analysen verwandte Tunicin wurde meist durch Auskochen der Tunicatenmäntel zuerst mit einer Mineralsäure und darauf mit Kalilauge gewonnen; *Schaefer* kochte zur Darstellung deselben Tunicatenmäntel einen Tag lang im *Papin'schen* Topfe mit Wasser, hierauf längere Zeit mit verdünnter Salzsäure, dann mit concentrirter Kalilauge und laugte sie schließlich mit Wasser vollständig aus.

Das Tunicin stimmt in seinen wesentlichen Eigenschaften und Reactionen mit dem Holzstoffe (Lignin) der Gewächse überein. Es bildet eine durchscheinende weiße, in dünnen Schichten selbst durchsichtige, papierähnliche Masse, welche die Form der Cuticula beibehalten hat. Es löst sich in Kupferoxydammoniak, und Säuren fällen es aus dieser Lösung flockig nieder, welches Verhalten von *Franchimont* auch zur Reinigung benutzt wurde; durch längere Einwirkung von Schwefelsäure entsteht daraus ein gährungsfähiger, rechtsdrehender, krystallisirbarer Zucker, mit Glykose wahrscheinlich identisch (*Franchimont*), und rauchende Salpetersäure verwandelt das Tunicin in ein Nitroproduct, welches in alkoholischem Aether klar löslich ist, beim Verdunsten der Lösung eine collodiumähnliche Haut hinterläßt und beim Erhitzen verpufft. Mit Jod und concen-

trirter Schwefelfäure sowie mit Chlorzink-Jod färbt sich das Tunicin blau, und es wird, wie ich zeigte, weder von Diastase, noch von Pepsin oder Trypsin unter den günstigsten Versuchsbedingungen irgendwie angegriffen. Nach *Berthelot* unterscheidet sich das Tunicin durch seine Resistenz gegen Säuren von den vegetabilischen Cellulosen, auch soll es nicht wie letztere durch Fluorborgas in der Kälte verkohlt werden; in der procentischen Zusammensetzung stimmt es jedoch mit der Pflanzencellulose überein, wie folgende Analysen lehren:

	Berechnet	Gefunden bei					
		Phallusia mam- millata (<i>C. Schmidt</i>) (<i>Loewig</i>)		Cynthia papillosa (<i>Loewig</i>) (<i>Berthelot</i>)		Ciona intesti- nalis (<i>Payen</i>)	Pyrosoma atlanti- cum (<i>Schaefer</i>)
C ₆	44.44	45.38	43.40	43.20	44.6	44.5	44.09
H ₁₀	6.17	6.47	5.68	6.16	6.1	6.4	6.30
O ₅	49.39	(48.15)	(50.92)	(50.64)	(49.3)	(49.1)	(49.61)

Ueber die Bildung des Tunicins im Organismus der Tunicaten ist nur Histologisches ermittelt. «Der Cellulosemantel», sagt *O. Hertwig*, «ist keine persistente Eihaut. Er entsteht nicht aus den Testazellen, sondern zunächst als Cuticularbildung von den Epidermiszellen aus. Dieses Stadium findet sich dauernd erhalten im Mantel von *Doliolum* und *Appendicularia*, in welchem sich keine Formelemente vorfinden. Später wandern bei den Ascidien Epidermiszellen in den Mantel ein und bilden feine ursprünglichsten und auf einem gewissen Stadium allen Ascidienarten in derselben Form zukommenden zelligen Elemente. Die ursprüngliche Cuticularschicht der Epidermis verwandelt sich also später durch Zellenwanderung in wirkliche cellulose Binde substanz.»

II. Die Skeletine.

Das Chitin¹⁴⁾ besitzt wohl unter allen thierischen Gerüstsubstanzen die interessanteste Geschichte. Bereits 1823 von *Odier* entdeckt, in Folge eines leicht erklärlichen Irrthums aber für stickstofffrei gehalten, wurde es erst wieder im Jahr 1843 von *Laffaigue*, der es im Seidenwurme auffand und als stickstoffhaltig erkannte, zum Gegenstande der Untersuchung gemacht. Von dieser Zeit ab wird der Stickstoffgehalt des Chitins durchgehend aber weit zu hoch (von *Payen* zu 8,93—9,05%, von *Children* und *Daniell* zu 10,29%) angegeben, und andererseits wird auch von angeesehenen Forschern noch angenommen, daß das Chitin stickstofffrei (*Frémy*) oder nur eine Verbindung von thierischer Cellulose und einer albuminösen Materie sei (*Péligot*). Die Widersprüche verschwanden indeß bald, als *C. Schmidt* und *C. G. Lehmann* das Chitin analysirt hatten und zu Werthen gelangt waren, welche sich, wie wir jetzt, Dank den unermüdlichen Arbeiten von *Ledderhose* und *Sandwik* zu urtheilen berechtigt sind, von der Wahrheit nicht sehr weit entfernen. Nur in einer incorrècten Wiedergabe des festgestellten Thatbestandes liegt es begründet, wenn *Claude Bernard*¹⁵⁾ noch vor wenigen Jahren bemerkte, daß die Crustaceen mit Holz gepanzert seien.

Chitin.

Das Chitin ist die einzige Gerüstsubstanz aller Arthropoden; bei Repräsentanten zahlreicher Insectenordnungen, bei vielen Crustaceen und Arachnoïden ist es nachgewiesen, und auch bei den Myriopoden verdanken das Außen skelet, welches zugleich das ganze Darmrohr auskleidet, wie die inneren derberen Gewebsslamellen (Apodemen oder Sehnen) ihre Widerstandsfähigkeit und Elasticität ausschließlich dem Chitin. Eine analoge Differenz wie bei den Wirbelthieren, wo die äußere Deckschicht aus Keratin, das Binnenskelet aus Collagen gebildet ist, giebt es bei den Arthropoden nicht; selbst die Scheiden der Nervenfasern, welche bei den Wirbelthieren aus Neurokeratin bestehen, sind nach *Ewald's* und *Kühne's*

Verfuchen¹⁶⁾ an den starken Nervenfasern im Bauchmarke des Flußkrebseß aller Wahrscheinlichkeit nach chitinöser Natur.

Seitdem *Rud. Leuckart*¹⁷⁾ 1852 das Thierreich auf Chitin durchmußert hat, ist das Vorkommen des Chitins auch bei Thieren aus anderen als den 4 im Arthropodentypus vereinigten Classen wiederholt behauptet, doch nicht einwurfsfrei bewiesen worden. Erst ganz kürzlich wurde auf elementaranalytischem Wege sowie durch Reactionen und durch das Studium der Zeretzungsproducte endgültig entschieden, daß die Rückenfehlpen von *Loligo vulgaris* und die sog. Sepienknochen ächtes Chitin und zwar sehr reichlich enthalten, daß sich dieses daraus leicht und abfolut rein darstellen läßt. Ein gleicher Befund ergab sich weiterhin auch für *Lingula anatina*, in deren Schalen *Hilger* 1867 feltfamerweise kein Chitin, wohl aber sog. Chondrogen nachzuweisen vermochte, während *Schmiedeberg* 1882 richtig angab, daß die durch Salzfäure und Kalilauge gereinigte organische Substanz der Schalen von *Lingula anatina* keine Spur von Biuret- oder anderen Albuminoidreactionen gebe, aber alle Eigenschaften und Reactionen des Chitins besitze. Nach abwechselnder Behandlung mit verdünnter kalter Salzfäure und Kalilauge hinterlassen sowohl der Stiel als auch die Schalen von *Lingula* verhältnißmäßig reichliche Mengen von Chitin, welches nur in den Schalen von einem gegen Kalilauge ebenso unlöslichen Körper, wahrscheinlich von Conchiolin begleitet wird, während eine solche Beimengung in den Stielen vollständig fehlt. Weiteres ist über die Verbreitung des Chitins außerhalb des Arthropodentypus zur Zeit noch nicht ermittelt.

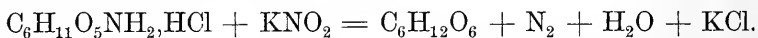
Die Sepienrückenschilder, welche jederzeit und überall in beliebiger Menge zu erhalten sind und nicht wie die Panzer der Krebse oder die Flügeldecken der Käfer von schwer zu beseitigenden Einlagerungen von Farbstoffen und deren ebenso widerstandsfähigen Umwandlungsproducten erfüllt sind, eignen sich jedenfalls am Besten zur Reindarstellung des Chitins. Die Organe werden nach-

einander mit kalter verdünnter Salzfäure ausgezogen und mit Kalilauge, Alkohol und Aether ausgekocht; zur völligen Entfernung der anorganischen Bestandtheile kann man das Chitin noch in concentrirter Salzfäure lösen und durch Wasserzuzatz wiederum ausfällen.

Das Chitin ist eine amorphe, schneeweiße Masse, welche die Form der Organe, welchen es entstammt, beibehalten hat, mehr oder weniger durchscheinend ist und beim Erhitzen verkohlt ohne zu schmelzen. Laugen verändern es selbst nach anhaltendem Kochen nicht, concentrirte Schwefelfäure wie concentrirte Salzfäure lösen es schon in der Kälte, anfangs, wie *Emmerling* bewies, ohne Zersetzung. Beim Eindampfen mit concentrirter Salzfäure liefert das Chitin neben humusartigen Massen Essigfäure, Butterfäure und als allein sicheres primäres Product ca. 90% salzsaures Glykofamin, welche Menge 70—75% freien Glykofamins entsprechen würde. Aehnlich scheint auch die Umsetzung des Chitins beim Kochen mit verdünnter Schwefelfäure zu verlaufen, während es mit Salpeterfäure einen im Wasser unlöslichen, nicht beim Schlag, wohl aber beim Erhitzen, getrocknet manchmal unter 112° C. explosirbaren Salpeterfäureäther liefert (*Sundwik*). Schmelzendes Kali verwandelt das Chitin in Ammoniak, Essigfäure, Butterfäure und Oxalfäure.

Das wichtigste Spaltungsproduct des Chitins ist zweifellos das salzsaure Glykofamin ($C_6H_{13}NO_5, HCl$). Dasselbe bildet farblose, harte, glasglänzende, monosymmetrische Krytalle, die sich bei 100° C. nicht zersetzen, in Wasser leicht, in Alkohol sehr schwer und in Aether ganz unlöslich sind; es schmeckt anfangs süß, besitzt aber einen bitteren, salzigen Nachgeschmack, ist rechtsdrehend, reducirt *Fehling'sche* Lösung ebenso stark als Traubenzucker, bei Einwirkung von concentrirter Natronlauge entsteht daraus Milchsäure und Brenzkatechin, und seine wässrigen Lösungen werden durch Fermente nicht in Gährung versetzt. Durch Einwirkung äquivalenter Mengen von salpeterfaurem oder schwefelfaurem Silber

sind aus der falzfauren Verbindung leicht das falzpeterfaure und schwefelfaure Salz darzustellen, das freie Glykofamin ($C_6H_{11}O_5 \cdot NH_2$) ist aber im krySTALLIRTEN Zustande noch nicht sicher zu erhalten gewesen. *Ledderhose*, dem wir diese werthvollen Aufschlüsse über das falzfaure Glykofamin verdanken, hat weiterhin gezeigt, daß beim Erwärmen von falzfaurem Glykofamin mit Silber resp. Kaliumnitrit Stickstoff entwickelt wird, und hat durch Messen des bei dieser Reaction gebildeten Stickstoffs festgestellt, daß die Zerfetzung nach folgender Gleichung verläuft:



Er hat den dabei entstehenden, voraussichtlich nach der Formel $C_6H_{12}O_6$ zusammengesetzten, zuckerartigen Körper nur in Form eines Syrups erhalten und nachgewiesen, daß derselbe die Ebene des polarisirten Lichtstrahles nach rechts dreht, auf *Fehling'sche* Lösung reducirend einwirkt, aber durch Hefe ebenfowenig wie das falzfaure Glykofamin in Gährung verferzt werden kann. *Tiemann* erhielt aus dem falzfauren Glykofamin durch Einwirkung von Salpeterfäure eine weiße, zähe Masse vom Aussehen des Traganthgummis, welche in Wasser gelöst und mit Calciumcarbonat gefällt das Calciumsalz der Ifozuckerfäure ($C_6H_8O_8Ca$) gab, welches durch Verferzen seiner wässrigen Lösung mit der genau äquivalenten Oxalfäuremenge und Eindampfen der vom Calciumoxalat abfiltrirten Flüssigkeit die freie Säure ($C_6H_{10}O_8$) in schönen, weißen, rhombischen KrySTALLen lieferte. Von derselben wurden die Baryum- ($C_6H_8BaO_8$), die Kupfer- ($C_6H_8CuO_8$) und die Silberverbindung ($C_6H_8Ag_2O_8$) analysirt und festgestellt, daß beim Erhitzen derselben weit über ihren Schmelzpunkt (bei $185^\circ C.$) hinaus Kohlenfäure und Wasser abgespalten werden und reichlich Brenzfchleimfäure ($C_5H_4O_5$) sublimirt; auch wurde durch Behandeln des in Alkohol vertheilten ifozuckerfauren Calciums mit Salzfäuregas der ifozuckerfaure Aethyläther ($C_4H_8O_4 \cdot 2CO_2C_2H_5$) gewonnen.

Analysen des Chitins aus:												
Formel nach <i>Ledderhofs</i>	Berechnet	Formel nach <i>Sundwik</i>	Berechnet	Arthropoden						Cephalopoden		
				(<i>C. Schmidt</i> , Mittel von 7 C., H. und 7 N.-bestimmungen)	(<i>Lehmann</i>)	(<i>Staedeler</i>)	(<i>Ledderhofs</i> , Mittel aus 12 C., H. und 2 N.-bestimmungen)	(<i>Ledderhofs</i> , Mittel aus 7 Analysen mit höheren C.-werthen)	(<i>Sundwik</i> , Mittel aus 9 C., H.-bestimmungen)	Rückenfüßchen v. <i>Loligo vulgaris</i> (<i>Krukenberg</i>)	Sog. Sepienknöcheln (<i>Krukenberg</i>)	
C ₁₅	45.69	C ₆₀	46.75	46.66	46.73	46.32	45.69	46.03	46.78	46.14	46.30	46.57
H ₂₆	6.60	H ₁₀₀	6.50	6.60	6.49	6.40	6.42	6.26	6.42	6.53	6.42	6.39
N ₂	7.10	N ₈	7.27	6.53	6.59	6.14	7.00	7.00	7.385 (<i>Bütschli</i>) 7.02 (<i>Emmerling</i>)	6.81	7.35	7.37
O ₁₀	40.61	O ₃₈	39.48	(40.21)	(40.19)	(41.14)	(40.89)	(40.71)		(40.52)	(39.93)	(39.67)

Die Resultate der vielen Elementaranalysen, welche über das Chitin vorliegen, und von denen die zuverlässigsten oben zusammengestellt sind, sowie die besprochenen Zeretzungsweisen desselben haben eine rationelle oder auch nur eine empirische Formel dem Chitin noch nicht gesichert. *Ledderhofs*, welcher die Essigsäure als gleichzeitig mit dem Glykofamin entstanden und als direct aus dem Chitin hervorgegangen ansieht, nimmt für das Chitin die Formel: C₁₅H₂₆N₂O₁₀ an und drückt die Bildung des sauren Glykofamins durch beistehende Gleichung aus:

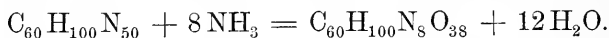


Sundwik faßt dagegen als primäres Spaltungsproduct des Chitins nur das Glykofamin, beziehungsweise die Glykose auf, welche letztere bei dem Proceß weiterhin in die stets zu beobachtenden humusartigen Massen, in Essigsäure und Butteräure zerfallen soll. Er giebt dem Chitin die allgemeine Formel: C₆₀H₁₀₀N₈O₃₈ + nH₂O, in welcher n zwischen 1 und 4 variiren kann, und findet eine Stütze für seine Ansicht darin, daß die verschiedenen Chitinanalysen zwar nicht untereinander, aber stets mit der Zusammensetzung eines der nach dieser Formel möglichen Hydrate übereinstimmen. *Ledderhofs* z. B., der bei 110°—120° C. das Chitin trocknete, fand bei seinen Analysen eine Gruppe von Präparaten, welche 45,04—45,10% C enthielten, und eine andere mit 45,82—46,18%,

aber keine mit dazwischen liegenden Werthen und stets einen viel geringeren Kohlenstoffgehalt als *Sundwik*, der das Chitin bei 132 bis 135° C. getrocknet und im Mittel von 9 Analysen 46,78% C, erhalten hat. Nach *Sundwik* geschieht die Spaltung des Chitins nach folgender Gleichung:



und er denkt sich das Chitin als Amin aus einem Kohlehydrate $\text{C}_{60}\text{H}_{100}\text{O}_{50}$ durch Aufnahme von 8NH_2 in folgender Weise entstanden:



Das ganze Exoskelet der Arthropoden wird von den darunter liegenden Zellen erzeugt, entweder indem diese die Chitinfsubstanz ausschwitzen, die dann erhärtet oder, was *Huxley*¹⁸⁾ speciell für die Krebse wahrscheinlicher ist, durch chemische Metamorphose der oberflächlichen Zone der Zellkörper zu Chitin. Wie es sich jedoch auch damit verhalten mag, jedenfalls bilden die Cuticularegebilde anliegender Zellen zuerst ein einfaches, zusammenhängendes dünnes Häutchen. Durch Wiederholung des Processes, durch den dieses entstanden ist, nimmt die Dicke der Cuticula zu. Das so an der Innenfläche der letztern hinzukommende Material hat aber nicht immer die gleiche Beschaffenheit, sondern ist abwechselnd dichter und weicher. Das dichtere Material bildet die zähen Blätter, das weichere die durchsichtigeren Zwischensubstanz. Die Menge der letztern ist anfangs sehr gering; daher liegen die äußeren Blätter sehr dicht auf einander. Später nimmt die Menge der Zwischensubstanz zu, und so entsteht die dicke Schichtung in der mittlern Region des Exoskelets, während sie in der innern unbedeutend bleibt.

Spongin.

Das Hornfasergerüst der Spongien¹⁹⁾ scheint aus zwei chemisch verschiedenartigen Substanzen zu bestehen, wenigstens wird die zartflockige, gleichsam verfilzte Materie, welche die Hornfäden überzieht, von 5%iger Natronlauge ziemlich rasch unter Ammoniakentwicklung gelöst, während die Fäden selbst dabei nicht

bemerklich angegriffen werden (*Staedler*). Kupferoxyd-Ammoniak vernichtet an den 20—30 Stunden lang zuvor mit Natronlauge digerirten Fäden die Elasticität und macht sie brüchiger, indem nur eine Spur organischer Materie ausgezogen wird; ohne vorausgegangene Behandlung mit Natronlauge sollen dagegen die Fäden durch das Reagens von außen stark angegriffen werden.

Das mit verdünnter Salzsäure und 5%iger, kalter Natronlauge ausgezogene Schwammgerüst, das Spongium *Staedler's*, wird von verdünnter kalter Natronlauge nicht wesentlich oder doch nur sehr langsam gelöst, leicht aber, wenn es damit gekocht wird. Concentrirte Schwefelsäure löst es unter schwacher Braunfärbung schon bei gelindem Erwärmen rasch auf; bei zehnstündigem Kochen mit der verdünnten Säure (1 : 4) wird eine geringe Ammoniakentwicklung wahrgenommen und Leucin, Glycin, aber kein Tyrosin erhalten. Concentrirte Salzsäure und Salpetersäure von 1,3 spec. Gew. lösen das Spongium ebenfalls beim Kochen, und in beiden Fällen erhält man anfangs farblose Lösungen. Das Spongium giebt nicht die *Millon'sche* Reaction, färbt concentrirte Salzsäure beim Kochen in keiner Periode blau oder violett und zersetzt sich beim Erhitzen, ohne vorher zu erweichen oder klebrig zu werden (*Poffelt*).

Als *Poffelt* und *Croockewit* ihre Analysen des Badeschwammes ausführten, war das differente Verhalten der organischen Schwammsubstanzen, welche Behandlung mit kalter, verdünnter Salzsäure, Aether, Alkohol und Wasser zurückläßt und worauf sich ihr Reinigungsverfahren beschränkte, noch unbekannt, und ihre Ergebnisse sind schon deshalb unzureichende geworden. Die Versuchsreihen beider Forscher weichen in ihren Resultaten, welche ich deshalb auch hier mitgetheilt habe, nur unbedeutend von einander ab, wenn schon die aus den Analysen berechneten Formeln zweifellos unrichtig sind, und die Zusammensetzung des Spongiums voraussichtlich auch wie die des Chitins, Conchiolins und Corneins auf 30 Kohlenstoff im Molekül hinausgehen wird. Reduciren wir die

aus den Analysen für das Spongin berechneten Zahlen auf 30 Kohlenstoffatome im Molecül, so erhalten wir für dieses die Formel: $C_{30}H_{46}N_9O_{13}$, welche mit den Befunden weit besser übereinstimmt als die von *Poffelt* berechnete Zusammensetzung ($C_{48}H_{75}N_{13}O_{22}$) oder als die von *Croockewit* ad hoc angenommene *Mulder'sche* Fibroinformel.

Analysen der Spongins.

	Be- rechnet	G e f u n d e n							
		<i>(Poffelt)</i>				<i>(Croockewit)</i>			
C_{30}	48.65	48.75	49.11	48.74	47.14	48.01	46.91	47.20	47.28
H_{46}	6.22	6.35	6.25	6.27	6.34	6.35	6.35	6.51	6.33
N_9	17.02	16.4	15.9	16.40	16.33		16.07		
O_{13}	28.11	(28.50)	(28.74)	(28.59)	(30.32)	(29.44)	(30.54)	(30.09)	(30.19)

Das Conchiolin²⁰⁾, welchen Namen 1855 *Frémy* dem in verdünnter, kalter Salzsäure unlöslichen organischen Bestandtheile der Muschelschalen beilegte, war kurz zuvor von *Koß* für identisch mit dem Chitin erklärt, später von *Schloßberger* wieder als ein Körper sui generis angesprochen und in jüngster Zeit von *Schmiedeberg* als eine albuminoide Substanz bezeichnet. Jetzt, wo der in Frage kommende Körper aus den Eierhüllen der Muriciden in großer Menge rein zu gewinnen war, läßt sich nachweisen, daß *Schloßberger's* Arbeit allein Werth besitzt, und auch die von ihm mitgetheilte Analyse der nach dem Entkalken der Austernschalen und Auskochen des organischen Rückstandes mit Kalilauge erhaltenen braunen Membranen stimmt gut zu den Procentzahlen, welche sich für das Conchiolin der Eikapfeln ergeben haben.

Das Conchiolin scheint in den Lingulafschalen das Chitin zu begleiten, in den Schalen von *Mytilus edulis* findet sich daneben aber kein Chitin vor und ein sehr sparsam verwendeter Mucin- oder Hornstoff hält in den meisten Eierballen der Profobranchier die einzelnen conchiolinösen Eikapfeln unter einander zusammen. Außerhalb des Molluskentypus ist diese Substanz bislang nicht nachgewiesen worden.

Beim Erhitzen schmilzt das Conchiolin, bläht sich auf und

hinterläßt eine schwer verbrennliche Kohle. Es wird von überhitztem Wasser nicht gelöst (*Schloßberger*), in der Kälte durch concentrirte Schwefelfäure, rauchende Salpeterfäure, concentrirte Salzfäure, Salpeterfäure und Kaliumchlorat innerhalb zwei Tagen nicht bemerklich verändert; nur concentrirte Chromfäurelösung greift das Conchiolin während dieser Zeit ersichtlich, aber auch nur langsam an. Beim Kochen löst es sich in concentrirter Schwefelfäure wie in Salpeterfäure auf Kaliumchloratzufatz sofort, in verdünnten Mineralsäuren, rauchender Salpeterfäure und concentrirter Salzfäure aber auch erst dann allmählig, während es von siedender Essigfäure gar nicht angegriffen wird. Laugen färben es schon in der Kälte citronengelb, verändern es augenscheinlich jedoch nicht weiter. Wenn schon anhaltendes Sieden mit concentrirter Kalilauge (1 : 1) das Conchiolin unter Bräunung nur schrumpfen macht, so bin ich doch der Ansicht, daß es von den Laugen nicht ganz intact gelassen wird, und beschränkte mich deshalb auch darauf, das zu den Analysen verwandte Material, nachdem es durch Salzfäure entkalkt, durch Pepsin- und Trypsineinwirkung von den Eiweißkörpern befreit war, nur 48 Stunden mit verdünnter Natronlauge zu maceriren und nicht mit Kalilauge auszukochen. Die Widerstandsfähigkeit des Conchiolins gegen Alkalien scheint um so beträchtlicher zu sein, je länger daselbe angebildet war oder, mit anderen Worten, je älter es ist. Altes Conchiolin (und ebenso verhält sich auch das gleich näher zu besprechende Cornein) zeigt eine ähnliche Verfärbung als die ist, welche Alkalien an völlig farblosen und reinen Präparaten hervorrufen; dieser gelbliche oder bräunliche Farbenton scheint durch kein besonderes Pigment bedingt zu sein, sondern dem Conchiolin wie Cornein als solchen anzugehören, wenn gleich derselbe letzterm durch kalte, rauchende Salpeterfäure leicht zu benehmen ist. Zum Unterschiede hiervon bietet das Chitin in allen Vorkommnissen die gleiche weiße Farbe dar, gewöhnlich nur imprägnirt mit fremdartigen Pigmenten.

Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure entsteht aus dem Conchiolin Leucin, niemals Cornikrytallin, und auch Tyrosin, Glycin, wie ein auf alkalische Kupferfulfatlösung bei Siedetemperatur desoxydierend wirkender Körper sind unter den Spaltungsproducten nicht nachgewiesen; beim Eindampfen mit concentrirter Salzsäure bildet sich aus ihm kein Glykofamin, sondern, wie es scheint, hauptsächlich ebenfalls nur Leucin. Das Conchiolin giebt keine einzige der für die Eiweißstoffe charakteristischen Farbenreactionen; es röthet sich nicht beim Kochen mit *Millon's* Reagens, färbt sich bei der Xanthoproteinreaction auf Ammoniakzusatz nur gelb oder braungelb, niemals rothbraun, und concentrirte Salzsäure nimmt beim Kochen mit Conchiolin weder eine purpurne, noch eine violette oder blaue Färbung an; ebenso verfaßt die Reaction von *Adamkiewicz*, welche allerdings auch nur eine beschränkte Anzahl echter Eiweißstoffe in prägnanter Weise darbietet. Höchstens können die minimalen Indolmengen, welche man beim Schmelzen des möglichst gereinigten Conchiolins mit Kali auftreten sieht, vermuthen lassen, daß ein allen Eiweißkörpern eigenthümlicher Atomcomplex auch im Conchiolin erhalten blieb.

Aus beigefetzten Analysen berechnet sich für das Conchiolin die Formel: $C_{30}H_{48}N_9O_{11}$.

Analysen des Conchiolins:

	Be- rechnet	Gefunden für						
		die Eierkapfeln von						die brau- nen Häute in den Auferfaha- len (<i>Schloss- berger</i>)
		Murex trunculus (<i>Krukenberg</i>)				Bucci- num un- datum (<i>Kruken- berg</i>)		
		I. Präparat		II. Präparat				
C_{30}	50.70	50.78	50.88	—	51.22	51.00	50.72	50.7
H_{48}	6.76	6.71	6.81	—	7.01	7.04	6.82	6.5
N_9	17.75	17.88	17.74	17.79	17.99		17.92	16—16.7
O_{11}	24.79	(24.70)	(24.54)	—	(23.78)	(23.97)	(24.54)	(26.1)

Byflusub-
ftanz.

Ebenso wie das Spongini ist auch der in siedender Kalilauge unlösliche Theil des Secretes der bei gewissen Lamellibranchiaten

sich findenden Byffusdrüse²¹⁾, welcher bei *Pinna nobilis*, *Dreissena polymorpha* von *Schloßberger*, bei *Mytilus galloprovincialis* von mir, allerdings nur sehr ungenügend untersucht wurde, einer weitem Nachforschung in hohem Grade bedürftig.

Der Byffus wurde von *Lavini* und *Scharling* zu den Hornge-
weben gestellt, von *Leuckart* für Chitin erklärt, fein in siedender
Kalilauge unlöslicher Bestandtheil scheint mir jedoch die nämlichen
chemischen Eigenschaften wie das Conchiolin zu besitzen; er verhält
sich gegen Säuren und Alkalien ziemlich genau so wie jenes, und
auch die Zersetzungsproducte sind, soviel sich eben darüber ausfragen
läßt, in beiden Fällen die gleichen. Ich würde sogar nicht anstehen,
beide Substanzen für identisch zu erklären, wenn nicht die Ana-
lysen von *Schloßberger*, welchen zu mißtrauen ich keinen Grund
kenne, für die Byffussubstanz einen weit niedrigeren Stickstoffgehalt
ergeben hätten als für das Conchiolin. Der mechanisch, dann
durch Auskochen mit Wasser, Alkohol und verdünnter Salzfäure
gereinigte Byffus gab 13,5—13,9% Stickstoff, während die nach
vollkommener Extraction mit kochender Kalilauge zurückbleibenden,
gelbbraunen, sehr brüchigen Bänder nur noch 12,2—12,6% Stick-
stoff enthielten.

Da eine eingehendere Arbeit über die Byffussubstanzen bevor-
steht, so will ich mich hier des Weiteren darauf beschränken, von
Schloßberger's Befunden am *Pinna*-Byffus nur noch folgende her-
vorzuheben: Beim Erhitzen verkohlen die Byffusfäden ohne zu
schmelzen, mit Beibehaltung ihrer Form (wie Chitin). Kalte wie
siedende Essigfäure lassen die Fäden unverfehrt und auch mehrtägige
Berührung mit feuchtem Chlorkalk verändert deren Structur kaum.
Nach einer Stunde langem Kochen mit Wasser unter 6 Atmo-
sphärendruck war der Byffus nur etwas brüchiger geworden; «die
über ihm befindliche Flüssigkeit war gelb, leimte und gelatinirte
nicht, gab aber mit Gerbfäure reichliche Flocken».

Das Cornein²²⁾, die Gerüstsubstanz der Gorgoniden und Anti-Cornen.

pathiden, stimmt in den meisten Reactionen mit dem Conchiolin überein: eine Aehnlichkeit, welche bereits *Frémy* aufgefallen war. Ebenso ist seine Reingewinnung die nämliche wie die des Conchiolins; doch auf's Bestimmteste unterscheidet sich von diesem das Cornein in folgenden Punkten: Es röthet sich, ohne aber eine andere Eiweißreaction zu geben, beim Kochen mit *Millon's* Reagens, verhält sich weniger resistent als das Conchiolin beim Kochen mit rauchender, concentrirter Salpetersäure wie überhaupt den concentrirten Säuren gegenüber, entwickelt mit Kali geschmolzen ansehnliche Mengen von Indol und liefert beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure neben Leucin einen in dachziegelförmig aufgebauten Plättchen krystallisirenden, äußerst hygroskopischen Körper, der nur in concentrirter Schwefelsäure als unlöslich, darin aber als jahrelang haltbar befunden wurde, das CornikrySTALLIN. Die unten mitgetheilten Analysen deuten an, daß sich das Cornein zum Conchiolin wie die Oxalsäure zum Aethylenalkohol verhält, indem an Stelle von 4 Wasserstoff im Conchiolin 2 Sauerstoff getreten sind. Während *Frémy* die Achse einer unbestimmten Gorgonenspecies aus 49,4 Kohlenstoff, 6,3 Wasserstoff, 16,8 Stickstoff und dementsprechend aus 27,5 Sauerstoff bestehend fand, ergab mir das nach Art meiner Conchiolinpräparate besser gereinigte Cornein folgende Werthe:

	Be- rechnet	Gefunden bei				
		Rhipidogorgia flabellum		Gorgonia verrucosa		Anti- pathes
C ₃₀	48.78	48.92	48.96	48.86	49.18	48.86
H ₄₄	5.95	5.68	5.93	5.80	5.83	6.26
N ₉	17.07	17.06		16.76		16.60
O ₁₃	28.20	(28.34)	(28.05)	(28.58)	(28.23)	(28.28)

Ueber die Genese der Hornachse von *Gorgonia verrucosa* sowie der von *Antipathes* haben die Arbeiten *G. v. Koch's*²³⁾ einen werthvollen Aufschluß erteilt. Nach *v. Koch's* Untersuchungen

entsteht das Achsen skelet von *Gorgonia verrucosa* nicht durch Verhornung der Bindefsubstanz des Cönenchyms, sondern es ist ein Ausscheidungsproduct der Achsenepithelzellen, und ebenso wird auch das Binnenskelet bei *Antipathes* «von einer Zellschicht (Achsenepithel) ausgefchieden, welche sich innerhalb der dünneren Bindefsubstanzlamelle, die eine Fortsetzung der Polypenwand ist, befindet und weder mit Ectoderm noch mit Entoderm in Verbindung steht».

Noch eine Substanz bleibt uns zu betrachten übrig, welche sich den bisher abgehandelten Skeletinen, besonders dem Spongine, mit welchem sie auch von *Croockewit* identificirt wurde, in ihren Eigenschaften und, wie wir sogleich erfahren werden, auch in ihrer chemischen Zusammensetzung eng anschließt: das Fibroin²⁴⁾.

Fibroin und
Sericin.

Die theils blinddarmähnlichen, theils baumartig gelappten, wohl auch birnförmig gestalteten Spinnrüfen oder Sericterien, welche einige Abtheilungen der Arthropoden auszeichnen, sondern kurz vor der Puppenperiode oder, was nur selten (z. B. bei den Phryganeen) vorkommt, im ganzen Larvenstadium eine zähe Flüssigkeit ab, welche bei ihrem Hervortreten aus den Secretgängen, zu einem Faden ausgezogen, an der Luft erstarrt. Die betreffenden Arthropoden bereiten sich auf diese Weise Gespinnste, welche ihnen Schutz gegen feindliche Eingriffe gewähren, ihnen zum Auskleiden von Erdhöhlen, zum Aufbau der Gehäuse dienen oder, wie z. B. die sog. Herbstfäden den *Xyfticus*-, *Pachygnatha*- und *Micryphanthus*-Arten, zur schnellen Ortsbewegung behülflich sind.

In diesem Secrete, von welchem z. B. die Seidenraupen im reifen Zustande nach *Péligot*²⁵⁾ etwa 8—10% ihres Gewichtes entleeren, treffen wir, wenn dasselbe fest geworden ist, sowohl bei Spinnen wie bei den Lepidopterenchrysaliden das Fibroin an; daneben findet sich der sog. Seidenleim, das Sericin, auf welches wir später noch zurückkommen werden.

Wird Rohseide nacheinander mit Wasser, Alkohol, Aether,

kalter 5%iger Natronlauge und mit Salzfäure ausgelaugt, darauf mit Wasser ausgewaschen oder mit Wasser stundenlang auf 133° C. erhitzt und dann mit Aether und Alkohol extrahirt, so bleibt das Fibroin als eine farblose, der entschälten Seide ähnliche, zu zartem Pulver zerreibliche Masse zurück. Dasselbe löst sich in concentrirter Salz- und Schwefelfäure rasch schon in der Kälte und wird in pulverisirtem Zustande auch von siedender Essigfäure (nach mehrstündigem Kochen), sowie von concentrirter Kalilauge, von Kupferoxyd- und Nickeloxydulammoniak aufgelöst; Säuren fällen aus den Metallsalzlösungen farblose Flocken, welche sich bei Säureüberschuß wieder lösen. Eiweißreactionen soll das Fibroin nicht geben, obgleich es, mit Barythydrat auf 150°—180° C. erhitzt, dieselben Zeretzungsproducte wie die Eiweißkörper liefert, beim Kochen mit verdünnter Schwefelfäure Spuren von Ammoniak entwickelt und in Leucin, Tyrofin und Glykocoll zerfällt. *Cramer* nahm für das Fibroin die Formel: $C_{30}H_{46}N_{10}O_{12}$ an, welche sich meines Erachtens nur wenig von der Wahrheit entfernen kann, und der, wie beistehende Tabelle zeigt, die besseren Analysen auch annähernd entsprechen.

Analysen des Fibroins:

Formel nach <i>Cramer</i>	Berechnet	Gefunden						
		(<i>Mulder</i>)	(<i>Staedeler</i>)	(Cramer)		(<i>Vogel jr.</i>)	(Bolley)	
C_{30}	48.77	47.83	48.60	48.39	48.06	49.99	47.08	48.50
H_{46}	6.24	6.54	6.40	6.51	6.02	6.88	7.20	6.58
N_{10}	18.97	17.36	18.89	18.40	18.21	19.03	17.70	18.89
O_{12}	26.02	(28.27)	(26.11)	(26.70)	(27.71)	(24.10)	(27.02)	(26.03)

Wir wissen von einer ganzen Reihe thierischer Gerüstsubstanzen, daß sie sich im Jugendzustande gegen chemische Einwirkungen, ja selbst in ihrer chemischen Zusammensetzung anders verhalten als im Alter. So erfuhren wir bereits, daß sowohl beim Cornein wie beim Conchiolin (und daselbe gilt auch für die Byffussubstanz)

«die Unlöslichkeit in Alkali meist um so ausgesprochener ist, je mehr diese Stoffe eine gewisse Entwicklung oder ein bestimmtes Alter erreicht haben»²⁶⁾). Noch auffälliger sind Altersdifferenzen dieser Art bei dem Elastin, und, dem Folgenden vorgreifend, sei auch schon hier bemerkt, daß die keratinöse Substanz, welche die Selachiereierchalen bildet, anfangs durch Pepsin- und Salzsäure leicht zu verdauen, später aber für diese ebenso unangreifbar wie die übrigen Hornsubstanzen geworden ist. *Bolley's* Analysen weisen bei dem Fibroin, *Schloßberger's* Befunde bei der Byffussubstanz auch darauf hin, daß beide Materien mit der Zeit nicht nur schwerer angreifbar für chemische Agentien, sondern, wie wahrscheinlich auch die Hornsubstanzen, zugleich stickstoffreicher werden. Handelt es sich jedoch darum, in überzeugender Weise darzuthun, daß so ziemlich alle der hier aufgezählten thierischen Gerüstsubstanzen frisch angebildet oder fecernirt ganz andere Eigenschaften besitzen als auf einer höheren Altersstufe, wo sie ihrer physiologischen Bestimmung erst entsprechen, so bietet uns die Seide unzweifelhaft das instructivste Beispiel dar; man könnte sich fast versucht fühlen, für die durch ihre verästelten Riefenkerne schon histiologisch so merkwürdigen Zellen der Sericterien bei den Schmetterlingsraupen einen ebenso mysteriösen Einfluß auf das Flüssigbleiben des Spinnrüfensaftes anzunehmen, als ein solcher den unsehnbaren Endothelien der Gefäßwandung als fibringerinnungshinderndes Moment zuerkannt wird.

Ganz im Gegensatze zu dem Fibroin, dessen große Widerstandsfähigkeit den gewöhnlichen Lösungsmitteln gegenüber wir soeben kennen gelernt haben, besitzt der frische Seidenfaden eine bernstein- bis goldgelbe Farbe, ist durchsichtig, zähe, löst sich in Wasser zur neutralen goldgelben Flüssigkeit, welche beim Kochen ohne zu gerinnen aufschäumt, beim Stehen zur zitternden Gallerte erstarrt und sich beim Kochen nicht wieder völlig klärt. Die Lösung ist in der Hitze fadenziehend und scheidet auf Säurezusatz ein flockiges Gerinnfel ab, welches sich bei Säureüberschuß nicht auflöst; sogleich

mit viel Säure verfetzt, bleibt sie klar, erfarrt aber nach einigen Stunden zur Gallerte. Die Lösung färbt sich beim Kochen mit concentrirter Salzsäure schmutzig violett, wird durch Natronlauge, Kalkwasser, Sublimat, Höllenstein oder Blutlaugensalz nicht verändert und entwickelt, mit Natronlauge gekocht, auf Salzsäurezufatz kein Schwefelwasserstoffgas; Bleizucker und Kupferulfat erzeugen in der ursprünglichen Lösung einen gallertigen, Gerbfäure einen flockigen Niederfchlag.

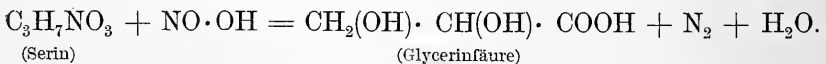
Dieser frische Seidenleim, der an der Luft zur Seide erhärtet, ist nach *Bolley* nichts anderes als weiches Fibroïn, welches sich beim Spinnen oberflächlich in Seidenleim (Sericin) umfetzt. Das Sericin geht aus der Rohseide in die wässrige Abkochung über, läßt sich aus dieser durch Bleiessig fällen und stellt, aus der Bleiverbindung durch Schwefelwasserstoff abgefchieden ein weißes, geruch- und geschmacklofes Pulver dar, welches sich, wie die beistehend mitgetheilten Analysen lehren, in seiner chemischen Zusammensetzung nicht sehr weit vom Fibroïn entfernt, sich von diesem aber durch seine Löslichkeit in Wasser wie durch seine Zerfetzungsproducte unterscheidet. Schon in kaltem Wasser quillt das

Analysen des Sericins:

	Berechnet	Gefunden	
		Mittelwerth (<i>Cramer</i>)	(<i>Bolley</i>)
C ₃₀	44.67	44.32	44.29
H ₅₀	2.61	6.18	5.81
N ₁₀	1.762	18.30	18.64
O ₁₆	31.50	(31.20)	(31.26)

Sericin auf, löst sich in heißem und bildet dann, ähnlich dem Glutin, beim Erkalten eine gelatinirende Masse. Aber auch vom Glutin unterscheiden es schon seine Zerfetzungsproducte; denn Sericin giebt beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure kein Glykocoll

und nur wenig Leucin, wohl aber etwa 5% Tyrosin und 10% Serin (die in Prismen krytallisirende Glyceramin- oder Amidomilchsäure), welches mit salpetriger Säure in Glycerinsäure übergeht:



Ueber die Genese des Fibroïns ist nichts Näheres ermittelt; doch möchte ich die Angabe von *Péligot* nicht unerwähnt lassen, daß die Seidenraupen, wenn sie bereits die ersten Fäden gesponnen haben, grüne oder weiße, harnsäurereiche Excrete bilden, während sie später eine farblose, in Folge des Gehaltes an 1,5% Kaliumcarbonat alkalische Flüssigkeit absondern.

Die Formeln für die einzelnen Skeletine.

Chitin		Conchiolin	Cornein	Spongïn	Fibroïn	Sericin
(<i>Sundvik</i>) Halbirte Formel	(<i>Ledder- hofs</i>) Verdoppelte Formel					
		(Krukenberg)			(Cramer)	
C ₃₀	C ₃₀	C ₃₀	C ₃₀	C ₃₀	C ₃₀	C ₃₀
H ₅₀	H ₅₂	H ₄₈	H ₄₄	H ₄₆	H ₄₆	H ₅₀
N ₄	N ₄	N ₉	N ₉	N ₉	N ₁₀	N ₁₀
O ₁₉	O ₂₀	O ₁₁	O ₁₃	O ₁₃	O ₁₂	O ₁₆

Wenn ich mich veranlaßt sah, die besondere Gruppe der Skeletine aufzustellen, so geschah das weniger aus dem Grunde, weil die in ihr vereinigten Stoffe durch ihren Schwefelmangel und das Fehlen aller entscheidenden Reactionen so sehr von den Eiweißkörpern abweichen, daß es völlig willkürlich sein würde, sie als Albuminoïde zu bezeichnen, sondern weit mehr noch deshalb, weil dieselben (wie schon ein flüchtiger Blick auf beistehende Tafel lehren dürfte), vielleicht mit Ausnahme des Chitins, dem wir überdies eine Sonderstellung unter den Skeletinen eingeräumt haben, in ihrer chemischen Zusammensetzung so außerordentlich verwandt erscheinen. Der von *Staedler*, *Ledderhofs*, *Tiemann* u. A. geäußerten Ansicht, daß bei chemisch so complicirt gebauten Substanzen, wie es die Skeletine sind, und welche keine Verbindungen mit anderen Körpern eingehen, deren Reingewinnung ferner mit ausnehmenden Schwierigkeiten verbunden ist, die Berechnung einer chemischen Formel durch die Analysen allein, ohne genaue Kenntniß der Spaltungsproducte, nicht ermöglicht wird, schließe ich mich vollkommen an; aber wenn ich auch zugestehe, daß die von *Cramer*

für das Fibroin und Sericin berechneten Werthe von den gefundenen erheblich abweichen, so kann ich mich doch nicht des Gedankens erwehren, daß die durch die Analysen gefundenen Beziehungen, wenn auch mit geringfügigen Abweichungen, zwischen den einzelnen Skeletinen thatfächlich bestehen. Auf diesen Nachweis lege ich kein geringes Gewicht; denn ich glaube dadurch den Schlüssel gefunden zu haben, mit welchem das dunkle Gebiet der Eiweißstoffe, wenn auch erst im Laufe der Jahre, zu erschließen fein wird. Durch das Studium der Skeletine und ähnlicher Substanzen wird sich sicherlich am Leichtesten entscheiden lassen, von welchen Seitenketten im Molecül die einzelnen Eiweißreactionen abhängig zu machen sind, und die Erfahrungen an der Summe der hierhin zählenden Körper werden dann auch zu ersetzen vermögen, was uns an Speciellern über ein und dieselbe Substanz zu ermitteln verfaßt ist.

Das Chitin weicht in seinen Zersetzungsproducten wie in seiner procentischen Zusammensetzung zu sehr von den übrigen Skeletinen ab, als daß an eine nähere Beziehung desselben zu jenen vorerst gedacht werden könnte; vielen Reactionen nach ließe es sich weit besser einer andern Gruppe der Gerüstsubstanzen, nämlich den Hyalogenen einreihen, doch da daselbe keine Eiweißreactionen giebt, kann es weder als ein ächtes Hyalogen, noch, wegen seiner Unlöslichkeit für Wasser, als ein ächtes Hyalin betrachtet werden.

III. Die albuminoïden Substanzen.

Die Hyalogene und Hyaline.

Bei den Wohnröhren mehrerer Borstenwürmer, bei der Haut gewisser Holothuriensformen, bei den Matrixzellen der Schlangenhaut, beim Knorpelgewebe der Säugethiere, bei den Blasen der Echinocoeen, bei den Gummineen oder den Gummifschwämmen (*Chondrosia reniformis*) und gewiß noch an unzähligen anderen Plätzen im Organismus stößt die Forchung, wie ich kurz schon

vorhin (S. 192) bemerkte, auf Materien, welche die wesentlichen Eiweißreactionen (so vor allem die Violettfärbung beim Kochen mit concentrirter Salzfäure, die Xanthoprotein- und die *Millon'sche* Probe) mehr oder weniger vollkommen zeigen, welche sich aber dadurch von allen echten Eiweißkörpern unterscheiden, daß sie, ohne oder unter Abnahme ihres Schwefel- und Stickstoffgehaltes beim Kochen mit verdünnten Mineral Säuren, bei Behandlung mit kalter Natronlauge oder durch vitale, nervöse Einfüsse (so bei den *Holothuriern*), manche vielleicht auch schon durch die Einwirkung proteolytischer oder amylolytischer Enzyme in für Wasser leicht lösliche, stickstoffhaltige Körper, in Hyaline übergehen, welche durch weitergehende Umsetzungen schließlich reine Kohlehydrate ergeben; wie ich S. 193 bereits ebenfalls bemerkte, ist dieser Wechsel in den Reactionen aber nur am Spirographin genau verfolgt, in den übrigen Fällen stieß kein Nachweis auf unüberwindliche, experimentelle Schwierigkeiten.

Die Zusammensetzung der Hyalogene²⁷⁾, welche uns, da die Hyaline in wässrigen Flüssigkeiten durchgängig leicht löslich sind und deshalb als Stützsubstanzen direct keine Bedeutung besitzen können, streng genommen hier allein angehen, haben jedenfalls eine sehr verwickelte chemische Structur, und diese muß uns nach den Analysen noch weit complicirter erscheinen als sie es in Wahrheit sein wird, weil die Hyalogene sehr labiler Natur sind und mit den hyalinen Spaltungsproducten häufig schon in ihrem natürlichen Vorkommen gemischt sind oder, wenn das nicht der Fall ist, bei den angewandten Reinigungsverfahren ganz regelmäßig zum Theil in Hyaline umgesetzt werden. Die beiden näher untersuchten, in größerer Menge zu erhaltenden und leichter zu reinigenden Hyalogene, das Spirographin und das Hyalin *κατ' ἐξοχήν* — letzteres von *Lücke* in den *Echinococcus*blafen entdeckt und von *Hoppe-Seyler* benannt, — bieten als solche keine Besonderheiten dar; ein weit größeres chemisches Interesse fällt aber den

Hyalinen zu, durch deren Eigenschaften auch die zugehörigen Hyalogene allein zu charakterisiren sind. Die besser bekannt gewordenen Hyaline, welche im reinen Zustande keine Eiweißreactionen mehr aufweisen, unterscheiden sich von einander vornehmlich durch ihren abweichenden Stickstoffgehalt und durch ihr Verhalten zu den Metallsalzen. So verbindet sich das durch die Chloride des Baryums, des Eisens, des Chroms und des Zinns, nicht aber durch Calciumsalze fällbare Spirographidin mit ca. 37% Eisen und mit 48,87% Zinn; das mit Calcium- wie mit Eisenphosphat unlösliche Doppelsalze gebende Onuphin bindet dagegen 34—56% Eisenphosphat, und von der lediglich durch neutrale Ferricumsalze, durch basisches Bleiacetat und Zinnchlorid, nicht aber durch die Chloride des Calciums, Baryums und Chroms niederzuschlagenden Chondroitinsäure sind nur Salze bekannt geworden, welche 10—12% Eisen oder etwa 39% Blei enthalten; auf Zusatz von Silbernitrat wie Quecksilberchlorid bleiben sämmtliche, bislang untersuchten Hyaline gelöst. Eine Reingewinnung der Hyaline ist immer noch nicht gelungen, und es ist jetzt gewiß sehr fraglich, ob dieselben im freien Zustande überhaupt existenzfähig sind; der Aschengehalt der Chondroitinsäure ließ sich im günstigsten Falle auf 7,4% reduciren, der des Onuphins betrug 10—15% und der des Spirographidins sogar noch 17,4—23%. Unser stellenweise sehr dürftiges Wissen von den Hyalogenen und ihren Derivaten habe ich vor einem Jahre gelegentlich zusammengestellt; eine Vervollständigung durch fortgesetzte Untersuchungen hat daselbe inzwischen nicht erfahren, und so kann denn auch die damals gegebene Uebersicht, welche auf S. 219 reproducirt ist, noch jetzt zur Orientirung dienen.

Die Substanzen, welche unter der landläufigen Bezeichnung «Mucine» gehen, sind in der Regel nichts anderes als durch Hyaline oder Kohlehydrate verunreinigte Eiweißstoffe, vorausgesetzt daß in solchen Fällen nicht ganz andersartige Verun-

Tabellarische Zusammenstellung der Substanzen aus der Hyalgruppe.

Hyalogen	Zugehöriges Hyalin	Bei der Um- setzung biswei- len auftretender Körper aus der Eiweißgruppe	Reines Kohlehy- drat als Endpro- duct der Umsetzung
Hyalogener Be- standtheil des Knor- pels	Chondroitinsäure (als Eisensalz: $C_{28}H_{51}SN_3O_{30}Fe_2$)		Linksdrehende Chondroglykose, die sich durch Gärung (ähnlich der Melitose) in einen gährenden und nicht gährungs- fähigen Zucker spal- tet (<i>J. de Bary</i>)
Metalbumin, Mucin zum Theil	zum Theil		Thierisches Gummi ($C_{12}H_{20}O_{10}$)
Hyalogen in der Schlangenhaut, beim Häutungsprozesse sich erst in größerer Menge bildend. Von <i>de Luca</i> für Cellu- lose gehalten	<i>de Luca's</i> reduci- rend wirkender Körper		
Hyalogener Be- standtheil der Wohn- röhren von <i>Onu- phis tubicola</i>	Onuphin ($C_{24}H_{43}NO_{18}$)	<i>Schmiedeberg's</i> Albuminoid (?) (45,35% C. 6,60% H)	<i>Schmiedeberg's</i> Dex- trinoid
Spirographin	Spirographidin ($C_{35}H_{70}N_9O_{25}$)	Spirographem	Glykose (?)
Hyalogener Be- standtheil des sog. Schneckenmucins (<i>Helix pomatia</i>)	Achrooglykogen		Dextrin und Gly- kose
Sog. Hyalin der Echinococcus- blasen ¹⁾	(nicht untersucht)		Gährungsfähiger, rechtsdrehender Zucker (Glykose?)
Chondrofin (aus <i>Chondrosia reni- formis</i>)	(noch ununtersucht gelassen)		Gährungsfähige, krySTALLISIRENDE Zuckerart (Glykose?)

¹⁾ Obgleich der Aschegehalt bei jüngeren (15,80%) und älteren (0,29%) Echinococcusblasen erheblich abweicht, unterliegt die elementare Zusammen-
setzung nur geringen Schwankungen. *Lücke* fand für jüngere Häute 44,07% C,
6,71% H, 4,48% N, 44,74% O und für ältere 45,34% C, 6,55% H, 5,16% N,
42,95% O.

reinigungen eiweißartigen Massen eine schleimige Beschaffenheit verleihen, welche dann, wie z. B. das aus Eiweiß und Gallensäuren bestehende sog. Gallenmucin, ohne genauere Prüfung ebenfalls für Mucine ausgegeben wurden. Nach Abtrennung der Hyalogene, der Hyaline und ihrer Endproducte von reiner Kohlehydratnatur ist zwischen den sog. unlöslich gewordenen Mucinen und den Hornstoffen keine Grenze mehr zu ziehen; im physiologischen Sinne decken sich beide Begriffe vollständig.

Es wird sich kaum verkennen lassen, daß, indem wir unsere Betrachtungen der thierischen Gerüstsubstanzen mit dem Tunicin begannen, durch die Skeletine hindurch weiterführten und dann zu den Hyalogenen gelangten, wir von chemisch einfacher constituirten Verbindungen zu immer complicirter werdenden vorgerückt sind. Noch mehr erhellt diese Steigerung der Complicirtheit in der Zusammenfassung, wenn wir die Analysen und die Spaltungsproducte derjenigen Albuminoide mit in Vergleich ziehen, deren Besprechung uns noch bevorsteht: der Collagene, der Keratine und der Elastine. Entsprechend dem verwickeltern chemischen Gefüge, der Annäherung an die echten Eiweißstoffe constatiren wir dann die auch von *Drechsel*²⁸⁾ hervorgehobene Thatfache, daß im Gegensatze zum Tunicin und den Skeletinen, welche, soviel wenigstens bis jetzt ermittelt werden konnte, ein ausschließlicher Besitz wirbelloser Thiere sind, die Collagene, die Keratine und die Elastine hauptsächlich bei den Vertebraten vorkommen und in analoger Weise, als die Nachforschungen über die Verbreitung des Häoglobins ergeben haben, nur hier und da bei einer kleinen Gruppe oder bei nur wenigen Vertretern der Wirbellofen ganz vereinzelt auftreten. Ich brauche indeß wohl kaum weiter auszuführen, daß über die Verbreitung der Gerüstsubstanzen weit schwieriger eine Gewißheit zu erzielen ist als bei den Farbstoffen; denn des äußeren Stempels der Uebereinstimmung oder Verschiedenheit, welchen letztere an sich tragen, entbehren die Gerüstsubstanzen ganz; wo

man glaubte, auch sie fogleich als das, was sie sind, erkennen zu können, hat man sich nahezu allemal bitter getäufelt: der Schleier, der die wahre Natur der Gerüstsubstanzen uns verhüllt, ist, so lehrt die Geschichte, nur durch die intensivsten Untersuchungen zu lüften. Bei dieser Sachlage verdient nun aber der Umstand alle Beachtung, daß die echten Eiweißkörper sich nicht wie die Albuminoide vorherrschend bei den Wirbelthieren an dem Aufbaue der Stützvorrichtungen betheiligen, sondern daß sie eine mächtigere Entfaltung nach dieser Richtung hin nur im Bereiche der Wirbellofen erfahren: unter den Echinodermen, speciell bei den Asteriden, vielleicht auch bei den Echiniden wie Crinoïden (aber nicht schon mehr bei vielen Holothurioïden) und außerdem noch unter den Zoophyten, z. B. bei den Medusen.

Können wir, was die Verbreitung im Thierreiche anbetrifft, die Collagene, Keratine und Elastine in eine Parallele mit dem Hämoglobin bringen, so werden die Hyalogene durch ihren umfangreichen Verbreitungskreis den Lipochromen an die Seite zu stellen sein; denn ihrer werden sich, wenn schon die Acten darüber keineswegs geschlossen sind, voraussichtlich sämmtliche Organismen bedienen, wenn es gilt, untauglich gewordene Gewebe abzustossen, innere Theile durch andersartige zu ersetzen oder gewisse Stoffwechselproducte secretionsfähig zu machen.

Das Bindegewebe, das elastische Gewebe, das Knochen-, Knorpel- und Zahngewebe bilden bei sämmtlichen Wirbelthieren (auch *Amphioxus* ist, entgegen der irrigen Behauptung von *Hoppe-Seyler*,²⁹⁾ dabei nicht auszuschließen) eine histiologisch wie chemisch zusammengehörige Gruppe. Das histiologisch Gemein-same dieser auf den ersten Blick sehr verschiedenartig aussehenden Structuren liegt darin, daß eine als Zellenderivat oder Zellenausscheidung betrachtete und deshalb gewöhnlich Intercellularsubstanz genannte Grundmasse mit eingelagerten Zellkörpern in allen vorhanden ist. Ferner in ihrer Molecularstructur: die Analyse im polarisirten

Die Collagene.

Lichte erweist jene Grundsubstanz aus zahlreichen, kleinsten, einachsigen, positiv doppelt brechenden Körperchen zusammengesetzt, welche mit ihrer Hauptachse der Längsrichtung jener Zellenkörper, die meist länglich-oval sind, oder deren Flächenausdehnung parallel liegen. In chemischer Beziehung stimmen sie, ausgenommen das elastische Gewebe, darin überein, daß sie beim Kochen mit Wasser Glutin-, d. h. Leimlösungen geben, Flüssigkeiten also, welche sich durch ihre Klebkraft auszeichnen und beim ruhigen Erkalten zu einer Gallerte erstarren. Die Substanz, welche das Gelatinirungsvermögen der wässrigen Auskochungen veranlaßt, ist das Collagen³⁰⁾, welches bei jener Operation in Glutin übergeführt wird, und welches, da diese Umfetzung (unabhängig von der Textur des Gewebes oder von fremden Beimengungen) bald sehr rasch (so z. B. bei dem gewöhnlichen Bindegewebe der Fische), bald weit langsamer erfolgt, nicht überall genau das nämliche sein kann; deshalb sprechen wir auch nicht von einem, sondern von mehreren Collagenen³¹⁾.

Vorwiegend durch den Einfluß *Hoppe-Seyler's* und seiner Schüler hat sich, so unglaublich es auch dermaleinst erscheinen wird, die Auffassung Decennien hindurch unangetastet erhalten können, daß dem Knorpel eine chemisch ganz andere Substanz, das sog. Chondrogen, welches beim Kochen mit Wasser das sog. Chondrin liefern sollte, zu Grunde liege als dem Binde- und dem Knochengewebe. Diese gänzlich verfehlte Ansicht wurde zuerst von *v. Morochowetz*³²⁾ als höchst unwahrscheinlich hingestellt, und später dann auch von mir³³⁾ gezeigt, daß das sog. Chondrogen nichts anderes als ein, mit einem Hyalogen und dessen Spaltungsproducten (in diesem Falle Chondroitäure und Chondroglykose) gemischtes Collagen ist.

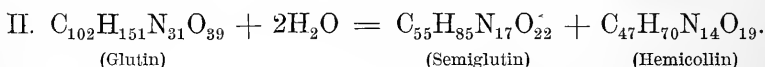
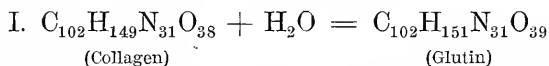
Mit dem Collagen in ihren Haupteigenschaften und besonders in dem Gelatinirungsvermögen der wässrigen Auskochungen übereinstimmende Gerüstsubstanzen sind auch bei Wirbellosen nachgewiesen, so z. B. bei einem Gephyreen (*Sipunculus nudus*), bei mehreren

Holothurienarten (*Cucumaria Planci*, *Thyone fusus*, *Stichopus regalis*, *Holothuria tubulosa*, *H. Poli*) und im Kopfknochen der Cephalopoden; da sich nun aber in letzteren Fällen die ursprüngliche Substanz gegen die proteolytischen Enzyme diametral verschieden von dem Collagen der Wirbelthiere verhält, so liegt im Cephalopodenknochen wie bei den Holothurien sicherlich eine, auch hier (ähnlich wie im Säugerknochen) außerdem noch mit einem Hyalogen und dessen Spaltungsproducten untermischte Materie vor, die mit dem Collagen unmöglich identisch sein kann und deshalb auch als Tryptocollagen bezeichnet wurde. Auch noch bei einigen anderen Holothurienformen (*Colochirus quadrangularis*, *Mulleria lecanora* etc.) wie bei Brachiopoden (*Lingula anatina*) will *Hilger*, in Tunicatenmänteln *Schaefer*, in Aulern *Pasquier* collagene Stoffe nachgewiesen haben; doch gelang es diesen Untersuchern in keinem Falle das Gelatinierungsvermögen der wässrigen Auskochenungen zu beobachten und ihre ziemlich willkürlichen Annahmen irgendwie besser zu stützen.

Ueber das Collagen, welches durch Extraction von Knochen mit verdünnter Salzsäure, aus Sehnen durch Extraction mit Kochsalzlösung und darauf folgende alkalische Trypsinverdauung annähernd rein zu gewinnen ist, läßt sich wegen seiner Unlöslichkeit als solchem selbstverständlich ebenfowenig aussagen als über die Hyalogene. Bemerkenswerth ist darüber nur, daß sich daselbe weder in Wasser noch in Salzlösungen und Natronlauge löst, durch Pepsin verdaut, von alkalischen Trypsinflüssigkeiten dagegen nur dann in fog. Leimpeptone übergeführt wird, wenn es zuvor durch Säuren zum Quellen oder durch Wasser von 70° C. zum Schrumpfen gebracht wurde; ganz anders verhält sich das Tryptocollagen: dieses ist durch Trypsin leicht verdaulich und wird von Pepsinsalzsäure sehr langsam angegriffen.

Wie in der Klasse der Hyalogene die Untersuchungen fast ausschließlich den Hyalinen zugewandt waren, so in der Klasse der

Collagene vorwiegend dem Glutin. Reine Leimlösungen sind farblos, in dünnen Schichten durchsichtig, stark linksdrehend, färben sich (zum Unterschiede von den Eiweißstoffen) nicht beim Kochen mit *Millon's* Reagens, geben aber die Biuretprobe und sind fällbar durch Alkohol, Quecksilberchlorid, Metaphosphorsäure und Gerbsäure, nicht aber durch Alaun, Bleizucker, Eisensalze oder durch Essigsäure und Ferrocyanium. Bei längerem Kochen mit Wasser verlieren Leimlösungen ihr Gelatinierungsvermögen, indem das Glutin in fog. Leimpepton übergeht; letzteres ist von *Hofmeister*³⁴⁾ in zwei zweibasische, weiterhin in Glycin und Leucin zu spaltende Säuren zerlegt, von denen die eine, das Semiglutin, durch Platinchlorid, die andere, das Hemicollin, durch Phosphorwolframsäure gefällt wurde; die Analysen der Kupfer- resp. Platinverbindungen dieser Körper veranlaßten *Hofmeister* für die Umwandlung des Collagens in Glutin und dessen Spaltung in Semiglutin und Hemicollin folgende Gleichungen aufzustellen:



Mannigfacher Art sind die aus dem Glutin erhaltenen Zeretzungsproducte, sowohl beim einfachen Erhitzen (Wasser, Ammoniak, Methyl- und Butylamin, Kohlenäure, Cyanammonium, Pyrrhol $[\text{C}_4\text{H}_5\text{N}]$ und Derivate desselben, wie Homopyrrhol $[\text{C}_5\text{H}_7\text{N}]$, Dimethylpyrrhol $[\text{C}_6\text{H}_9\text{N}]$, Pyrocoll $[\text{C}_{10}\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_2]$; außerdem noch kleine Mengen flüssiger Kohlenwasserstoffe, Spuren von Phenol und anderen nicht näher untersuchten Producten, vielleicht Chinolin, aber sicher nichts von Pyridinbasen), beim Kochen mit verdünnten Mineralsäuren (Glykocoll, Leucin, Asparaginsäure und unter anderen Amidosäuren wahrscheinlich auch Glutaminsäure, aber kein Tyrosin) wie beim Erwärmen mit Kalilauge (unter anderen Leucin und Glykocoll). Gegen Barythydrat verhält sich Leim bei 150° — 200° C.

im Allgemeinen wie die Eiweißkörper; ebenso bei der Oxydation mit Kaliumchromat und Schwefelsäure.

Es ist eine Eigenthümlichkeit der Epidermiszellen der Wirbelthiere, daß sie unter Wasserverlust und gewöhnlich auch unter Schwinden des Zellkerns dem Organismus noch eine längere Zeit, zwar mehr als passive Theile erhalten bleiben. Die Zellen verhornen, wie man sagt, und gehen so in die Substanzen über, welche als Keratine³⁵⁾ zusammengefaßt werden. Die Zusammensetzung der Hornstoffe muß demnach nothwendig in der ursprünglichen Zusammensetzung der Zellen begründet liegen, und damit Horn sich bilde, bedarf es weder einer Ersetzung des im ursprünglichen Eiweiß vorhandenen Sauerstoffs durch Schwefel, wie z. B. *Drechfel*³⁶⁾ annimmt, noch der Substitution eines Theiles der im Eiweiß angenommenen Leucin- oder verwandte Amidosäuren gebenden Atom-complexe durch Tyrosin. Die Verhornung läßt sich durch eine einfache Wasserabgabe vollauf verständlich machen, durch eine Wasserabgabe allerdings, die mit einer Eintrocknung durchaus nichts zu schaffen hat; «denn dieselbe verläuft auch an Stellen, die niemals aufhören befeuchtet zu sein, so an der Epidermis der im Wasser lebenden Säugethiere, beim Fötus u. f. w.»³⁷⁾ erinnert man sich der sog. Dermoidgeschwülste, deren Bildung von Organen ausgeht, die nachweislich dem embryonalen Hornblatte angehören, des Vorkommens großer Haarbüchel in den Eierstockscysten, deren Entwicklung von Zellen des Ovariums ausgegangen sein muß, welche in histiogenetischem Sinne dem Eie selbst gleichwerthig sind, des Neurokeratins als Stützsubstanz der Hirnmasse und der markhaltigen Nervenfasern, welche letzteren dadurch ebenfalls ihren ectodermalen Ursprung documentiren, ferner auch des Auftretens keratinöser Substanzen in den Eierschalen sowohl der Vögel und Selachier, wie auch der Profobranchier unter den Mollusken, so liegt gewiß nichts näher als die Annahme, daß alle persistenten ectodermalen Gebilde der Hornbildung unterworfen sein müssen, während nur ganz ausnahms-

Die Keratine.

weise Mesoderm- oder, wenn man will, Entodermbildungen (wie die Hüllen um den Selachier- und Hühnereiern) in gleicher Art keratinifiren. «Die Zusammenfetzung des Linfengewebes, in welchem Keratin zu fehlen scheint, lehrt indeß, daß aus dem Hornblatte bei der Entwicklung nicht nothwendig immer Epidermisfubftanz hervorzugehen braucht; denn während in allen epidermoïdalen Zellen das Eiweiß zurücktritt, befindet es sich besonders rein und reichlich gerade in den Linfenfafern.» Die zuletzt angeführten Fälle des Keratinvorkommens, fein Auftreten in den Eikapseln bei organisatorifch fo verschiedenartigen Thieren zeigt uns aber weiterhin, daß es sich bei den Keratinen nicht ausschließlich um metamorphofirte Zellen handelt, fondern daß auch aechte Secrete vollständig keratinifiren: Secrete, welche frisch erstarrt, sich in ihren chemifchen Eigenschaften dem Fibrin ähnlich verhalten oder wenigstens von Pepsinlösungen leicht verdaut werden und erst ganz allmählich zu der Refistenz gelangen,³⁸⁾ welche als eine Eigenthümlichkeit der Keratine angeprochen wird.

Analysen der Keratine:

	Wolle (Scherer)	Weißes Kuhhaare (Mulder)	Mensliche Haare (v. Lezer)	Mensliche Nägel (Scherer)	Epidermis der menschl. Fußsohle (Scherer)	Pferdehuf (Mulder)	Büffelhoru (Scherer)	Fischbein (v. Kerckhoff)	Federfpule (Scherer)	Schildpatt (Mulder)	Sehnenhaut d. Hühner- eies (Hammarsten)	Eierfchale von <i>Seyllium caetulus</i> (Krukenberg)
C	50.65	50.5	50.65	51.09	51.04	51.10	51.9	51.86	52.4	54.89	49.78	51.50
H	7.03	6.9	6.36	6.82	6.80	6.77	6.7	6.87	7.2	6.56	6.64	6.51
N	17.71	16.8	17.14	16.90	17.23	17.28	17.3	15.71	17.9	16.77	16.43	15.34
S	24.61	5.4	5.00	25.19	24.93	4.60	24.0	3.60	22.5	2.22	4.25	0.88
O		20.4	20.85			20.15		21.17			19.56	

Unter diesen Verhältnissen kann es nun auch nicht Wunder nehmen, wenn für die Hornstoffe so sehr verschiedene, procentische Zusammenfetzungen (f. obenstehende Tabelle) gefunden wurden, wenn

der meist hohe, $4\frac{1}{2}$ — $5\frac{1}{2}$ ‰ erreichende Schwefelgehalt ein anderes Mal unter 1‰ hinabsinkt, und übereinstimmende Werthe für ein Keratin durchaus analoger Herkunft nicht erzielt werden konnten; es liegt deshalb auch dieser Bezeichnung ein rein physiologischer, kein chemischer Begriff zu Grunde. Wo die Substanzen physiologischen Transformationen ständig unterworfen bleiben, genügt es der chemischen Physiologie diesen Wandel verstehen zu lernen, und die Sucht, chemische Formeln aufstellen zu können, führt unter solchen Umständen kein Verständniß herbei, sondern nur von diesem ab.

Wie bereits kurz angedeutet wurde, sind die Keratine keineswegs im Vorkommen auf die Wirbelthiere beschränkt; auch bei den Würmern setzen sich die Epidermoidalgebilde vorwiegend aus ihnen zusammen und auch bei Mollusken finden sich dieselben vor. Die sehr instructiven, demnächst zur Veröffentlichung gelangenden Bilder, welche Herr *Giltlich* von den Eierschalen mehrerer Profobranchier nach dem Kochen derselben mit *Millon's* Reagens entworfen hat, weisen jedoch darauf hin, daß diese Thiere äußerst sparsam bei der Verwendung der keratinösen Masse als Kittmaterial verfahren, und die chitinösen Gebilde der Arthropoden wie der Cephalopoden sind zwar mit peptisch leicht verdaubaren Eiweißsubstanzen dicht durchwebt, echte Hornsubstanzen sind darin aber nicht aufzufinden gewesen. Zugleich lehrt die Erhaltung aller Gelenkverbindungen an dem Integumente der Arthropoden nach der Reingewinnung des Chitins, daß dieses nicht nur die einzelnen Skelettheile bildet, sondern auch die Verbindungsmasse zwischen den einzelnen Stücken ausmacht, während das Conchiolin, vielleicht weil es zu rasch erstarrt, sich zu diesem Zwecke nicht eignet und deshalb als Kittsubstanz bei den Eierschalen der Mollusken auch ein keratinöser Stoff Verwendung finden mußte.

Die durch Extraction mit Wasser, Alkohol, Aether gereinigten und mit einer kalten, verdünnten Mineralsäure behandelten Keratine

werden weder von Pepsinsalzfäure, noch von Trypsinflüssigkeiten irgendwie angegriffen. Nur die meisten derselben zeichnen sich durch einen verhältnißmäßig hohen Schwefelgehalt aus, der aber auch von anderen organischen Bestandtheilen des Thierkörpers erreicht (die Chondroitinsäure enthält z. B. 4,45—5,74%) und von dem Taurin, welches in dem Fleischsaft der Cephalopoden so massenhaft enthalten ist, mit einem Schwefelgehalte von 25,6% noch weitaus übertroffen wird. Ueberdies ist der Schwefel in den Hornsubstanzen ganz oder theilweise sehr locker gebunden; Haare z. B. schwärzen sich schon bei Berührung mit metallischem Blei durch Bildung von Schwefelblei, und Wolle kann nach den Angaben von *Chevreul* durch anhaltendes Kochen mit Wasser fast ganz entschwefelt werden, ohne ihre sonstigen Eigenschaften einzubüßen; doch ist, wie gesagt, ein ausnehmend hoher Schwefelgehalt nicht durchgehends bei den Hornstoffen vorhanden, die Eierschalen von *Scyllium catulus* enthalten sogar weit weniger Schwefel als zahlreiche veritabele Eiweißsubstanzen.

Mit Wasser im *Papin'schen* Topfe bei mehreren Atmosphären Druck überhitzt, werden die Keratine zu einer nicht gelatinirenden Flüssigkeit gelöst, welche im Gegenfatze zu allen bekannten Eiweißkörpern mit Essigsäure und Ferrocyankalium in überschüssiger Säure lösliche Niederschläge giebt; bei Natroneinwirkung spalten sie sich unter Schwefelabcheidung in Alkalialbuminat und Pepton und liefern, mit Barythydrat auf 150°—200° C. erhitzt, im Ganzen dieselben Producte wie die Eiweißkörper unter den nämlichen Bedingungen. Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure geben alle Keratine Leucin und erhebliche Mengen, bis 5% Tyrosin; beim Kochen mit concentrirter Salzsäure und Zinnchlorür entsteht Glutaminsäure, Asparaginsäure, Leucin, Tyrosin, Ammoniak und Schwefelwasserstoff.

Die Elastine.

Wie die Collagene durch ihre Löslichkeit in siedendem Wasser und das Gelatinirungsvermögen der wässrigen Abfude, die Keratine

durch ihre Unverdaubarkeit für die eiweißverdauenden Enzyme, durch ihre Zeretzungsproducte und ihren gewöhnlich hohen Schwefelgehalt ausgezeichnet sind, so werden die Elastine charakterisirt und vor allem von den Eiweißkörpern dadurch scharf unterschieden, daß sie schwefelfrei sind, beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure sehr viel Leucin (36—45⁰/₁₀), wahrscheinlich aber gar kein Tyrosin liefern und von den beiden Arten der proteolytischen Enzyme unter Bildung von Hemialbumosen (sog. Hemiclastin) wie Peptonen (sog. Elastinpepton) zwar verdaut, aber immerhin nur langsam angegriffen werden.

Die Elastine³⁹⁾ ähneln darin den Collagenen, daß sie der Einwirkung von Reagentien wie von Enzymen bald mehr, bald weniger gut widerstehen, und gleichen genetisch darin den Keratinen, daß sie sowohl durch eine chemische Umwandlung aus Zellen direct hervorgehen, als auch in Secretform abgechieden werden können. Von letzterem Modus, der zu einem chemisch ganz gleich zusammengesetzten Producte wie die reine Zellenmetamorphose führen kann, erscheinen die Elastine als schalenbildend um den Eiern der Schlangen, z. B. bei der Ringelnatter; bei den Säugethieren dagegen weit verbreitet in einer Form, die Zellenausläufern zu entsprechen scheint. Auch bei Fischen findet sich Elastin vor; es bestehen daraus z. B. die sog. Hornfäden in den Flossen der Selachier, und nach dem Verhalten zu Kalilauge, zu den proteolytischen Enzymen und nach dem Ausfall der Eiweißreactionen kann es auch kaum einem Zweifel unterliegen, daß die organische Grundlage der von mir untersuchten Pennatulidenachsen, so bei *Fusulina* und *Halisceptrum Gustavianum*, ebenfalls elastische Substanz ist.⁴⁰⁾

Elastin, welches von Fett, Eiweiß, von den Salzen und den collagenen Verunreinigungen auf chemischem Wege zuvor befreit ist, stellt getrocknet eine spröde, sehr harte, kaum gelbliche Masse dar, die im Wasser quillt, unter dem Mikroskope noch die Form des frischen elastischen Gewebes erkennen läßt und den einzelnen

Unterfuchern folgende Procentzahlen als Mittelwerthe in der Zusammenfetzung ergab:

	Nackenband vom Ochfen:			Eifchale von Coluber natrix (Hülger)	Hornfäden von Mustelus (Kruken- berg)
	(Tilanus)	(W. Müller)	(Horbac- zewski)		
C	55.28	55.46	54.04	54.68	49.83
H	7.33	7.41	6.95	7.24	6.11
N	17.63	16.24	16.67	16.37	15.97
O	19.76	20.89	22.34	21.10	28.09

Die reinen Elaftine zeigen die *Millon'sche* wie Xanthoprotein-reaction, nehmen aber erft beim Abdampfen, nicht fchon bei mehrmaligem kurzen Aufkochen mit concentrirter Salzfäure eine Violettfärbung an und löfen fich nur in concentrirter kalter Schwefelfäure, in ganz concentrirter Salpeterfäure, fowie in kochender concentrirter Kalilauge. Aber gerade letzterm Reagens gegenüber beftehen ebenfo wie hinfichtlich des Verhaltens der Elaftine zu den eiweißverdauenden Enzymen, von welchen Pepsin gewöhnlich beffer auf diefelben wirkt als Trypsin, nennenswerthe, hauptfächlich wohl auf Altersdifferenzen hinauslaufende Ver- fchiedenheiten, indem fchon manches Elaftin beobachtet wurde, welches auch kalte, concentrirte Kalilauge in kurzer Zeit angriff, und anderfeits das Schalenelaftin, welches den Eidotter bei den Reptilien umhüllt, gegen Enzyme noch refiftenter fich erwies als das Elaftin des Nackenbandes der Wiederkäuer.

IV. Veritabele Eiweißkörper als Gerüftfubftanzen.

Aechte
Eiweißstoffe
als Gerüft-
fubftanzen.

Das Wunderbarfte, was in dem mechanifchen Aufbau und der Textur der Gerüftfubftanzen ein lebender Organismus geleiftet hat, find jene, hiftiologisch wie chemifch fo lange unerklärt gebliebenen Gebilde, welche bald von gallertiger, bald von knorplicher Befchaffen-

heit im Grunde nichts anderes vorstellen als ein mit äußerst wasserreichen Flüssigkeiten gefülltes und von Eiweiß- oder Keratinmembranen gebildetes, so außerordentlich feines Maschenwerk, daß daselbe nicht nur den Histologen unter Zuhilfenahme der stärksten Vergrößerungen entging, sondern daß es sogar erst gewisser Kunstgriffe bedurfte, um durch chemische Reactionen seine Existenz und eiweißartige Natur endgültig festzustellen.

Bildungen so merkwürdiger Art treten uns sowohl in dem von *Hans Virchow*⁴¹⁾ histiologisch genau untersuchten Glaskörper im Auge der Wirbelthiere entgegen, als auch in den Nahrungsdottern der Vogel- und Selachiereier, ganz besonders aber in der Gallerte der Medusen⁴²⁾. Letztere enthält z. B. bei *Rhizostoma Cuvieri* aus der Adria nicht mehr als 4,608% feste Bestandtheile, von denen noch 3,0 anorganische sind, und Formen weniger salzreicher Meere (z. B. der Ostsee) scheinen nach den Angaben von *Moebius* noch weit wasserreicher zu sein. Ein leicht verdaulicher, dem Fibrin wohl nicht unähnlicher Eiweißkörper, bald zu derberen Fasern verdickt und gegen Lösungsmittel resistenter geworden, bald zu zarten Häuten gedehnt, hält hier bei den Medusen die colossale Wassermasse zusammen, welcher das Thier seine pralle Beschaffenheit und ein Körpergewicht verdankt, das zu seinem Gehalte an organischer Materie in gar keinem Verhältnisse steht. Keratinöse wie collagene Substanzen fehlen bei den Medusen ganz, und Hyalogene sind darin höchstens in minimaler Menge vertreten⁴³⁾: Thatfachen, die um so mehr hervorgehoben zu werden verdienen, als in neuester Zeit wiederholt die Ansicht ausgesprochen wurde, daß, gehe man die Zusammensetzung der Gewebe vergleichend von den nieder organisirten zu den höher entwickelten Thieren fortschreitend durch, man zuerst das Auftreten von sog. mneingebenden Geweben finde, dann bald von sog. chondringebenden und endlich auch das Auftreten von glutinegebenden Geweben, und daß ganz dieselbe Reihenfolge resultire, wenn man die Stadien der Entwick-

lung eines Embryo, z. B. des Hühnchens im Ei verfolgt. Ganz abgesehen davon, daß diese von *Hoppe-Sejler*⁴⁴⁾ entwickelte Idee mit zwei Körpern, dem fog. Mucin und dem fog. Chondrogen, operirt, welche nicht einmal als physiologische, geschweige als chemische Individuen, sondern nur als Gemische in der Natur existiren, so kann ich nach meiner Erfahrung, welche Repräsentanten ziemlich aller Thierklassen umfaßt, nur sagen, daß alle Thatfachen mehr und mehr darauf hinweisen, daß dieser chemische Parallelismus zwischen ontogenetischer und phylogenetischer Entwicklung ein scheinbarer ist, daß die Gerüstsubstanzen wie mehrere andere Stoffe in ihrer Verbreitung eine den Typen und Klassen gemäße Sonderung aufweisen.

Analoge Verhältnisse wie bei den Medusen dürften nach den Untersuchungen von *Stenberg*⁴⁵⁾ beim Chordagewebe der Petromyzonten vorliegen; denn auch an diesem fiel die Prüfung auf fog. Mucin und Collagen negativ aus. Was für ein chemischer Stoff dem Glaskörpergewebe der Wirbelthiere zu Grunde liegt, ist noch nicht sicher ermittelt. Die Gallertmassen um den Eiern der Selachier⁴⁶⁾ verdanken ihre Consistenz einer keratinösen Materie, die aber erst allmählich ihre Resistenzfähigkeit gegen Enzyme erlangt und in einem frühen Stadium genau so, wie es von *Kühne*⁴⁷⁾ für die das Weiße im Hühnereie durchsetzenden Membranen angegeben ist, aus einem, dem Fibrin vergleichbaren Eiweißstoffe besteht.

Abgesehen von den Medusen bilden, soviel bis jetzt festgestellt wurde, ausschließlich aechte Eiweißstoffe⁴⁸⁾ die Gerüstsubstanzen nur noch bei den Asteriden⁴⁹⁾, welchen das organische Substrat des Echinidenpanzers verwandt zu sein scheint. Diese albuminösen Gerüstsubstanzen gleichen in ihrem Verhalten den proteolytischen Enzymen gegenüber sowie in ihren anderen chemischen Eigenschaften den Eiweißstoffen im Gallertgewebe der Medusen. Bei den Asteriden wie Echiniden begegnen wir aber der im Thier-

reiche immerhin seltenen Erscheinung, daß aechte Albuminstoffe im großartigsten Maßstabe verkalken, und es erfordern diese Verhältnisse eine allgemeine Betrachtung des Zustandekommens von Hartgebilden durch Incrustation oder, was daselbe befaßt, der Imprägnation von Geweben mit Metallfalzen.

Die Paradoxie, welche darin liegt, daß man sich einerseits mit dem Gedanken vertraut gemacht, die einheitlichen, organischen Stoffwechselproducte müßten ohne Anwendung zerstörender Mittel wenigstens in einem aschenfreien Zustande zu erhalten sein, und andererseits der Ansicht huldigt, daß die normal erfolgende Petrification der Gewebe in erster Instanz von der chemischen Beschaffenheit des sich incrustirenden, organischen Substrates abhängt, läßt sich, wie ich glaube, nicht verkennen. Doch wird kaum zu leugnen sein, daß man bei Einhaltung des ersteren Principes glücklicher in den Resultaten gewesen ist als bei Vertretung des letzteren.

Die Petrificationen.

Es gelang, die meisten Gerüstsubstanzen ohne tiefgehendere Eingriffe nahezu rein zu gewinnen; so fand *Horbaczewski* in seinem Elastin nur noch 0,51% anorganische Bestandtheile, das Chitin ist leicht vollständig aschenfrei zu erhalten, und das Conchiolin wie Cornein hinterlassen nach dem von mir eingeschlagenen Reinigungsverfahren stets einen unverbrennlichen Rückstand von nur 0,35%. Die einzige Klasse unter den thierischen Gerüstsubstanzen, deren Glieder nicht in annähernd gleicher Weise von den anorganischen Stoffen zu befreien waren, blieben die Hyalogene mit ihren nächsten Abkömmlingen, den Hyalinen. Deren Entstehung verlangt allemal, das läßt sich den Befunden entnehmen, die gleichzeitige Anwesenheit einer gewissen Menge von Mineralbestandtheilen, welche von ihnen chemisch gebunden werden können; falls es an anorganischen Materien fehlt, bleibt die Bildung der Hyalogene aus oder sie zerfallen sogleich weiter in Kohlehydrate, geben auch wohl resistente Spaltungsproducte von Eiweißnatur. In ähnlichem Sinne äußerte

sich bereits *Schmiedeberg*⁵⁰⁾ über die Bildung der Wohnröhren von *Onuphis tubicola*. «Die Onuphisröhren bestehen», so sagt er, «bis auf geringe Beimengungen von albuminoïder Substanz sowie von Kali und Natron aus einer gut charakterisirten, organische und anorganische Bestandtheile enthaltenden chemischen Verbindung, ein Fall, wie er bisher an keinem analogen thierischen Gebilde nachgewiesen ist.» «Am Wahrscheinlichsten erscheint die Annahme, daß das Onuphin in Form einer Alkali-, vielleicht Kaliumphosphatverbindung, wie sie künstlich erhalten wurde, als eine das ganze Thier umhüllende Schicht abgefondert wird, die sich durch Substitution von Kalium durch Calcium und Magnesium in die völlig unlösliche, feste und widerstandsfähige Verbindung umwandelt, deren chemische Zusammenfetzung (unter Anm. 50) mitgetheilt ist. In Folge der durch diesen Vorgang bewirkten Consolidirung verdünnt sich die Wandung dieser so gebildeten, zunächst aus einer äußerst dünnen Lamelle bestehenden Röhre, während ihr Lumen weiter wird, sodaß die Wandung sich von der Oberhaut des Thieres abhebt und dadurch zunächst für die Ablagerung einer neuen Schicht der Onuphinverbindung und schließlich für die freie Bewegung des Thieres Platz geschaffen wird.»

Zwar vermag ich⁵¹⁾ mich nach meinen Erfahrungen an den Hüllen von *Spirographis Spallanzanii* der von *Schmiedeberg* vertretenen Ansicht nicht in allen Punkten anzuschließen und zwar schon deshalb nicht, weil ich mich von der Existenz eines derartigen Hyalins, wie es *Schmiedeberg* im Onuphin annimmt, in den Spirographisröhren nicht habe überzeugen können, sondern vielmehr nachwies, daß ein solches aus einem in den Röhren präformirt enthaltenen Hyalogene erst bei der Verarbeitung entsteht; aber hier kommt es uns lediglich darauf an, die Thatfache zu konstatiren, daß mit dem Entstehen eines Hyalogens stets die Bindung eines bedeutenden Procentsatzes an anorganischer Materie unbedingt verknüpft ist, und in dieser Beziehung sind *Schmiedeberg's* Angaben

für uns von nicht geringerem Belang als diejenigen von *Lücke*⁵²⁾, denen gemäß junge Echinococcusblasen einen Gehalt von 15,80% Asche, alte dagegen einen solchen von nur 0,29% hinterlassen. Vorausgesetzt, daß *Lücke* nicht, wie es mir fast vorkommt, alte Blasen für junge und junge für alte gehalten hat, würde aus diesen Beobachtungen zu schließen sein, daß die hyaline Beschaffenheit der Blasen sich mit der Zeit ändert, indem vielleicht schließlich ein reines Kohlehydrat resultirt, welches keine Verwandtschaft zu den anorganischen Stoffen mehr besitzt.

In entsprechender Weise, wie von den Hyalogenen und Hyalinen ständig bedeutende Mengen anorganischer Stoffe chemisch und zwar sehr fest gebunden werden, hat man sich auch die Incrustirung mehrerer anderen Gerüstsubstanzen vorgestellt. Seitdem durch die Untersuchungen der letzten Jahre entschieden ist, daß die sog. Mucine als Gemengtheile meist Stoffe aus der Klasse der Hyalogene einschließen, häufig aus solchen vornehmlich bestehen, und sich die von *Kühne*⁵³⁾ bereits 1868 ausgesprochene Ansicht, daß sich die Skeletine augenscheinlich den Kohlehydraten anschließen, immer mehr zu bewahrheiten scheint, muß ein verhältnißmäßig hoher Gehalt an Mineralbestandtheilen jener sog. mucinösen Secrete als ein ebenso unbedingtes Erforderniß gelten wie für die Secrete, aus welchen die Wohnröhren der *Spirographis* und der *Onuphis* hervorgehen; auch kann es, so glaube ich, nicht mehr befremden, wenn man den organischen Secretbestandtheilen, welche später zu Conchiolin, Cornein oder Spongin erhärten, die Eigenschaft vindiciren wollte, sich in dem Stadium, wo sie die Zelle als Secret verlassen, mit einer bestimmten Menge anorganischer Stoffe zu verbinden und diese wiederum frei werden zu lassen, wenn sie in die resistenten Endproducte übergegangen sind. Derselbe Stoff, welcher in einem frühern Stadium die Mineralbestandtheile durch chemische Verwandtschaft an sich kettete, würde dann als eine für Wasser und Salzlösungen schwer durchdringbare und zugleich

als eine mechanisch sehr widerstandsfähige Membran die anorganischen Materien auch fernerhin zusammenhalten. Lange bevor man von den Eigenschaften der Hyalogene eine Anschauung besaß, ist die hier entwickelte Idee sowohl für die «Verirdung» der Mollusken-schalen wie auch für die Petrification von pathologischen Secretmassen entwickelt, doch heute wohl allgemein wieder verlassen worden.

So vertrat z. B. *H. Meckel*⁵⁴⁾ diese Ansicht in der Pathologie, indem er meinte, daß die zur Steinbildung führende Krankheit der Harn- und Gallenwege fog. colloïdes Material erzeuge, welches, weil es zähe und schwer beweglich ist, retinirt würde und mit dem schwer löslichen Körper, namentlich mit dem Kalk der Gewebsflüssigkeit, chemische Verbindungen einginge. Die Fremdkörper sollten in den Secretionswegen in der Regel erst eine Entzündung, einen Katarrh hervorrufen, welcher dann das Material zu ihrer Incrustation liefere, und die seltenen Fälle von Speichel- und Blasensteinen bedingen. Diese Theorie würde als Consequenz die Annahme zur Folge haben, daß bei der Versteinerung der Gewebe die chemische Beschaffenheit der letzteren die Hauptsache ausmache, und also eine bestimmte Art von Collagen, Muskelfsubstanz, Kry stallinse oder von Fibrin erforderlich sein würde, um die Kalksalze zu fixiren; nicht jede veränderte, abgestorbene Muskelfaser, nicht jeder nekrotische Herd, auch bei langem Bestehen, würde somit geeignet sein, sich zu einem Steinlager umzubilden.

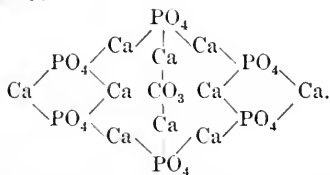
Der meisten Anhänger hat sich die chemische Theorie der Incrustationen, wie ich mich kurz ausdrücken will, seit lange bei dem Ossificationsvorgange zu erfreuen gehabt. Bei der eingeschlossenen Lage der Knochenkörperchen, ihrer Feinheit und ungleichen Vertheilung, bei dem versteckten Verlaufe von tiefer in den Knochen eindringenden Gefäßen, Nerven und Fasern des Periosts — alles Verhältnisse, welche sowohl die Entwässerung des Collagens nur unvollkommen ausführen und kein gleichartiges Untersuchungsmaterial beschaffen lassen, — überrascht die Ueberein-

stimmung in den Analysen der Knochen — gleichgültig ob dieselben einem oder verschiedenen Thieren entstammen, ob dieselben gleichen oder verschiedenen Alters sind⁵⁵⁾ — nicht wenig und reden der Annahme von einer zwischen dem Collagen und der Knochenerde bestehenden chemischen Verbindung gewiß ebenso sehr das Wort als die Thatfachen, daß bei der Resorption der Knochensubstanz durch die Myeloplaxen die Kalkmasse stets gleichzeitig mit dem Collagen aufgelöst wird, daß das physiologische Verhältniß zwischen organischen und anorganischen Bestandtheilen auch in den erhaltenen, normalen Knochenresten rhachitischer Knochen bewahrt bleibt, und daß eine so gleichmäßige Durchdringung des organischen Substrates von den Mineralbestandtheilen als gerade beim Kochen wohl sonst nur selten beobachtet wird. Auch die Erfahrung, daß bei einer Zunahme der, in den Gewebssäften normal gelösten oder der, mit dem Gewebseiweiß in chemischer Verbindung befindlichen anorganischen Stoffe die Zusammensetzung der Knochenerde und ihr Verhältniß zum Collagen unverändert bleibt, hat man als Beweis für ein, im Kochen vorhandenes, bestimmtes, gegenseitiges Mengenverhältniß zu verwerthen versucht und ebenso überzeugte man sich, daß die regelrechte Ausbildung der Knochen nur bei äußerster Kalkarmuth der Gewebssäfte unterbleibt, sei diese nun durch eine ungenügende Resorption vom Darne aus (z. B. durch eine übermäßige Aufnahme von kalireicher Nahrung⁵⁶⁾) bedingt oder durch eine kalkarme Kost, deren Gehalt an Erdsalzen vielleicht in diesem Falle nur deshalb nicht ausreicht, weil zur Zeit ausnehmend viel davon im Organismus anderweitig verbraucht wird (so z. B. für die Entwicklung des Skelets der Frucht während der Schwangerschaft, oder für die Milch während der Lactation); aber weder bei Verabreichung kalkarmer Nahrung gelang es bei unseren Hausthieren, noch in einer, von HeiB⁵⁷⁾ fast ein Jahr lang fortgesetzten Experimentaluntersuchung, während der ein kleiner Hund täglich im Mittel 7,4 gr, im Ganzen 2286 gr, d. h. beinahe die

Hälfte seines Körpergewichtes Milchsäure erhielt, dem einmal fertig gestellten Knochen seine Erdsalze wieder zu entziehen. Schließlich ergab sich eine mit dem Knochen übereinstimmende Zusammensetzung auch für die an sich reinere Zahnumasse, und *Hoppe-Seyler*⁵⁸⁾ fragt, auf diese Thatfache verweisend, wohl nicht mit Unrecht, ob diese Coincidenz nicht darauf hindeute, daß der eigentlichen, secundären Ablagerung, die in Zahnbein und Knochen die Zellen umgiebt, eine ganz bestimmte Quantität von Collagen, und zwar ungefähr 25% zu Grunde liege.

Wiederholt sind nun von diesen Gesichtspunkten aus Formeln für die Knochenerde⁵⁹⁾ aufgestellt, welche man sich als ein chemisch mehr oder weniger scharf definirbares Calciumphosphat meist mit dem Collagen verbunden dachte. So hatte *Berzelius* der Knochenerde die Formel $3\text{PO}_5 + 8\text{CaO}$ zuerkannt, welche, in unsere jetzige Lehre umgesetzt, befragen würde, daß die Knochen neben dem neutralen gefättigten Calciumphosphate, $(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3$, noch die Verbindung: PO_4CaH enthalten. *Heintz* wies dagegen nach, daß das im Knochen vorhandene Calcium zur alleinigen Bildung von $(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3$ neben CO_3Ca und Fl_2Ca vollkommen ausreiche. Später haben indeß *v. Recklinghausen* und *Wildt* wieder das Vorhandensein von PO_4CaH im Knochen angenommen, während *Hoppe-Seyler*, der zwar die Knochenerde mit dem Collagen nicht chemisch verbunden sein läßt, sich nach seinen Untersuchungen dahin ausspricht, «daß in dem Schmelze der Zähne und in den Knochen Phosphorsäure und Calcium trotz mancher Schwankungen, die die Analysen ergeben, sich annähernd in den Verhältnissen des Apatit befinden, nämlich $10\text{Ca} : 6\text{PO}_4$, ein Verhältniß, welches den wesentlichsten und wichtigsten Vorkommen der Phosphate in den Gesteinen entspricht. Die Phosphorsäure ist nicht im Stande, so viel Calcium zu sättigen, der übrige Theil des Metalles findet in Knochen und Zähnen seine Sättigung hauptsächlich durch Kohlensäure, nur Spuren davon werden durch Chlor und Fluor gefättigt». *Hoppe-*

Seyler überzeugte sich zugleich, daß dieses Verhältniß im Zahne wie im Schmelze eingehalten wird, und verfinnlicht uns, indem er von den Spuren an Chlor und Fluor in der Knochenerde abieht, die Verbindung: $3[(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3] \cdot \text{CaCO}_3$ durch folgende moleculare Anordnung der Atome:



Ganz anderer Ansicht ist schließlich noch *Aeby*, welcher hauptsächlich Gewicht auf das Verhalten der Knochengebilde beim Erhitzen und auf die Beschaffenheit von fossilen Knochen legt. Nach *Aeby* ist der, eine vom Knochen durchaus verschiedene Metamorphose durchmachende Zahnschmelz neutrales Orthophosphat, und er erkennt dem Elfenbeine, von welchem sich das Knochenphosphat nur durch den Mangel an basischem Wasser ($2\text{H}_2\text{O}$) unterscheiden soll, folgende Formel zu:



Auf einem von den genannten Untersuchungsmethoden sehr abweichenden Wege ist man ebenfalls bestrebt gewesen, den Nachweis zu führen, daß die Knochenerde mit dem Collagen wirklich chemisch verbunden sei. Man bereitete sich Glutin- und Calciumphosphat enthaltende Lösungen, mischte beide und erhielt dann Niederschläge, welche sowohl Glutin als auch Calciumsalze einschlossen. Ich brauche indeß wohl kaum zu bemerken, daß derartige Versuche nur zeigen, wie fein vertheilte Niederschläge, sonst in Lösung verbleibende Substanzen mit ausfällen, und daß dieselben zur Entscheidung der Frage, um deren Willen sie angestellt wurden, schon deshalb nichts beitragen können, weil der Knochen kein Glutin, sondern Collagen, also einen ganz andersartigen Körper enthält, wenn schon *Hoppe-Seyler* beide Bezeichnungen in seinen Auseinandersetzungen immerfort promiscue gebraucht.

Nun giebt es jedoch eine allerdings nur kleine Zahl von Ueberlegungen und Thatfachen, welche, wie ich glaube, weit schlagender gegen eine chemische Verbindung der Knochenerde mit dem Collagen sprechen als alle vorgebrachten Argumente für dieselbe. Ich will nicht auf den sog. permanenten Knorpel⁶⁰⁾ hinweisen, dessen Gehalt an Kalksalzen sich viele Jahre hindurch auf einem Niveau von 4—7% erhält, denn hier würde einzuwenden sein, daß die Knorpelgrundsubstanz nur deshalb nicht in ausgiebigerem Grade petrificire, weil in ihr die meisten freien Affinitäten des Collagens durch das Hyalogen gefättigt sind; aber ich frage, warum petrificirt nicht ebenso wie der Knochen alles hyalogenfreie, collagene Bindegewebe, was doch nothwendig der Fall sein müßte, wenn die Anziehung und Ablagerung der Kalksalze eine rein chemische Ursache im Collagen besäße. Andererseits tritt nun aber auch im Zahnschmelze, dessen Substrat bekanntlich kein Collagen, sondern Epithelzelle ist, wenn auch wohl nicht, wie *Hoppe-Seyler* will, dieselbe, so doch eine chemisch sehr annähernd constituirte, anorganische Verbindung wie im Knochen auf, und es steht somit außer Zweifel, daß die übereinstimmende Zusammensetzung der Knochenerde so verschiedenartiger Vorkommnisse lediglich eine vitale Zellenleistung ist, und nicht etwa die petrificirende Substanz sie zusammenführt. Schließlich wird auch noch geltend zu machen sein, daß keine Affinitäten bekannt sind, welche eine chemische Verbindung zwischen der Calciumphosphatverbindung und dem Collagen begreiflich erscheinen ließen, und daß Muskel- wie Nervenfasern, Ganglienzellen, Chitin⁶¹⁾ wie Corneingebilde⁶²⁾, trotzdem sie ebenfalls keine chemische Verwandtschaft zu Kalksalzen besitzen, sich unter Umständen in ganz ähnlicher Weise wie das Knochengewebe mit diesen beladen können. Die annähernde Beständigkeit in der Zusammensetzung der Mineralbestandtheile liegt hier, wie überall in der lebenden Welt, in der Zellenfunction selbst begründet; nie gestattet dieselbe als solche den Schluß auf eine Beziehung der

Salze zu den organischen Bestandtheilen der Zellenproducte. So ist es bei den flüchtig bleibenden Drüsenflüssen wie auch bei den bald fest werdenden Secreten, welchen letzteren die Knochengrundsubstanz ebenso wie die verkalkende Chitinmembran zuzurechnen ist.

Schon, wenn man sich erinnert, daß ein Hyalogen oder Hyalin unter günstigsten Verhältnissen 40% Alkali- und Erdalkalimetallsalze chemisch zu binden vermag, und die wahrhaft colossalen Massen anorganischer Stoffe dagegen hält, welche das Knochengewebe oder nun gar die Molluskengehäuse, die Korallenstöcke erfüllen, die Speichel- und Uratsteine bilden, ferner die specifischen Differenzen erwägt, welche in Betreff der Petrification bei nahe verwandten Formen auftreten und wofür uns die Arthropoden wie Gorgoniden, unter Gleichbleiben des organischen Substrates die eclatantesten Beispiele liefern, so muß man die Fragen, warum sich bei *Loligo* die Rückenlamelle, bei Insecten die chitinöse Decke — welche im erstern Falle bei *Sepia*, im letztern bei den Crustaceen doch in ausgiebigstem Maße verkalken — so ausnehmend arm an Mineralbestandtheilen erweisen, warum sich in den Brachiopodenschalen, gleich denen der Lamellibranchiaten in der ersten Zeit ihrer Entwicklung (*Raspail* und *Prevost*⁶³), aber so abweichend von den älteren aller sonstigen Mollusken⁶⁴), hauptsächlich Calciumphosphat und nicht Calciumcarbonat anhäuft, als ebenso unzeitgemäße bezeichnen, als wenn gefragt und zu entscheiden versucht wird, warum die Magendrüsen Salzsäure und statt ihrer keine Schwefelsäure fecerniren oder warum die Concremente im *Bojanus*'schen Organe von *Pinna squamosa* so reichlich Mangan, aber kein Eisen und kein Kupfer enthalten⁶⁵), warum bei dem einen Fische das Guanin vorwiegend in der Schwimmblase und im Peritoneum, bei einem andern dagegen in den Bindegewebszellen der Epidermis lagert.

Derartige specifische, vitale Zellenfunctionen wie die eben betrachteten, können, entsprechend den Stoffwechselforgängen,

weiterhin noch nach Alter und Geschlecht sehr variiren und erscheinen auch in pathologischen Zuständen weit mehr verändert als die organischen Substrate; doch im Allgemeinen bewahren auch sie sich eine ziemliche Constanz.

Zur eingehenderen vergleichenden Betrachtung dieser Verhältnisse wähle ich nur noch zwei Beispiele aus, welche mir in mehr als einer Beziehung biologisch lehrreich und soweit untersucht erscheinen, daß man einen vollkommenen Einblick in die hier obwaltenden Variationen empfängt; es seien das die Verkieselung der Federn und die Verirdung der Molluskengehäufe.

Als es am Ende der sechziger Jahre den Bemühungen von *Friedel*, *Crafts* und *Ladenburg* gelungen war⁶⁶), organische Verbindungen darzustellen, in welchen sämmtlicher Kohlenstoff oder wenigstens ein Theil desselben durch das allein ebenfalls noch vieratomige Silicium ersetzt ist, und man so zu den Synthesen des Silicochloroforms, des Anhydrids der Siliciumameisensäure, der Silicopropion-, Silicobenzoe- und Silicotolyllsäure sowie zu den Synthesen des Siliciumäthyls, der Siliciumäther und des Silicononylalkohols gelangt war, fand zugleich mit den Ideen, es könne sehr wohl den Kohlenstofforganismen ein fog. Siliciumleben vorausgegangen sein, und es sei wohl alle Aussicht vorhanden, auch den complicirter aufgebauten Kohlenstoffverbindungen, den Kohlehydraten und Eiweißkörpern, sich in ihren chemischen Eigenschaften analog verhaltende Siliciumverbindungen künstlich erzeugen zu lernen, — zu einer Zeit, wo man auch der Vorstellung huldigte, es möchten sich, als Ueberbleibsel jener vorausgegangenen Siliciumwesen noch bei mehreren recenten Organismen organische Siliciumverbindungen erhalten haben, da fand, sage ich, auch die Ansicht ihre Vertreter, daß die Kieselsäure in den Tabaschiren der Bambusen, in den Skeleten der Equisetaceen nicht nur als solche abgelagert sei, sondern sich vielmehr hier mit einem organischen, mit einem Kohlenstoffcomplexe in wahrer, chemischer Verbindung befände. Diese jedenfalls geist-

reichen Hypothesen sind indeß durch Thatfachen nicht zu stützen gewesen, und wir sehen deshalb in den Kieselfäureablagerungen pflanzlicher und thierischer Vorkommnisse gewiß mit Recht das nämliche Resultat eines specifischen Ausscheidungsvermögens lebender Zellen, welches an den, die verschiedenartigsten, organischen Stoffwechselproducte (ohne irgend welchen chemischen Connex) imprägnirenden Kalkverbindungen so offen zu Tage tritt.

Quantitative Bestimmungen des Kiesel- und Aschengehaltes der Vogelfedern wurden in großer Anzahl, mit Berücksichtigung der Ernährungsverhältnisse und des Alters der Thiere von *v. Gorup-Belanez* angestellt. Hauptfächlich bildet der Federbart, weniger die Spule und das Federmark die Stätte der Ablagerung, und die unter Anmerkung 67 mitgetheilten Analysen weisen sowohl eine bestimmte Beziehung des Kiesel- und Aschengehaltes zur Nahrung nach, indem die Federn der Körner fressenden Vögel am meisten, diejenigen der Fische fressenden am wenigsten Kieselfäure enthalten, wie auch ein Steigen des Gehalts der Federn an dieser Säure mit zunehmendem Lebensalter.

Die gäng und gäbe gewordene Ansicht über die Entstehung der Molluskengehäufe geht trotz wiederholt erhobener Einwände⁶⁸⁾ gegenwärtig noch dahin, daß dieselben gleich dem äußern Skelet der Arthropoden zu den membranösen Zellenabscheidungen (Cuticularbildungen) gehören, und daß die ihnen in Form von Häuten oder eines Maschenwerks zu Grunde liegende conchiolinöse Substanz — wie Frühjahrs an unseren einheimischen *Helix*-Arten und auch an Schneckenembryonen gut zu beobachten ist — das zuerst Gebildete ist, welches erst nach und nach in verschiedenem Grade mit Kalksalzen imprägnirt oder in den Hohlräumen mit den Kalkverbindungen ausgefüllt wird. Wie schon *C. Schmidt*⁶⁹⁾ richtig erkannte, der der Epithelzelle des Mantels die Eigenschaft zuschrieb, ein Kalkalbuminat abzufondern, das zur Schale erstarrt, wird die Schalenmasse von der gesammten Haut und zwar von den Epithel-

zellen selbst abgefondert; besondere Drüsen liefern noch Schleim hinzu, aber *H. Meckel*⁷⁰⁾ befand sich gewiß im Unrechte, wenn er besondere Kalk absondernde Drüsen annahm, wie sie für die Farben allerdings und ausschließlich im Mantelrande, der überdies nach *Semper* auch die Epidermis der Schalen bildet, vorkommen.

In frühester Zeit scheint man die Schale⁷¹⁾ allgemein als etwas von außen zum Thiere Hinzugekommenes, als eine Incrustation aus dem Wasser aufgefaßt zu haben, deren Bildung man sich nicht anders vorzustellen habe als die der sog. Dornensteine in den Gradirwerken und der in vielen Quellen abgesetzten Sinter- oder Sprudelsteine. Erst *Réaumur* unterwarf 1709 die Schale einer genaueren Untersuchung und constatirte, daß dieselbe ein Secret sei und ihre Dickenzunahme an der gesammten Mantelfläche, das Weiterwachsen jedoch nur am Mantelrande geschehe. Entgegen dieser Ansicht *Réaumur's* betrachtete 1766 *Hérissant* die Mollusken- schale als einen knochenartig belebten Körper und vindicirte ihr, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, ein inneres Wachsthum, auf welches, seiner Meinung nach, schon die Auswüchse und Stacheln an vielen Conchylien hinweisen sollten.

Die Auffassung, daß ein Theil, wenn auch nur 0,5% des Calciumcarbonates mit dem Conchiolin chemisch verbunden sei, finden wir noch von *Bischoff* in seinem Lehrbuche der chemischen Geologie vertreten, der darin die Erklärung findet, daß die innere Schicht der Austerchalen z. B. 36mal soviel kohlenfaures Wasser zur Auflösung bedarf als Kreide, 13mal soviel wie gepulverter Kalkspath und 100mal so viel als frisch gefälltes Calciumcarbonat. Die Widerstandsfähigkeit der mit den lebenden Thieren in Verbindung befindlichen Schalen gegen den sog. Versteinerungsproceß (welcher im Wesentlichen darin besteht, daß das Calciumcarbonat in der Schale wirklich krystallisirt oder pseudomorphotisch durch andere Mineralstoffe verdrängt wird), gegen das Zerfressenwerden der Wirbel, wie es bei manchen Flußmuscheln zu beobachten ist,

und schließlich auch gegen ein Spröde- und Hinfälligwerden, welches bei einem Zurückziehen des Thieres aus den hintersten Schalenwindungen bei *Bulimus decollatus*, *Truncatella*, einigen *Cyclostoma*-, *Melania*-, *Cerithium*- und *Buccinum*-Arten so schön gesehen wird,⁷²⁾ hat ebenfalls mehrere Autoren auf eine zwischen dem Conchiolin und den anorganischen Schalenbestandtheilen bestehende chemische Verbindung recurriren lassen; doch diese Thatfachen lassen sich nicht weniger gut und noch weit ungewogener durch die rein mechanisch schützende Hülle, welche die einzelnen Conchiolinstraten den Kalkeinlagerungen bieten, oder durch den Halt, den die Spitzen der Gehäufe durch die in sie eingefenkten Theile des lebenden Thieres erfahren, erklären, und es liegt hier zu der Annahme einer wirklich chemischen Vereinigung zwischen den anorganischen und den organischen Bestandtheilen ebensowenig irgend ein triftiger Grund vor als beim Collagen.

Was den Chemismus der Secretion und des Verkalkungsvorganges der Schalensubstanz selbst anbelangt, so hatte *C. Schmidt*⁷³⁾ die Meinung geäußert, daß die Epithelzellen des Mantels ein eigenthümliches Kalkalbuminat aus der Hämolymphe abcheiden, und dieses dann zur Schale erhärte. In der Hämolymphe von *Anodonta* hatte *Schmidt* Fibrinogen, Kalkalbuminat, Alkalien, Calciumphosphat nachgewiesen und glaubte nun, daß in den Mantel-epithelien aus der Hämolymphe freies Albumin und Calciumphosphat abgechieden und dem Kreislaufe zurückgegeben, während ein anderer Albuminkalk zur Schale abgefondert werde.

Dank den Untersuchungen so vieler ausgezeichnete Mineralogen sind wir weit besser als über jene Verhältnisse über die Menge der anorganischen Bestandtheile, über deren Modification und Ablagerungsweise in den Molluskengehäufen unterrichtet. Wie aus beistehenden analytischen Belegen ersichtlich sein wird (in denen zwar die gesammte ermittelte Kohlen säuremenge auf Calciumcarbonat berechnet und auf die übrigen, in der Schale vorhandenen

Carbonate keine weitere Rückficht genommen wurde), ist der Afchengehalt der Molluskengehäufe ein fehr bedeutender, und dementsprechend hoch ist auch ihr specifisches Gewicht. Letzteres fand *G. Rofe* bei einer Schale von *Strombus gigas* = 2,97, Specifisches Gewicht der Molluskengehäufe und Gehalt derselben an Calciumcarbonat:

Species (unterfucht von <i>de la Bèche</i>)	Spec. Gewicht	Species	CO ₃ Ca in Procenten	Species (unterfucht von <i>Schloßberger</i>)	CO ₃ Ca in Procenten	
<i>Helix pomatia</i>	2.82	Schloßberger { <i>Venus decus- sata</i>	93.5	<i>Oliva</i>	93.20	
<i>Bulimus decol- latus</i>	2.85		Schloßberger { <i>Mytilus edulis (junge)</i>	82.1	<i>Cypraea moneta</i>	92.85
<i>Paludina</i>	2.82			Schloßberger { <i>Anodonta</i>	89.0	<i>Turbo neritoides</i>
<i>Janthina com.</i>	2.66	Strom- bus { <i>gigas</i>	(<i>Potyka</i> bei <i>G. Rofe</i>) 99.19	<i>Voluta rustica</i>	92.01	
<i>Chiton</i>	2.79		(<i>Oesten</i> bei <i>G. Rofe</i>) 98.97	<i>Turritella fuscata</i>	88.70	
<i>Bulla, Voluta musica, Cassis testiculus</i>	2.83	<i>Helix pomatia (Joy)</i>	98.50	<i>Helix nemoralis</i>	82.62	
<i>Haliotis tuberc.</i>	2.70	Schloßberger { <i>Cypraea chinensis</i>	95.16			
<i>Strombus gigas</i>	2.77		Schloßberger { <i>C. erosa</i>	94.21		
<i>Pyrula Melon- gena</i>	2.84		Schloßberger { Pupa (aus Westindien)	93.48		
<i>Helix citrina</i>	2.87		Schloßberger { <i>Bulimus radiatus</i>	93.41		

also weit höher als das des Kalkspaths (2,6—2,8), ja selbst das des Aragonits (2,9) noch um etwas übertreffend. Die concholinöse, organifirte Grundsubstanz ist in der Schale oft nur in fehr geringer Menge vertreten, in *Strombus gigas* sinkt der Procentgehalt an ihr auf 0,8, doch immer bleibt sie durch die Ent-

kalkungsmethode nachweisbar, und ihr werden sich jedenfalls die so beträchtlichen Kalkablagerungen in ihrer Form anzuschließen haben. Sehen wir aber so die organische Materie auf ein Minimum reducirt, noch weit tiefer im Procentsatz sinken als bei den Steincorallen,⁷⁴⁾ welche man bis zu *Tournefort* und *Peyssonel* für vegetirende Steine hielt, dann kann es auch kaum mehr Wunder nehmen, wenn die Kalkfalze, ähnlich den Otolithen oder wie in den Kalkfäckchen an den Spinalganglien beim Frosche, ihren eigenen Formgesetzen folgen und in den säulenartigen oder platten Lückenräumen, welche die Conchiolinmembranen auszufüllen gestatten, als Krytallaggregate sich niederchlagen.

Bereits 1826 hatte *Hessel*⁷⁵⁾ Kalkspathrhomboëder in verfeinerten Crinoideen beobachtet und sah dieselben nur als eine weitere Ausbildung der Krytalltendenz an, welche schon in dem festen Gerüste des lebenden Thieres vorhanden sei. *Bournon* und *Haidinger*⁷⁶⁾ fanden später in dem zarten Maschenwerke der Echinidenstacheln⁷⁷⁾ den Kalkspath zwar nicht zu einzelnen Krytallen individualisirt, doch so gut ausgebildet, daß die einzelnen Seeigelfstacheln Kalkspathkrytallen glichen, indem die Hauptachse der Krytalle den Längsachsen des Stachels parallel ging und in dieser Stellung die rhomboëdrische, durch sämtliche Maschen des Stachelgewebes gleichmäßig hindurchgehende Spaltbarkeit des Kalkspathes deutlich wahrzunehmen war. Die Kalkimprägnationen der Molluskenschalen sind sehr ähnlicher Natur als die der Echinidenstacheln, während im Gegensatz dazu das Calciumcarbonat in den Panzern der Crustaceen völlig amorph verhartet.

An den Lamellibranchiatenschalen unterscheidet man 3 Lagen, deren Ausbildung aber bei verschiedenen Species großen Schwankungen unterliegt. Es sind dieses: 1. das Periostracum, d. i. die erhärtete und mit dem verkalkten Theile der Schale fest verwachsene, aber ablösbare Epidermis, welche mit dem Absatz der äußern Kalkschicht weiterhin wechsellagert und sich bis zwischen

diese und die innere Schicht, bisweilen auch noch in die letztere mit äußerst zarten Lamellen hinein fortsetzt. Unter dem Periostracum liegt 2. die zellige oder prismatische Schicht und zu innerst lagert 3. die aus zahllosen dünnen Plättchen zusammengesetzte, sehr verschieden stark entwickelte, aber niemals völlig fehlende Perlmutter-schicht. Bei den Gastropoden trifft man beide kalkhaltigen Schichten feltener (z. B. bei *Haliotis*, *Turbo*, *Trochus*) zusammen an, sondern hier ist gewöhnlich nur die zellige Schicht, welche als die porzellanartige bezeichnet wird, entwickelt.

Nachdem *Home* 1806 auf die schönen rhomboëdrischen Krystalle bei *Teredo gigantea* aufmerksam gemacht und Graf *Bournon* in seinem berühmten *Traité* von 1808 mitgetheilt hatte, daß er an Bruchflächen von *Strombus gigas* den rhomboëdalen Blätterdurchgang so deutlich wie an einem Stücke Kalkspath beobachtet und daran auch die Winkel von $101^{\circ}32'$ und $87^{\circ}28'$ gemessen habe, nachdem ferner *Brewster* (1814) gefunden, daß Perlmutter, gleich dem Aragonit, zwei Achsen doppelter Strahlenbrechung besitze, ist die krystallinische Textur der Molluskenschalen mehrfach Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Die Arbeiten von *L. v. Buch*, *Necker* und *Nöggerath* haben ergeben, daß bei den Lamellibranchiaten nur die eine der beiden Schalenschichten die Eigenschaften des Aragonits, die andere aber die des Kalkspaths besitzt; so fand *Necker*, daß das krystallinische Gefüge der äußeren Schichten der Schalen von *Unio* und *Anodonta* Körperwinkel zeige, welche mit Aragonit, aber nicht mit Kalkspath verträglich sind, daß alle untersuchten Schalen (ca. 30 Arten) und am stärksten die von *Pholas* und *Venerupis*, gleich dem Aragonit, isländischen Doppelspath ritzen und meist auch etwas schwerer als Kalkspath sind, aber doch das spezifische Gewicht des Aragonits (wohl wegen ihrer Beimengungen) nicht erreichen. Eine weitere Bestätigung fanden diese Ergebnisse durch mehrere geologische Funde.⁷⁸⁾ So zeigte sich z. B., daß in der Kreide von *Spondylus* oft allein die äußere

von Pinna in den Liaschiefern öfters nur die innere Schalenfchicht erhalten war, daß in dolomitischen und kiefeligen Kalkgebirgen außer den blättrigen Schalen von Ostrea und einigen Verwandten alle Conchylienreste bis auf ihre Abdrücke verschwunden waren, und man fand bei Petunculus im Tertiär die innere von der äußeren Schalenfchicht losgelöst.

Für die Gastropodengehäufe ist vorwiegend durch die Untersuchungen von *G. Rose* und *Leydolt* festgestellt, daß die Perlmutterfchicht aus Aragonit besteht, und daß diese nach dem Anätzen auf ihren Flächen 6- und Seckige Felder sichtbar werden läßt, welche Querschnitten durch Aragonitprismen von 116° , combinirt mit der Längsfläche, angehören. Auch die Porzellanfchicht läßt aus ihrem specifischen Gewichte und ihrer Härte eine Aragonitbeschaffenheit erschließen, doch gelang es nicht, an ihr die Structur wie an der Perlmutterfchicht hervorzurufen und es scheint demnach hier der Kalk durch die überwiegendere Menge der organischen Materien an der KrySTALLIFICATION weit mehr beeinträchtigt zu sein als in der Perlmutterfchicht. In der porzellanartigen Masse sind der Dicke nach gewöhnlich drei Kalklagen zu unterscheiden, welche aus kleinen, in allen Lagen gleich gebildeten, rechtwinklig spaltenden Plättchen oder Prismen zusammengesetzt, der Bruchfläche ein splittriges Aussehen geben. Die drei Lagen erweisen sich oft von sehr ungleicher Stärke und wie besonders schön bei *Strombus gigas* zu erkennen ist, sind die Plättchen in der mittlern Lage anders gestellt als in den beiden seitlichen.

Ist nun aber die constante Zusammensetzung der Knochenerde und der Molluskenschalen lediglich der Effect electiver Eigenschaften fecernirender Zellen, so liegt nichts näher als die Vermuthung, daß die physiologischen Versteinerungsmaterialien der Gerüstsubstanzen eine Vertretung durch isomorphe und chemisch analog constituirte Salze gestatten. Diese Frage versuchte schon vor vielen Decennien *Wiedemann* zu entscheiden und später erfuhr dieselbe durch *Roullin*⁷⁹⁾

eine ausgedehntere experimentelle Behandlung. *Rouffin* fand bei Hühnern sowohl nach Fütterung mit Witherit und Strontianit den Baryt- resp. Strontiangehalt der Eierschalen proportional den gefütterten Mengen steigen, als auch nach Einverleibung von Verbindungen mehrerer Schwermetalle (z. B. von Manganit, Manganoxydul, Zinkcarbonat, Eifencarbonat, von Kobalt, Kupfer wie Bleifalzen) die entsprechenden Metalle in den Eierschalen wieder, während er Thonerde und Antimon aus der Nahrung nicht in die Schale übertreten sah; auch beobachtete *Rouffin*, daß beim Kaninchen Calciumarsenat reichlich in den Knochen wiedererschien. Doch alle diese Beobachtungen gestatten keineswegs den Schluß, daß in diesen Fällen eine wirkliche Vertretung der normalen Organbestandtheile durch die künstlich zugeführten isomorphen Verbindungen und nicht nur eine, davon ganz unabhängige Retention derselben (wie in vielen anderen Organen, so auch in den Knochen und Eierschalen) stattgefunden hat. Eine Entscheidung der hier aufgeworfenen Frage ist demnach noch nicht erfolgt.

Die Verirdung der Molluskengehäuse und zwar ganz besonders bei Mitberücksichtigung der natürlichen wie künstlichen Perlbildung — wo es ja bekanntlich leicht gelingt, zwischen Mantel und Schale eingeführte Fremdkörper, ähnlich wie in den Karlsbader Quellen mit Kalksinter, so hier gleichmäßig mit Perlmuttersubstanz zu überkleiden — führt uns unmittelbar über zu der dritten Art der Petrificationen, welche sich von den beiden, bisher betrachteten Versteinerungsweisen, der auf rein chemischem Wege erfolgenden (wie bei den Hyalogenen und Hyalinen) und der, auf einer vitalen Zellenfunction beruhenden, welche sich am Effectvollsten bei den Nulliporen⁸⁰⁾ gestaltet und in der Holothurienhaut die zierlichsten und regelmäßigsten Kalkgebilde hervorbringt, sehr wesentlich unterscheidet, wenn schon man die Unterschiede selten beachtete und die Verhältnisse, bei denen es sich lediglich um ein Absetzen oder Niederschlagen von schwer löslichen Materien auf todt, durch

zackige Vorsprünge und andere Unebenheiten dazu besonders geeigneten Fremdkörpern handelt, gern zur Erklärung der beiden anderen Verfeinerungsmodi herangezogen hat.

Bei allen derartigen, rein mechanisch resultirenden Incrustationen treffen wir ein Ablagerungsmaterial an, welches sich in den Gewebsflüssigkeiten normal gelöst findet, sich aber durch seine schwere oder durch eine, von der Reaction der Fluida sehr abhängige Löslichkeit auszeichnet. So wissen wir, daß, wenn im menschlichen Urine die Erdphosphate ausfallen, und diese in der Blase, ja schon im Nierenbecken ein Sediment bilden und selbst die Epithelien der offenen Sammelröhren in den Nierenpyramiden incrustiren, eine Verringerung der Acidität und vollends die Alkalescenz des Harnes dafür eine ausreichende Erklärung bietet. Oft bedarf es aber zum Unlöslichwerden derartiger Stoffe nicht einmal einer Veränderung der Reaction, sondern ein längeres Stagniren der mit diesen Körpern überladenen Flüssigkeit, eine Verzögerung ihrer Fortbewegung in dilatirten Organen, in Divertikeln, Proctus und Venenplexus ist ausreichend eine Sedimentirung zu veranlassen und ganz besonders in solchen Fällen, wo durch irgend welche Ursache sich die schwer löslichen Substanzen in den Fluidis in ungewöhnlich großer Quantität angehäuft finden. Wie wir bereits erörterten, spielt bei den Incrustationen, welche lediglich eine mechanische Ursache haben, auch die Anwesenheit eines Fremdkörpers, zu welchen im Organismus verbliebene abgestorbene Massen das Hauptcontingent stellen, eine große Rolle. Die todt Trichine oder Finne incrustirt sich von außen nach innen fortschreitend mit Erdsalzen, die Extrauterinfrucht bekommt eine förmliche Kalkschale und wird so zum Lithopädon, der Thrombus verwandelt sich in einen Venenstein, das Exsudat in ein mörtelartiges Concrement und winzige Schleimflöckchen, Blutgerinnsel, Mikroccoen- wie Bacterienansammlungen können die Veranlassung, ein Punctum crystallisationis werden für die Bildung eines Gallen-, eines Darm- oder Harnsteines,

eines Speichel-, Zahn- oder Mandelsteines. Doch bedarf es augenfcheinlich nicht einmal der Nekrose, d. h. des völligen Erlöschens der vitalen Vorgänge, um einen günstigen Boden für die Ablagerung der Erdfalze zu schaffen, sondern es genügt hierfür vielleicht schon eine erheblichere Schwächung und eine hochgradig verringerte Energie derselben, eine Obsolescenz, wie es *Virchow* genannt hat. Ob nun aber auch auf einer solchen z. B. die Kalkincrustationen der senilen Gefäße und die zuweilen sehr voluminösen Verkroidungen gefäßarmer Gefchwülste beruhen, wie eine große Zahl pathologischer Anatomen angenommen hat, ist stark zu bezweifeln und die Mitwirkung der *Vita minima* bei dem Zustandekommen dieser Verkalkungen noch keineswegs ausgeschlossen. Hüten wir uns stets, die einfachen Sedimentirungen irgend welcher Stoffe in gefättigten Secreten oder Gewebsflüssigkeiten und die daraus mechanisch refultirenden Incrustationen mit den chemischen und durch vitale Proceße erfolgenden Petrificationen zu confundiren oder die Letzteren wegen jener für verständlicher zu halten.

Die allgemeineren Gesichtspunkte, welche sich bei Betrachtung der Gerüstsubstanzen in der Thierreihe gewinnen ließen, sind im Vorhergehenden (vergl. u. a. S. 232) hervorgehoben und es würde unfruchtbar bleiben, wollten wir nochmals das ganze Thierreich in Hinblick auf die einzelnen Klassen und Ordnungen darauf durchmustern. Um so mehr glaube ich, von einer derartigen Aufzählung Abstand nehmen zu dürfen, als man sich in den letzt vergangenen Decennien nicht sehr weit von dem Punkte entfernt hat, auf welchem sich *Schloßberger* und die Bearbeiter von *Bronn's* Classen und Ordnungen des Thierreichs befanden, als sie eine Darstellung der thierischen Gerüstsubstanzen nach diesem Eintheilungsprincipe durchführten; ist doch ziemlich Alles, was ich Ihnen mehr als jene Compileren zu Ende der fünfziger und zu Beginn der sechziger Jahre unseres Jahrhunderts zu bringen vermochte, erst das Werk der allerletzten Jahre, zum Theil nicht ein-

mal ausführlicher publicirt und noch kaum in weitere Kreise gedrungen!

Schließlich würde der erfolgreichen Arbeiten zu gedenken sein, welche uns eine so innige Beziehung zwischen der feineren Textur und der Function der einzelnen Stützorgane erschlossen haben. Alle Untersuchungen dieser Art beschränken sich indeß noch immer einerseits auf den Menschen und andererseits auf die Gewächse, und gestatten deshalb noch keine vergleichend physiologische oder allgemein biologische Behandlung.

Obgleich dieses Forschungsgebiet in der animalen Physiologie und Morphologie seine Wiege fand, so hat es in diesen Disciplinen leider doch nur verhältnißmäßig sehr wenige Bearbeiter angezogen, ja selbst nur einen kleinen Kreis von Interessenten gefunden! Eine weit zahlreichere Theilnahme wurde den Arbeiten *Schwendener's* von Seiten der Pflanzenphysiologen entgegengebracht, und auf diesem Felde konnte es *Potonié*⁸¹⁾ auch schon unternehmen, ein gedrängtes Bild von den Untersuchungen über «das Skelet der Pflanzen» zu entwerfen. Wenn aber die einzelnen thierischen Gerüstsubstanzen dermaleinst genauer erforscht sein werden, und die Einblicke in die gegenseitigen Verwandtschaftsverhältnisse derselben vollständiger geworden sind als heute, dann werden zweifellos auch die Beziehungen zwischen Textur und Function eine allgemeinere wie größere Würdigung finden und auch einer vergleichend physiologischen Behandlung nicht mehr unzugänglich bleiben.



Anmerkungen und Literaturnachweise.

¹⁾ Vgl. *Krukenberg*, Die eigenartigen Methoden der chemischen Physiologie. Heidelberg. 1885. S. 6—8.

²⁾ *P. Ehrlich*, Das Sauerstoff-Bedürfniß des Organismus. Eine farbenanalytische Studie. Berlin. 1885.

³⁾ Es ist schon mehrfach die Frage aufgeworfen, warum die gegen chemische Agentien sich so resistent verhaltenden Gerüst- und Decksubstanzen der Wirbellosen (besonders das Chitin, Cornein und Spongine) nicht, wie sich erwarten ließe, als Ueberreste von so vielen vergangenen Generationen, den Meeresgrund in ungeheurer Masse erfüllen, warum von ihnen weit weniger zurückbleibt als von den verkalkten Binnenfkeleten der Steinkorallen? — Zwar ist es richtig, daß das Chitin, Cornein, Spongine, Conchiolin wie auch das Tunicin von den proteolytischen Enzymen durchaus nicht verändert werden, aber dem fermentativen Verdauungsvermögen, welches bei den Mikroorganismen so sehr entwickelt ist, vermögen jene Substanzen ebenfowenig als die Cellulosemembranen der Pflanzen Widerstand zu bieten; der Zersetzung durch Fäulnisvorgänge sind sie, gleich den eiweißartigen Gewebsbestandtheilen, wenn schon langsamer unterworfen.

Diesem Verhalten entsprechend beobachtete *Schloßberger* (*Ann. d. Chem. u. Pharm.* Bd. 98. S. 119 und 120), daß Chitin, welches ein Jahr unter Wasser aufbewahrt wurde, erweichte, unter Entwicklung eines «eigenthümlichen Geruches» in eine schleimige Masse zerfloß und theilweise sich auch löste.

⁴⁾ *Fr. Hofmeister*, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. II. 1878. S. 288—295.

⁵⁾ *F. Hoppe-Seyler*, *Handb. d. physiol.- und pathol.-chem. Analyse.* V. Aufl. Berlin. 1883. S. 260.

⁶⁾ Vgl. *Cohnheim*, *Vorlesungen über allg. Pathologie.* Bd. I. 2. Aufl. Berlin. 1882. S. 652—654; *J. Sachs*, *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie.* Leipzig. 1882. Vorles. 19—21. *Hoppe-Seyler*, *Physiologische Chemie.* Berlin. 1881. S. 1002—1009.

⁷⁾ *Krukenberg*, *Ueber die Hyaline.* Würzburg. 1883.

⁸⁾ *Landwehr*, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. VIII. 1884. S. 167.

⁹⁾ *Petri*, *ibid.* S. 291—297.

¹⁰⁾ *V. Palchutin*, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1884. S. 689—695.

¹¹⁾ *Drechfel*, Chemie der Abfonderungen u. Gewebe. *Hermann's* Handbuch der Physiologie. Bd. V. Th. II. Leipzig. 1883. S. 587.

¹²⁾ Literatur über das Tunicin (thierische Cellulose):

C. Schmidt, Zur vgl. Physiologie der wirbellosen Thiere. Braunschweig. 1845. S. 61—65; *Lowig* u. *Koelliker*, Compt. rend. T. 22. 1846. p. 38 u. Ann. scienc. nat. 3. Sér. T. V. 1846. p. 193—239; *Payen*, Compt. rend. T. 22. p. 581 u. Ann. scienc. nat. T. V. 1846. p. 240—242; *H. Schacht*, *Müller's* Archiv. 1851. S. 176—200; *Berthelot*, Ann. chim. et phys. 3. Sér. T. 56. 1859. p. 149; *Schäfer*, Ann. Chem. u. Pharmac. Bd. 110. 1871. S. 312—329; *F. E. Schulze*, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 12. 1863. S. 175—188; *O. Hertwig*, Jenaische Zeitschr. Bd. 7. 1873. S. 46—73; *Franchimont*, Ber. d. d. chem. Ges. Bd. 12. 1879. S. 1938—1940; *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. Heidelberg. 1881. S. 32 Anm. 1.

¹³⁾ Nur von *Bugula plumosa* fanden mir durch gef. Vermittlung der zoologischen Station zu Neapel erheblichere Quantitäten zur Verfügung, und diese Art eignet sich schon wegen ihres großen Gehaltes an Bugulapurpur schlecht zum Studium jener vielleicht ganz eigenthümlichen Gerüstsubstanz, welche die Anwendung sämmtlicher, beim Chitin gebräuchlichen Reinigungsverfahren gestattet. Der mit verd. Salzsäure, Alkohol und Aether extrahirte, mit Wasser stundenlang ausgekochte und schließlich mit Natronlauge mehrere Tage digerirte wergartige Rückstand der *Bugula* enthielt 14,3% anorganische Bestandtheile, und es erschien deshalb wenig lohnend, denselben einer Elementaranalyse zu unterwerfen. Beim Eindampfen mit conc. Salzsäure auf dem Wasserbade bildeten sich reichlich schwarzbraune, amorphe Materien, nur sehr wenig war von Stoffen entstanden, die alkalische Kupferlösungen beim Kochen desoxydirten und in Alkohol löslich waren. Die in angegebener Weise gereinigte Substanz der Ectocyten färbte sich weder (zum Unterschiede von allen Eiweißstoffen und auch vom Cornein) beim Kochen mit *Millon's* Reagens, noch mit Kalilauge (zum Unterschiede von Conchiolin und Cornein) gelb; auch löste sich dieselbe nicht, wie das Chitin, in conc. kalter Salzsäure auf und wurde, im Vergleich mit den übrigen Gerüstsubstanzen, selbst von conc. Schwefelsäure nur langsam angegriffen.

¹⁴⁾ Literatur über das Chitin und Glykofamin:

Chitin bei Arthropoden: *A. Odier*, Mém. de la soc. d'hist. nat. de Paris. T. I. 1823. p. 29; *Lassaigne*, Compt. rend. T. 16. 1843. p. 1087 u. Journ. de chim. médicale. 2. Sér. T. 9. 1843. p. 379; *Payen*, Compt. rend. T. 17. 1843. p. 227; *Children* und *Daniell*, *Todd's* Cyclop. of anat. and physiol. T. II. p. 882; *C. Schmidt*, a. a. O., S. 32—69 u. Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. 54. 1845. S. 284; *Lehmann*, Journ. f. pract. Chem. 1843. S. 323 u. Lehrb.

d. physiol. Chemie. Bd. I. Leipzig. 1853. S. 382; *E. Frémy* Ann. chim. et phys. 3. Sér. T. 43. 1855. p. 93—96; *Schloßberger*, Ann. Chem. u. Pharm. Bd. 98. 1856. S. 115—120; *Péligot*, Compt. rend. T. 47. 1858. p. 1034; *G. Staedeler*, *ibid.* Bd. 111. 1859. S. 21—28; *Bütschli* u. *Emmerling*, *Du Bois-Reymond's* Archiv. 1874. S. 362 ff.; *G. Ledderhose*, Ber. d. d. chem. Gef. Bd. 9. 1876. S. 1200—1201, Zeitschr. für physiol. Chem. Bd. 2. 1878. S. 213—227 u. Bd. 4. 1880. S. 139—159; *E. E. Sundwik*, *ibid.*; Bd. 5. 1881. S. 384—394; *Krukenberg*, Vergl. physiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. 1881. S. 32.

Chitin bei Mollusken: *Hilger*, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 102. 1867. S. 418—424; *Schmiedeberg*, Mitth. a. d. zoolog. Station z. Neapel. Bd. 3. 1882. S. 392; *Krukenberg*, Ber. d. d. chem. Gef. Bd. 18. 1885. S. 989—993; *W. D. Halliburton*, Quart. Journ. of microsc. scienc. Vol. 25. New Ser. 1885. p. 173—181.

Glykofamin: *Ledderhose*, a. a. O.; *Sundwik*, a. a. O.; *F. Tiemann*, Ber. d. d. chem. Gef., Bd. 17. 1884. S. 241—251; *Krukenberg*, *ibid.*, a. a. O.

¹⁵⁾ *Cl. Bernard*, Leçons sur les phén. de la vie etc. T. II. Paris. 1879. p. 113.

¹⁶⁾ *A. Ewald* u. *Kühne*, Ueber einen neuen Bestandth. des Nervenystems. Sep.-Abdr. a. d. Verh. des naturh.-medic. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. I. Heft 5. 1876. S. 13.

¹⁷⁾ *Rud. Leuckart*, Arch. f. Naturgeschichte. 18. Jahrg. 1852. S. 22—28.

¹⁸⁾ *T. H. Huxley*, Der Krebs. Leipzig. 1881. S. 165 u. 166.

¹⁹⁾ Literatur über das Spongium:

L. Posselt, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 45. 1843. S. 192—198; *J. H. Croockewit*, *ibid.*, Bd. 47. 1843. S. 43—56; *Schloßberger*, *ibid.*, Bd. 108. 1859. S. 64; *Staedeler*, *ibid.*, Bd. 111. 1859. S. 16—21; *Krukenberg*, Vergl. physiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. S. 15 Anm. 1.

²⁰⁾ Literatur über das Conchiolin:

H. Koff, Ueber die Structur u. chem. Zuf. einiger Muschelschalen. Dissert. medic. Wirceb. Hildburghausen. 1853 (bietet nichts als völlig unrichtige Analysen); *Frémy*, Ann. chim. et phys. 3. Sér. T. 43. 1855. p. 96—97; *Schloßberger*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 98. 1856. S. 99—109 u. Die Chemie der Gewebe. Leipzig u. Heidelberg. 1856. I. S. 243—247; *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. 1881. S. 16—24, II. Reihe I. Abth. 1882. S. 58—62 u. Ber. d. d. chem. Gef. Bd. 18. 1885. S. 989—993. — Viele neuere Resultate über das Conchiolin habe ich bislang nicht publicirt; eine ausführlichere Arbeit wird aber demnächst von mir in der «Zeitschrift für Biologie» erscheinen.

²¹⁾ Literatur über die Byffussubstanz:

Lavini, Mem. d. r. Accad. d. sc. d. Torino 1835. T. 38. S. 111; *Scharling*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 41. 1841. S. 48; *R. Leuckart*, Archiv f. Naturgeschichte.

1852. S. 25; *Schloßberger*, Ann. Chem. u. Pharm., Bd. 98. 1856. S. 109—114 u. Chemie der Gewebe. 1856. S. 248—251; *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. II. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 59—62.

22) Literatur über das Cornein:

Valenciennes, Compt. rend. T. 41. 1855. p. 11; *Frémy*, Ann. chim. et phys. 3. Sér. T. 43. 1855. p. 97; *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. 1881. S. 2—16 u. Ber. d. d. chem. Gef. Bd. 17. 1884. S. 1843—1846.

23) *G. v. Koch*, Morphol. Jahrb. von *Gegenbaur*. Bd. 4. 1877. S. 269—278 u. Bd. IV. Suppl. 1877. S. 74—86.

24) Literatur über das Fibroin und Sericin:

Mulder, *Poggendorf's* Ann. Bd. 37. S. 594, Bd. 39. S. 498 u. Bd. 40. S. 289; *Hinterberger* u. *Waltenberger*, Ber. d. Wiener Acad. Bd. 11. 1853. S. 450; *Staedeler*, Ann. Chem. u. Pharm. Bd. 111. 1859. S. 12—28; *A. Vogel jun.*, Chem. Centralbl. 1859. S. 527; *Schloßberger*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 110. 1859. S. 245; *E. Cramer*, Unterf. d. Seide u. des thier. Schleims. Zürich 1863; *Bolley*, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 93. S. 347 u. Bd. 108. S. 364.

25) *Péligot*, Compt. rend. T. 33. p. 490.

26) *Schloßberger*, Chemie der Gewebe. 1856. I. S. 251.

27) Literatur über die Hyalogene und Hyaline:

Sog. Hyalin der Echinococcusblafen: *A. Lücke*, Arch. f. path. Anat. Bd. 19. 1860. S. 189—196; *Hoppe-Seyler*, Handb. d. physiol. u. path.-chem. Analyse. 4. Aufl. Berlin. 1875. S. 198; *Krukenberg*, Ueber die Hyaline. Würzburg. 1883. S. 7. Ann. 3.

Hyalogene in der Holothurienhaut: *C. Semper*, Reifen im Archipel der Philippinen. Theil 1. Bd. 1. Holothurien. Leipzig. 1868. S. 171—175. *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. II. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 35—48 und Zeitfchr. f. Biologie. Bd. 20. 1884. S. 310.

Hyalogene in den Wohnröhren der Chätopoden: *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. 1881. S. 28—30, II. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 57—58 u. Ueber die Hyaline. Würzburg. 1883; *O. Schmiedberg*, Mitth. a. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. 3. 1882. S. 373—392.

Achroodextrin aus *Helix pomatia*: *Landwehr*, Zeitfchr. f. physiol. Chem. Bd. 4. 1882. S. 74—77.

Chondroitinsäure aus Säugethierknorpel: Vgl. meinen ausführlichen Aufsatz in der Zeitfchr. f. Biologie. Bd. 20. 1884. S. 307—326.

Sog. Mucin, Met- u. Paralbumin: *O. Hammarsten*, Zeitfchr. f. physiol. Chemie. Bd. 6. 1882. S. 194—226; *Landwehr*, *ibid.* S. 371—383, Bd. 8. 1884. S. 114—121 u. S. 122—128.

Hyalinbildung in der Haut der Schlangen: *S. de Luca*, Compt. rend. T. 57. 1863. p. 437—440; *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. II. Reihe. 2. Abth. 1882. S. 92. Ueber die Hyaline. 1883. S. 18 u. 19.

Nach *Cartier's* Untersuchungen (vgl. *Semper*, Die natürl. Existenzbedingungen der Thiere. Leipzig. 1880. Th. I. S. 23 ff.) wird der Häutungsproceß der Schlangen, ganz analog der Häutung bei dem Flußkrebse nach *M. Braun's* Angaben, durch eine im Innern der Epidermis sich bildende Lage von sehr feinen, ungleichmäßig vertheilten Härchen, welche durch ihre Starrheit und Steilung die alte, abzuwerfende Haut mechanisch abheben, eingeleitet. Es liegt indeß auf der Hand, daß diese sog. Häutungshaare sich an der Häutung nur in zweiter Linie, erst wenn eine Erweichung der Verbindungsschicht eingetreten ist, bethätigen können, und daß der Bildung des so leicht löslichen Hyalins bei dem Vorgange die Hauptrolle zufällt.

Meine Untersuchungen des Chondrofins — jenes, in kalter Natronlauge leicht löslichen Rückstandes, welchen *Chondrosia reniformis* nach Behandlung mit verd. Salzsäure, Alkohol, Aether und andauernder Pepsineinwirkung hinterläßt, und der die *Millon'sche* Reaction in sehr vollkommenem Grade zeigt — sind in extenso noch nicht publicirt.

²⁸⁾ *Drechsel*, a. a. O., S. 587 u. 588.

²⁹⁾ *Hoppe-Seyler*, Arch. f. d. gef. Physiologie. Bd. 14. 1877. S. 400; *Ant. Schneider*, Beitr. z. vgl. Anat. u. Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere. Berlin. 1879. S. 4; *Krukenberg*, Zoolog. Anzeiger. 1881. S. 64—66; *Hoppe-Seyler*, ibid. S. 185—187; *Krukenberg*, ibid. S. 263—264 u. Vgl. physiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. 1881. S. 32—36.

³⁰⁾ Literatur über die Collagene und Glutine.

Leimgebende Stoffe bei Wirbellosen: *Pasquier*, *Berzelius'* Lehrbuch der Chemie. Bd. 4. Abth. 1. Dresden. 1831. S. 647; *Valenciennes*, Compt. rend. T. 19. 1844. p. 1146—1147; *Hoppe-Seyler*, Medic.-chem. Untersuchungen. Heft 4. 1871. S. 586; *Hilger*, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 102. 1867. S. 418—424, *Semper's* Reifen etc., a. a. O., S. 174—175 u. Arch. f. d. gef. Physiologie. Bd. 3. 1870. S. 166—171; *Schaefer*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 110. 1871. S. 330—333; *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. S. 21—28 und II. Reihe. 1. Abth. S. 35—55. Vgl. auch in Betreff des Collagenvorkommens bei Mollusken: *J. Müller*, Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 38. 1836. S. 318; *J. C. Strahl*, *Müller's* Archiv. 1848. S. 337—352; *Schloßberger*, Chemie der Gewebe. 1856. I. S. 13—14 und *F. Forster*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. 1877. S. 51—54.

Collagen und Glutin aus den Geweben von Vertebraten: Vgl. die bekannten chemischen und chemisch-physiologischen Handbücher, z. B. von *Gmelin-Kraut*, *Schloßberger*, *Lehmann*, *Drechsel* in *Hermann's* Handbuch, v. *Gorup-Belanez* und von *Hoppe-Seyler*.

³¹⁾ Collagen und Glutin verschiedener Herkunft ergaben folgende procentische Zusammenfetzung:

	Hautenblafe (Scherer)	Leim daraus (Muller)	Sehnen (Scherer)		Knochenknorpel (v. Bibra)	Knochenleim (Muller)	Leim aus fossilen Knochen (v. Bibra)
			I	II			
Kohlenstoff	50.56	50.76	50.77	49.56	50.13	50.40	50.40
Wasserstoff	6.90	6.64	7.15	7.15	7.07	6.64	7.11
Stickstoff	18.79	18.31	18.32	18.47	18.45	18.34	18.15
Sauerstoff und Schwefel	23.75	24.29	23.75	24.82	24.35	24.64	24.34

Die von *Frémy* (Ann. de chim. et de phys. 3. Sér. T. 43. 1855. p. 59 u. 60) in den Knochen gewisser Wasservögel und den Gräten einiger Fische aufgefundenene Substanz, welche sich vom Collagen durch ihre Resistenz gegen kochendes Wasser und gegen Säuren unterscheidet, doch nach *Frémy* dem Collagen gleich zusammengesetzt erscheint, dürfte in den Fischgräten wohl nichts anderes als Elastoïdin sein, welches sich so sehr rein in den Hornfäden der Selachier findet.

³²⁾ v. *Morocholetz*, Verhandl. d. naturh.-medic. Ver. zu Heidelberg. 1877. Bd. 1. Heft 5.

³³⁾ *Krukenberg*, Sitzungsab. d. Würzburger physik.-medic. Gesellsch. 1884 und Zeitschr. für Biologie. Bd. 20. 1884. S. 307—326.

³⁴⁾ *F. Hofmeister*, Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 2. 1878. S. 299—323.

³⁵⁾ Literatur über die Keratine: *Ewald* u. *Kühne*, a. a. O. (Neurokeratin); *Hammarsten* u. *V. Lindvall*, Jahresb. über d. Fortsch. der Thierchemie. Bd. 11 über das Jahr 1881. S. 38—39 (Schalenhaut des Hühneries); *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. II. Reihe. 1. Abth. S. 62—70 u. 2. Abth. S. 89—92 (Selachier-eierchalen); eine ausführlichere Untersuchung der Eierhüllen von *Scyllium catulus* werde ich demnächst in den Mitth. a. d. zoolog. Station zu Neapel mittheilen. Im Uebrigen vergl. die bekannten chemischen u. physiologisch-chemischen Handbücher, vor allem *Schloßberger*.

³⁶⁾ *Drechfel*, a. a. O., S. 601.

³⁷⁾ Vgl. den classischen Abchnitt über die Hornstoffe in *Kühne's* Lehrbuch der physiol. Chemie. Leipzig. 1868. S. 424—426.

³⁸⁾ Vgl. die Mittheilungen über das Schalenkeratin von *Raja quadrimaculata* (*S. L. Schenk*, Sitzungsab. d. Wiener Acad. Math.-nat. Cl. Bd. 68. Abth. 1. 1874. S. 365) und von *Scyllium catulus*, welche ich demnächst a. a. O. veröffentlichen werde; ferner vgl. mit einander die von *Kühne* (Lehrbuch etc. S. 552), *Hammarsten* (a. a. O.) und mir (Vgl. physiol. Studien. II. Reihe. 1. Abth. S. 66—70) gemachten Angaben über das Verhalten des Schalenkeratins der Hühnerier.

³⁹⁾ Literatur über die Elastine:

Echte Elastine (mit einem Kohlenstoffgehalte über 54%): *Mulder*, Verf. einer allg. phys. Chemie. Bd. 2. S. 592; *W. Müller*, Zeitfchr. f. rat. Medic. 3. Reihe. Bd. 10. Heft 2; *Erleumeyer* u. *Schöffner*, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 80. S. 357; *Horbaczewski*, Zeitfchr. f. physiol. Chem. Bd. 6. 1882. S. 330. Die Schalenhaut des Ringelnattereies behandeln: *Th. Eimer*, Tagebl. der 44. Verf. d. Naturf. u. Aerzte in Rostock. 1871. S. 55—57 u. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 8. 1872. S. 216—243; *Hilger*, Ber. d. d. chem. Gef. Bd. 6. 1873. S. 165—166; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. 2. Abth. 1882. S. 89—92.

Elastoïdine (mit einem Kohlenstoffgehalte unter 50%): Die Literatur über die fog. Hornfäden der Selachier ist von *v. la Valette St. George* (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 17. 1880. S. 187—193) zusammengestellt; cf. auch *M. v. Davidoff*, Morphol. Jahrb. Bd. 5. 1879. S. 458 Anm. 1. Ueber meine Untersuchungen der Hornfäden von *Mustelus* werde ich demnächst ausführlicher in den Mitth. a. d. zoologischen Station zu Neapel berichten.

⁴⁰⁾ Ausführlichere Mittheilungen meiner Untersuchungen über die Pennatulidenachsen liegen noch nicht vor.

⁴¹⁾ *H. Virchow*, Beitr. z. vergl. Physiologie des Auges. Berlin. 1882.

⁴²⁾ Literatur über die Gallerte der Medusen:

R. Virchow, Arch. f. path. Anat. Bd. 7. 1854. S. 558—562; *M. Schultze*, *Müller's Archiv*. 1856. S. 311—320; *Krukenberg*, Vergl. physiol. Studien. I. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 85 ff., II. Reihe 1. Abth. 1882. S. 23—34 und *Zoolog. Anzeiger*. 1880. S. 306; *C. Möbius*, *ibid.* 1880. S. 67 und 1882. S. 586.

⁴³⁾ Cf. *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. II. Reihe. 1. Abth. S. 23—34.

⁴⁴⁾ *Hoppe-Seyler*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 14. 1877. S. 400 und *Physiologische Chemie*. Berlin. 1877. S. 93.

⁴⁵⁾ *S. Stenberg*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1881. Anat. Abth. S. 105—108.

⁴⁶⁾ *Krukenberg*, Vergl. physiol. Studien. II. Reihe. 1. Abth. S. 69 u. 70.

⁴⁷⁾ *Kühne*, Lehrb. d. physiol. Chemie. 1868. S. 552 u. 553.

⁴⁸⁾ Um vollständig zu sein, darf ich nicht unerwähnt lassen, daß die von *M. Schultze* (Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. Leipzig. 1863. S. 29—36) in den Pseudopodien von *Actinosphaerium* entdeckten starren Achsenfäden, welche die Scheinfüßchen ihrer Länge nach durchsetzend, sich durch die ganze Rindensubstanz erstrecken und endlich mit einer feinen Spitze zwischen den peripherischen Vacuolen der Marksubstanz endigen, nach *Greef* (Sitzungsber. d. niederrh. Gef. in Bonn. 1871. S. 5) aus organischer Substanz bestehen. Nach *K. Brandt* (Sitzungsber. d. Gef. naturf. Freunde in Berlin. 15. Oct 1878 u. Monatsber. d. k. Ac. d. Wiss. in Berlin. 1881. S. 388—404) können junge Stacheln mit einander verschmelzen, auch in der Grundsubstanz des Thieres vollkommen aufgelöst werden und bestehen in der ersten Zeit, da

sie sich in 10 — 12%iger Kochsalzlösung auflösen, aus «reinem Vitellin», dem sich später noch eine andere organische Materie hinzugefügt, über die jedoch *Brandt* nichts mittheilt. Dasselbe Löslichkeitsverhältniß zeigt auch die von *Haeckel* als «Acanthin» bezeichnete organische Substanz der Acanthometriden- und Spongosphaera-Stacheln, deren Zerstörung beim Glühen und rasche Auflösung durch kauftische Alkalien und conc. Mineral Säuren bereits von *Haeckel*, deren langsame Löslichkeit in Ueberosmium- und Elligsäure von *Hertwig's* festgestellt war. Näheres wurde über das Acanthin von *Brandt* nicht ermittelt, und es bedarf somit noch weiterer Untersuchungen, bevor sich entscheiden lassen wird, ob dasselbe thatsächlich ein Albuminkörper, speciell ein Globulin resp. ein Nucleoalbumin ist.

⁴⁹⁾ Cf. *C. K. Hoffmann*, Niederl. Arch. f. Zool. Bd. 2. 1874—75. S. 2 und *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. S. 31.

⁵⁰⁾ *Schmiedeberg*, a. a. O., S. 387 u. 389.

Den Wohnröhren von *Onuphis tubicola* kommt nach *Schmiedeberg's* Analysen folgende Zusammenfassung zu:

H ₂ O	23.04
Onuphin	38.53
Albuminoïd	3.84
P ₂ O ₅	19.78
MgO	8.65
CaO	4.32
K ₂ O	0.82
Na ₂ O	0.23
SiO ₂ + Verluft . . .	0.79
	100.00%

⁵¹⁾ *Krukenberg*, Ueber die Hyaline. Würzburg. 1883.

⁵²⁾ *A. Lücke*, Arch. f. path. Anat. Bd. 19. 1860. S. 189—196.

⁵³⁾ *Kühne*, Lehrbuch etc. S. 390.

⁵⁴⁾ *H. Meckel*, Mikrogeologie, herausgeg. von *Billroth*. Berlin. 1856.

⁵⁵⁾ Siehe Tabelle auf S. 262.

⁵⁶⁾ Nach einer, in *Salkowski's* Laboratorium ausgeführten Untersuchung (*Seemann*, Arch. f. path. Anat. Bd. 77. S. 299) nimmt nämlich das Kaliumphosphat der Nahrung das Chlor des Blutplasma in Befschlag und der dadurch entstehende Mangel an Chloriden hat eine mangelhafte Bildung von Salzsäure im Magen zur Folge und macht auf diese Weise indirect die Lösung und Resorption der Kalksalze unmöglich.

⁵⁷⁾ *HeiB*, Zeitschr. f. Biologie. Bd. 12. 1876. S. 151—169.

⁵⁸⁾ *Hoppe-Seyler*, Physiologische Chemie. 1877. S. 104.

Procentliche Zusammenfetzung des Schmelzes, des Zahnbeines und von Knochen
 verschiedener Alters und verschiedener Thiere:

	Schmelz			Zahn- bein (Aeby)	Knochenerde						
	Rind (Aeby)	unaus- gebildet Schwein	aus- gebildet (Hoppe-Seyler)		Pferd	Ca	PO ₄	CO ₂	Cl	Fl	Mg
CaO	0.86	—	—	—	5.27	38.41	56.20	4.85	—	—	0.54
3Ca ₃ P ₂ O ₈	93.35	—	—	—	91.32	36.43	56.96	6.02	—	—	0.59
Ca CO ₂	4.80	89.09	94.30	93.40	1.61	37.66	54.81	7.06	—	—	0.47
MgCO ₂	0.78	—	—	—	0.75	37.98	54.86	6.88	—	—	0.28
Fe ₂ O ₃	0.09	—	—	—	0.10	37.97	56.73	4.97	—	—	0.33
CaSO ₄	0.12	—	—	—	0.09	40.13	52.16	7.81	0.18	0.23	0.29
CaCl ₂	—	0.46	0.62	0.68	—	38.52	53.29	5.65	—	1.97	0.58
MgHPO ₄	—	2.22	2.73	1.68	—	38.52	52.98	6.04	—	1.89	0.57
Lösliche Salze	—	0.24	0.15	—	—	40.69	53.50	8.45	—	0.30	0.28
Organ. Substanz	3.60	9.71	2.06	4.74	27.70	39.60	53.69	7.19	—	0.20	0.37

Zalesky fand in den Knochen vom Menschen 34.56% organische Substanz; vom Rinde 32.02%; vom Meerfischweihen 34.70%; von Testudo graeca 36.97%; Hentz dagegen beim Menschen 30.47—31.12%; beim Rinde 30.58%; beim Hammel 26.54%, um d ähnliche Schwankungen wurden auch von anderen Beobachtern gefunden.

⁵⁹⁾ Wichtigere Literatur über die Zusammenfetzung der Knochenerde:
J. Berzelius, Lehrb. d. Chemie. Dresden. 1831. Bd. 2. S. 622, Bd. 4. Abth. 1. S. 444; *Heintz*, Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 77. S. 267; *v. Recklinghausen*, Arch. f. path. Anat. Bd. 14. 1858. S. 466; *Wildt*, Diss. inaug. fac. philos. Leipzig. 1872; *Hoppe-Seyler*, Physiologische Chemie. 1877. S. 99—108; *Aeby*, Journ. f. prakt. Chemie. 2. Reihe. Bd. 5. S. 308 u. Bd. 6. S. 169; ferner Ber. d. d. chem. Gesellsch. Bd. 7. S. 555, Bd. 9. S. 469 u. Bd. 10. S. 408.

⁶⁰⁾ Die Analysen des fog. Chondrogens und des fog. Chondrins ergaben beifolgende Procentziffern:

	Rippenknorpel vom Mensch (<i>Scherer</i>)	Rippenknorpel des Karpfen (<i>v. Bibra</i>)	Cornea (<i>Scherer</i>)	Knorpelleim (<i>Mulder</i>)
Kohlenstoff	50.9	50.3	49.5	49.9
Wasserstoff	6.9	7.2	7.1	6.6
Stickstoff	14.9	18.4	14.4	14.5
Sauerstoff + Schwefel	27.2	24.0	28.9	29.0

In 100 Theilen frischer Knorpel eines Haies (*Seymnus borealis*) fanden *Peterfen* und *Soxhlet* (Journ. f. prakt. Chemie. 2. Reihe. Bd. 7. S. 179) 25,8% Trockensubstanz und 68,89% Asche. Letztere bestand aus 94,24% NaCl, 0,79% Na₂O, 1,64% K₂O, 0,40% CaO, 0,05% MgO, 0,27% Fe₂O₃, 1,03% P₂O₅ und 1,88% SO₃. Die organische Substanz des Knorpels enthielt 15,4% Stickstoff.

⁶¹⁾ Von den Panzern verschiedener Krebse finden sich folgende, ältere Analysen (cf. *Schloßberger*, Chemie der Gewebe. 1856. I. S. 218 u. 219) vor:

	Hummer		Schereen des Hummers (<i>C. Schmidt</i>)	Flußkrebs (<i>Mérat-Guillot</i>)	Brustpanzer des Flußkrebses (<i>C. Schmidt</i>)	Pagurus		<i>Squilla manis</i> (<i>C. Schmidt</i>)
	(<i>Guillot</i>)	(<i>Chevreul</i>)				(<i>Chevreul</i>)	(<i>Goebel</i>)	
CO ₂ Ca	40.00	49.26	67.73	60.00	46.26	62.80	68.50	19.50
(PO ₄) ₂ Ca ₃	14.00	3.22	9.29	12.00	7.01	6.00	14.68	17.66
Organ. Materie	28.00	44.76	22.98	28.00	46.73	28.60	16.50	62.84

⁶²⁾ Analysen von den Polypenflücken der Rindencorallen (*Gorgoninae*) liegen nur wenige vor. Am Genauesten dürfte die von *G. v. Koch* (Morph. Jahrb. Bd. 4. S. 118) mitgetheilte und von *Schridde* ausgeführte Analyse der Kalkglieder von *Isis Neapolitana* sein.

	Isis Neapolitana (Schröder)		Corallium rubrum	
			(Vogel, Ann. de chimie. T. 89 p. 113)	(Witting, Ann. der Chem. und Pharm. Bd. I. S. 113)
CO ₂	42.36	CO ₃ Ca	85.5	83.25
CaO	49.57	CO ₃ Mg	6.5	3.50
MgO	7.98	Fe ₂ O ₃	1.0	4.25
SiO ₂	0.09	Gyps + ClNa	0.5	
Organische Materie	unwägbar	Organische Substanz	1.0	7.75 (incl. Sand etc.)
		Wasser	6.0	

Der Procentgehalt an Asche ist bei den kalkreichen Achsen einiger Pennatuliden nach *Frémy* (Ann. de chim. et de phys. 3. Sér. T. 43. 1855. p. 98) der Folgende:

<i>Pennatula spinosa</i>	40.0%
<i>P. grisea</i>	31.2%
<i>P. phosphorea</i>	45.2%
(andere Form)	48.0%

Vollständigere Analysen zweier Pennatulidenspecies ergaben *Frémy* (ibid.) beifolgende Werthe:

	I.	II.
Calciumphosphat	23.70	16.00
Calciumcarbonat	44.26	53.57
In Säuren unlösliche organische Substanzen	16.40	11.10
In Säuren lösliche organische Substanzen	15.64	19.33

⁶³⁾ *Raspail* u. *Prévost*, *Bronn's* Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. 3. Abth. 1. 1862. S. 410.

⁶⁴⁾ Siehe Tabelle auf S. 265.

⁶⁵⁾ Vgl. *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Inf. der Univ. Heidelberg. Bd. 2. 1878. S. 287—289.

⁶⁶⁾ Vgl. Naturforscher von *W. Sklarek*. II. Jahrg. 1869. S. 47; Industrieblätter. 10. Jahrg. 1873. S. 388, 399, 408 u. 416 sowie die bekannten neueren Handbücher der Chemie.

⁶⁷⁾ Siehe Tabelle auf S. 266.

⁶⁸⁾ Vgl. die abweichenden Anschauungen von *Fel. Müller*, Zool. Anzeiger. 8. Jahrg. 1885. S. 70—75.

⁶⁹⁾ *C. Schmidt*, Zur vgl. Physiologie etc. S. 56.

⁷⁰⁾ *H. Meckel*, *Müller's* Archiv. 1846. S. 17.

40) Die vollständigsten Analysen von Molluskengehäusen, welchen ich auch die für Sepienchulpen gefundenen Prozentzahlen hinzugefügt habe, sind meines Wissens folgende:

	Lingula ovalis-Alche (Logan u. Hunt)		Lepas laevis (C. Schmidt)		Lepas-Alche (C. Schmidt)		Ofrea (Schlossberger)				Urio (abgerieben) (Voit)		Hyalaea (Berth. Wicke)		Helix pomatia (B. Wicke)		Sepia-Schulpen (J. F. John)	
							Perlmutter- schicht		Schuppen- schicht		Kreidartige Schicht				Schale			Epiphragma
							I.		II.									
Organ. Substanz	—		3.09		—		2.2		0.8		4.70		4.29		1.44		ca. 4.0	
CO ₂ Ca	11.75		—		0.7		94.7		98.2		6.27		93.68		93.49		86.75	
(PO ₄) ₂ Ca ₃	85.79		—		99.3		—		—		88.59		—		—		5.36	
(PO ₄) ₂ Fe ₂	—		96.01		—		3.1		0.8		6.71		—		1.62		0.16	
CO ₂ Mg	—		—		—		—		—		4.64		—		0.59		0.96	
MgO	2.80		—		—		—		—		—		—		—		—	
SiO ₂	—		—		—		—		—		—		1.62		—		—	
Fe ₂ O ₃	—		—		—		—		—		—		0.39		—		—	
P ₂ O ₅	—		—		—		—		—		—		0.02		—		—	

Krukenberg, Vergl.-physiol. Vorträge.

Literaturnachweise zu den Analysen: Logan u. Hunt, *Silliman's americ. Journ. sec. ser.* 17, p. 235; C. Schmidt, Zur vgl. Physiol. etc. S. 61; Schlossberger, *Chemie d. Gewebe*, I, S. 210 ff.; B. Wicke, *Brom's Klassen und Ordnungen des Tierreichs*, Bd. 3, Abth. 2, 1866, S. 915 u. 1187; Voit, *Zeitschr. für wiss. Zool.* Bd. 10, 1860, S. 470—498; J. F. John, *Meckel's Archiv f. Physiologie*, Bd. 4, 1818, S. 431—435.

67) Bestimmungen des Kiefelfäuregehaltes der Federn von
v. Gorup-Besanez

(Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 66. S. 321).

A. Einfluß der Nahrung auf den Kiefelerdegehalt der Federn.

Thiere		In 100 Thln. Substanz		In 100 Th. Afche Kiefelerde
Nahrung	Species	Afche	Kiefelerde	
Körner, Getreide etc.	Haushahn	7.43	3.71	50
	Truthahn	6.79	1.69	25
	Saatkrähe	4.83	1.95	38
	Taube	2.37	0.59	25
	Gans	3.83	1.47	38
	Rebhuhn	3.79	2.47	65
	Mittel	4.84	1.98	40
Fische, Fischeier, Wasserinsecten, Wasserpflanzen	Sturmmöve	1.25	—	—
	Nachtrabe	2.04	0.29	14
	Fischreiher	2.06	0.28	13
	Weißer Reiher	1.07	0.19	18
	Kropfgans	5.45	0.53	9
	Albatros	2.43	0.25	10
	Eisvogel	0.99	0.09	10
Mittel	2.41	0.23	10.5	
Säugethiere, Insec- ten	Schleiereule	2.92	1.35	46
	Waldkauz	1.41	0.39	27
	Mäusebussard	2.19	0.51	23
	Rauhfüßiger Falke	2.14	0.61	28
	Sperber	2.70	0.87	32
	Nebelkrähe (mit Fleisch gefüttert)	1.62	0.11	7
	Mittel	2.16	0.64	27

B. Einfluß des Alters auf den Kiefelerdegehalt der Federn.

Thiere		In 100 Thln. Substanz		In 100 Th. Afche Kiefelerde
		Afche	Kiefelerde	
Picus viridis	Altes Thier	2.19	0.62	28
»	Junges Thier	1.65	0.32	19
Corvus pica	Altes Thier	3.78	1.51	40
»	Junges Thier	2.30	0.74	32
Columba dom.	Altes Thier	2.37	0.59	25
»	Junges Thier	0.86	—	—

71) Literatur über die Verkalkung der Molluskengehäufe:

Réaumur, Histoire de l'acad. r. des scienc. Année 1709. Paris 1711. Mémoires. p. 364—400 u. Année 1716. Paris 1718. Mém. p. 303—311; *Hérissant*, ibid. Année 1766. Paris 1776. Mém. p. 508—540. *Home*, Philos. Transact. 1806. p. 276; *Comte de Bournon*, Traité complet de la chaux carbonatée et de l'aragonite. Vol. I. London. 1808. p. 310—338; *H. de la Bèche*, Researches on theoretical geology. London. 1834. p. 75 ff. *L. A. Necker*, Ann. d. scienc. nat. 2. Sér. Zoologie. T. 11. 1839. p. 52—55; *Bilchoff*, Lehrb. d. chem. Geologie. Bd. 2. S. 1136; *L. v. Buch*, Abhandl. der Berliner Academie. Jahrg. 1828. (1831). S. 47; *J. Noeggerath*, Archiv f. Naturg. Bd. 15. 1849. I. S. 209—224; *F. Leydolt*, Sitzb. d. math.-nat. Klasse d. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 19. 1856. S. 10—32; *G. Rofe*, Abhandl. d. k. Acad. d. Wiss. in Berlin. Jahrg. 1858. (Berlin 1859.) S. 63—111.

72) *Keferstein*, *Bronn's* Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. 3. Abth. 2. 1866. S. 909.

73) *C. Schmidt*, a. a. O.

74) Die ausgedehntesten Analysen der Mineralbestandtheile riffbauender Corallen sind von *Silliman* ausgeführt, der dieselben in *Dana's* umfangreichen Werke über die Zoophyten (Auszug im Americ. Journ. for scienc. sec. Ser. I. p. 189—199) bekannt machte. Derselbe fand:

	CO ₃ Ca	Fluoride und Phosphate	Organische Substanzen
<i>Porites favosa</i> (Sandwichsinfeln)	95.84	2.05	2.11
<i>P. limosa</i> (aus Feejees)	94.41	0.90	4.68
<i>P. cylindrica</i> (dto.)	94.80	0.95	4.24
<i>P. fragosa</i> (dto.)	93.87	1.56	4.56
<i>Madrepora palmata</i> (Westindien)	94.81	0.74	4.44
<i>M. spirifera</i> (Ceylon)	92.85	0.60	6.58
<i>M. prolifera</i> (Bermudasinfeln)	95.08	0.30	4.61
<i>M. plantaginea</i> (Ceylon)	94.88	0.71	4.40
<i>Pocillopora damicornis</i> (Saoloo)	94.65	0.55	4.79
<i>P. elongata</i> (Ceylon)	93.16	1.90	4.50
<i>P. grandis</i> (Feejees)	95.00	1.45	3.54
<i>P. ligulata</i> (Sandwichsinfeln)	93.84	0.55	5.60
<i>P. caespitosa</i> (dto.)	94.58	1.05	4.39
<i>Millepora tortuosa</i> (Feejees)	94.22	1.20	4.57
<i>Heliopora coerulea</i> (Ostindien)	95.54	1.00	3.45
<i>Gemmipora brassica</i> (Feejees)	92.75	1.50	5.75
<i>Maeandrina phrygia</i> (Ceylon)	93.56	0.91	5.54
<i>Astraea Orion</i> (Feejees)	96.47	0.80	2.73

Als Phosphate und Fluoride sind hier diejenigen Materien aufgeführt, welche aus der fauren Lösung durch Kalkwasser gefällt wurden. Bei einigen Arten, die *Silliman* in zahlreichen Exemplaren zur Verfügung hatte, konnte er diese Fällungen näher untersuchen. Sie bestanden aus:

	Porites fayosa	Madr. palm.	Madr. spir.	Madr. prol.	Madr. plant.	Pocill. lig.	Maeandr. phryg.	Astraea Orion
Kiefelfäure	22.00	12.25	13.50	10.32	23.74	5.35	11.0	30.01
Calciumoxyd	13.03	7.50	10.40	15.57	35.01	7.17	25.9	17.45
Magnesiumoxyd	7.66	4.20	1.63	38.49	1.25	0.49	0.8	24.57
Calciumfluorid	7.83	26.34	34.85	7.50	8.88	4.05	15.0	0.85
Magnesiumfluorid	12.48	26.62	19.06	2.62	20.44	4.25	23.2	4.31
Magnesiumphosphat	2.70	8.00	5.87	0.25	3.46	16.30	4.7	0.32
Albuminiumoxyd	16.00	14.84	14.69	25.25	7.12	35.00	19.4	22.49
Eisenoxyd	18.30	—	—	—	—	27.39	—	—

Die Arche des Skelets von *Stylophora digitata* besitzt nach *Schridde* (cf. *G. v. Koch*, *Jena'sche Zeitschr.* Bd. 11. 1877. S. 376) folgende procentische Zusammenfetzung:

CaO	53.7
CO ₂	41.7
H ₂ O	3.8
Fe	0.6
Mg	0.005
Rückstand	0.003
Verluft	0.012
	100,00

75) *Hefel*, Einfluß des organischen Körpers auf den unorganischen. Marburg. 1826.

76) *Haidinger*, Verhandl. d. böhm. Gefellsch. d. Wiss. Prag. 1841. S. 6 u. 7.

77) Eine Analyse der Schale des *Echinus lividus* durch *Brunner* (*O. Schmidt*, *Zoologie*. 1854. S. 66) ergab:

CO ₃ Ca	86.81
CO ₃ Mg	0.84
SO ₄ Ca	1.38
Andere Salze + Verluft	1.14
Organische Stoffe	9.83
	100.00

78) *Keferstein*, a. a. O. Bd. 3, Abth. 1. 1862. S. 411.

⁷⁹⁾ *Roussin*, Journ. de pharm. et de chimie. T. 43. p. 102.

⁸⁰⁾ *Damour's* Analysen (Compt. rend. T. 31. p. 253—255) von Nulliporen, Milleporen und verwandten Formen ergaben folgende Procentzahlen:

	Millepora cervi- cornis (Canal)	Litho- phyllum (Mittelmeer)	Melobesia (Algier)	Amphiroa tribulus (Antillen)	Halimeda opuntia (Rothes Meer)	Galax- aura fragilis (Antillen)
CO ₃ Ca	87.32	77.36	72.78	70.84	86.17	72.56
CO ₃ Mg	8.51	11.32	12.32	16.99	0.56	0.86
Na ₂ O	0.45	0.55	1.75	0.89	1.13	0.73
K ₂ O	0.34	0.27	0.65	0.39	0.54	1.02
Fe ₂ O ₃	0.55	0.08	0.20	—	—	—
SO ₃	0.89	0.95	1.25	0.93	Spuren	Spuren
P ₂ O ₅	0.23	0.32	0.38	0.27	Spuren	Spuren
Cl ₂	Spuren	0.60	0.34	0.53	0.84	1.17
SO ₄ Ca	—	—	—	0.20	0.55	1.80
Organ. Substanz	0.35	4.70	3.95	6.40	8.30	17.50
Feuchtigkeit	0.64	1.46	1.40	1.38	0.90	0.95
SiO ₃	—	—	—	—	—	2.20
Sand	0.63	1.36	4.28	—	—	—

Das Korallenmoos (*Corallina officinalis*) fand *Bouvier* (Anat. der Tange. 1843. S. 8) folgendermaßen zusammengesetzt:

CO ₃ Ca	61.6
CO ₃ Mg	7.4
(PO ₄) ₂ Ca ₃	0.3
SO ₄ Ca ₂	1.9
2(ClNa)	1.9
Fe ₂ O ₃	0.2
Gallerte	6.6
Eiweiß	6.4

⁸¹⁾ *H. Potonié*, Das Skelet der Pflanzen. Samml. wissensch. Vorträge von *R. Virchow* und *F. v. Holtzendorf*. Heft 382. Berlin. 1882.



V.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

CONTRACTILEN GEWEBE.



CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der contractilen Gewebe.

Kein zweites thierisches Gewebe würde ich namhaft zu machen wissen, welches bei einer nach jeder Richtung hin zutreffenden Definition eine so vielseitige und lohnende Vergleichung gestattet, wie das Muskelgewebe. Als das einzige faserig struirte Gewebe, welches unter Nerveneinfluß steht und sich in der Richtung der Faserung durch innere Kräfte vorübergehend verkürzt, erfüllt das Muskelgewebe in der Thierreihe überall die nämliche Function, aber sein chemischer wie histiologischer Bau und das Maaß seiner Leistungsfähigkeit bieten uns die denkbarsten Verschiedenheiten dar. Bald bauen sich die einzelnen Fasern aus einer großen Anzahl ungleichwerthiger Stücke, von isotropen und anisotropen, mehr oder weniger dicken Querscheiben auf, bald machen sie in ihrer ganzen Länge einen vollkommen einheitlichen Eindruck; bald finden wir sie überladen mit gewissen, leicht nachweisbaren Stoffwechselproducten, bald werden die constantesten Producte der Muskelthätigkeit aus dem Gewebe so schnell entfernt, daß es mannigfacher Anstrengungen bedurfte, dieselben als solche überhaupt nur zu erkennen; bald ist das ausgiebigste Contractilitätsvermögen an die Integrität des Muskelgewebes so eng gebunden, daß der ausgeschnittene Muskel seine physiologische Bestimmung kaum noch errathen läßt, und bald lehrt der physiologische Versuch, daß trotz einer annähernden Wahrung des chemischen Gefüges nur in Folge einer nicht leicht zu übersehenden Umlagerung

der histiologischen Elemente das ursprünglich als Muskelzelle angelegte Gebilde auf Reize nicht mehr zuckt, sondern statt dessen elektrische Schläge entsendet. Es liegt auf der Hand, daß bei einem derartigen Gewebe, dessen charakteristische Function so gewaltigen quantitativen Schwankungen unterworfen ist, dessen chemische Bestandtheile so wechselvolle sind, und dessen histiologischer Bau vom Unkenntlichen bis zum fein Differenzirten sich steigert, alle forschenden Augen darauf gerichtet waren, den Beziehungen nachzuspüren, welche zwischen Function, chemischem, physikalischem und histiologischem Verhalten in einer oder der anderen Weise nothwendig bestehen müssen.

Muskel und
formverän-
derliches
Proto-
plasma.

Die Function des Muskelgewebes, wie es mit seinen Scheiden, Nerven, Gefäßen und in der Art seiner Anordnung als Organ, als Muskel, uns entgegentritt, suchen wir in dem Vermögen, Verkürzungen auszuführen und so auseinander liegende Körperstellen einander zu nähern. Aber selbst dann, wenn wir die Contractionen unter Nerveneinfluß stellen, bleibt, entgegen der Anschauung von *Hermann*¹⁾, die Contractilität²⁾ kein Specificum des Muskels; denn es giebt auch eine große Reihe protoplasmatischer Gebilde, so z. B. die Chromatoblasten in der Haut der Pleuronectiden³⁾, welche mit Nerven verbunden sind. Soll ein Connex zwischen Function, chemischem, physikalischem und histiologischem Verhalten aufgesucht werden, so haben wir neben den Muskeln auch die Organe zu berücksichtigen, welche nervenlos, in ihrem feineren Gefüge gewöhnlich nicht faserig angeordnet sind und an denen deshalb auch die Contractionswellen in weniger fixirten Bahnen als an den Muskeln verlaufen. Wir setzen den Muskeln somit das innervirte und das sog. selbstcontractile, d. h. das wegen seiner Nervenlosigkeit nur direct zur Contraction zu bringende Protoplasma entgegen, und könnten als besondere Formen des selbstcontractilen Protoplasmas auch noch die den Muskelfasern durch die structurell vorgeschriebenen Contractionsbahnen sehr nahetretenden sog. «contractilen

Fasern», welche sich bei Spongien und Vorticellen finden, sowie die contractilen Antheile der Flimmerzellen unterscheiden. Der allgemeinste Unterschied in der Bewegung der Flimmer und der Muskelfasern besteht nach *Engelmann*⁴⁾ darin, daß die Formveränderung im ersten Falle nicht auf allen Punkten desselben Querschnittes gleichzeitig und gleich stark, also nicht symmetrisch in Bezug auf jede durch die Längsaxe des Organes gelegte Ebene, sondern asymmetrisch stattfindet: es erfolgt nicht eine geradlinige Verkürzung bezüglich Streckung, sondern eine Seitwärtskrümmung des Organs. Ob dieses Unterscheidungsmerkmal ein durchschlagendes ist, steht meines Erachtens aber sehr dahin, und einen triftigen Grund für die Behauptung, daß die contractilen Theilchen der Flimmerzellen nicht automatisch reizbar sind, hat uns *Engelmann* noch nicht geliefert. Die Fortpflanzung des Reizes wird bei den Flimmerorganen in analoger Weise erfolgen wie bei den Blättern der Sinnpflanzen, also auf sporadischen und partiellen Turgescenzercheinungen in den Zellkörpern selbst beruhen. Wenn nun aber *Engelmann*⁵⁾ äußert, die mit den Contractilitätserscheinungen einhergehenden Quellungen an den Flimmerorganen wie an den doppelbrechenden Querscheiben der Muskelfasern auf eine einfache Wasserimbibition «unzweifelhaft lebloser Körper (z. B. getrockneter oder in absolutem Alkohol erhärteter Bindegewebsfibrillen)» zurückgeführt zu haben, so möchte ich von ihm doch auch die Frage gelöst sehen, warum das Wasser die doppelbrechende contractile Substanz so rasch wieder verläßt und der Contraction eine Erschlaffung auf dem Fuße nachfolgen kann. So roh und plump, wie sich *Engelmann* die Contractionen vorstellt, verhalten sich diese vitalen Vorgänge jedenfalls nicht, und es gestatten dieselben nur anzunehmen, daß, wie es Theile giebt, die (z. B. die Gallerte der Medusen) nur solange sie leben, mit colossalen Wassermassen imprägnirt bleiben, und andere (Froscheileiter), die intra vitam jede mächtigere Wasseraufnahme verweigern, gleich nach dem Tode aber

die mehr als hundertfache Wassermenge auffaugen⁶⁾, auch in den contractilen Geweben solche existiren, bei denen die Wasseraufnahme und die Wasserabgabe entsprechend den vitalen Reizzuständen wechseln. Auch für die Behauptung *Engelmann's*⁷⁾, daß einige Flimmerzellen unter directem Nerveneinflusse stehen, fehlt jeder experimentelle Nachweis. Speciell für die Schwingplättchen von Beroë habe ich⁸⁾ gezeigt, daß die Nervenreize nicht die automatisch immer thätigen Flimmern treffen und deren Bewegungen direct sistiren, sondern dem Flimmerfchlage nur dadurch Einhalt gebieten, daß sie die Radialmuskeln zur Contraction bringen und daß erst in Folge dessen die Schwingplättchen wie durch Sperrleisten festgestellt und so indirect unbeweglich gemacht werden.

Abgesehen von der Zuleitung der regulirender Impulse und der Anordnung ihrer contractilen Elemente, sind die aufgezählten sog. selbstcontractilen Protoplasmaformen nicht näher zu präcificiren und auseinanderzuhalten, ja es gelingt selbst nicht, contractiles und nicht contractiles Protoplasma durch irgend ein chemisches Merkmal zu unterscheiden, und es entspricht daher dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft, wenn wir dieselben einfach unter der Bezeichnung «formveränderliches Protoplasma» den Muskeln gegenüber stellen.

Durch die in den siebenziger Jahren viel Aufsehen erregende Arbeit *Kleinenberg's* über Hydra schien sich der Begriff des Muskels noch anderweitig zu verwischen. Es verlohnt sich gewiß der Mühe, auf die *Kleinenberg's*chen Anschauungen hier etwas näher einzugehen, da dieselben jetzt auch unter den sog. Specialphysiologen ihre Verehrer gefunden haben und in kaum einem neueren Lehrbuche der sog. menschlichen Physiologie mit Stillschweigen übergangen sind; die Biologen wissen zwar schon seit einem halben Decennium, daß von dem viel bewunderten Gebäude der sog. Neuromuskultheorie⁹⁾ auch nicht zwei Steine aufeinander geblieben sind.

Kleinenberg wies nach, daß bei *Hydra* die Muskellamelle aus Zellenfortsätzen besteht, die mit den großen Zellkörpern des Ectoderms im ständigen Zusammenhange bleiben. Reizversuche, allerdings sehr primitiver Art und bei welchen Täuschungen keineswegs ausgeschlossen waren, zeigten ihm, daß die Fortsätze allein contractil sind, die dazu gehörigen Zellkörper dagegen sich bei den Bewegungen nur passiv verhalten. *Kleinenberg* hält es für unbillig, ein so beschaffenes Gewebe morphologisch einem der bekannten Gewebe anderer Thiere gleich zu setzen oder ihm physiologisch nur eine Function zuzuerkennen, vielmehr erblickt er in ihm den niedrigsten Entwicklungszustand des ganzen «Nervenmuskelsystems, in welchem eine anatomische Sonderung der beiden Systeme in der Weise, wie sie bei allen höheren Thieren vorkommt, noch nicht stattgefunden hat». Jede einzelne Zelle ist nach *Kleinenberg's* Theorie die Trägerin einer doppelten Function, indem die Theile derselben, die als lange Fortsätze in der Mitte der Körperwand verlaufen, contractil sind und als Muskel functioniren, während der Zellkörper, von dem sie ausgehen und der in unmittelbarer Berührung mit dem umgebenden Medium steht, Reize leitet und durch Uebertragung derselben auf die Fortsätze Contractionen an diesen auslöst, d. h. als motorischer Nerv wirkt. Eine so beschaffene Zelle wird daher als Neuromuskelzelle bezeichnet.

Gegenbaur und *Haeckel* versuchten diese Theorie weiter auszubilden, und sahen in den Neuromuskelzellen «die ersten Anfänge der in höher differenzirten Zuständen in dem Zusammenhang von Ganglienzelle, Nerven- und Muskelfaser ausgesprochenen Einrichtung.» «Wenn wir annehmen», äußerte *Gegenbaur*, «daß die bei *Hydra* nur als Fortsätze von Zellen erscheinenden Fasern allmählig einen Kern erhalten, indem das Theilungsproduct des Kernes der Zelle auf die Faser gelangt, daß ferner die Ectodermzelle nicht mehr so unmittelbar, sondern durch einen geforderten Fortsatz

mit der somit gleichfalls selbständiger gewordenen Faſer ſich verbindet, ſo iſt damit ein Uebergang zu jenem differenzirteren Zuſtande gegeben; Nerven wie Muskeln erſcheinen von dieſem Geſichtspunkte aus als die Producte der Sonderung einer und derſelben Gewebſſchicht des Ectoderms. Damit wird zugleich ein phyſiologiſches Poſtulat erfüllt; denn es iſt völlig undenkbar (?), daß Nerv oder Muskel in ihren Elementen einmal von einander gefondert beſtanden, und daß der die Functionen beider beſtimmende Zuſammenhang das Ergebniß einer ſpäteren Verbindung ſei.»

Zwar ohne die Entſtehung der von ihm beobachteten Theile aus einer Zelle nachzuweiſen, ſchrieb *Éd. van Beneden* dem Neuromuskelfyſteme bei *Hydractinia* eine höhere Ausbildung zu. Einer Stützlamelle liegen hier Muskelfaſern auf, deren jede von einer dünnen Protoplasmalage mit Kern bedeckt iſt. Ein Protoplasmafaden, ein wahrer motorifcher Nerv, ſtellt die Verbindung mit einer Ectodermzelle her, welche phyſiologiſch gleichzeitig die Stelle einer Sinnes- und Ganglienzelle vertritt. Die Neuromuskulzelle von *Hydra* ſoll ſich daher bei *Hydractinia* in eine neuroepitheliale Zelle, in eine Nervenfaſer und eine Muskelzelle gefondert haben.

Eine noch weiter gehende Differenzirung des Neuromuskelfyſtems ſollte nach *Eimer* bei *Beroë* und ſelbſt bei allen Acephalen, wahrſcheinlich überhaupt bei den Cölenteraten vorliegen. *Eimer's* Angaben zur Folge findet ſich bei den Rippenquallen unter einem einfichtigen Plattenepithel als äußerſte Lage einer muskelfreien Gallertſchicht, welche von dem die Muskelfaſern enthaltenden Theile der Gallerte überall ſcharf abgegrenzt iſt, eine derbe, dünne homogene Membran. Das Epithel wird der Epidermis, die Membran und die muskelfreie Gallertſchicht werden der Cutis der höheren Thiere verglichen und die beiden letzteren mit dem Namen der Nervea belegt, weil ſie ſich durch einen großen Reichthum an Nervenfaſern und Ganglienzellen auszeichnen, welche durch complicirte Netze von Primitivfibrillen mit äußerſt feinen, drei- und

vieleckigen Maschen zusammenhängen. Die auf der Nervea befindlichen Epithelzellen treten insgesammt mit feinsten Primitivfibrillen in Verbindung, welche aus dichotomisch sich theilenden Nervenfasern hervorgehen. Diese können durch die Gallerte verfolgt und als die directe Fortsetzung von Muskelfasern erkannt werden, wobei das Neurilemm in das Sarcolemm und die Nervensubstanz allmählig in die contractile Substanz übergeht. Der Uebergang zwischen nervösen und contractilen Fasern, welche beide zusammen Neuromuskelfasern genannt werden, geschieht an der inneren Grenze der Nervea, und eine weitere Eigenthümlichkeit des Nervengewebes der Beroiden besteht nach *Eimer* noch darin, daß sich überall «vollständige Uebergangsformen zwischen den ausgebildeten Ganglienzellen und den Varicositäten der Nervenfasern vorfinden», so daß die Nerven als «Ketten von Ganglienzellen oder Ganglienkernen» zu betrachten sind und, da kein anderes besonders differenzirtes Centralorgan vorhanden sein soll, die Nervea das Centralnervensystem der Beroiden darstellt.

Huxley, der die in einem passiven nutritiven Verhalten gegebene Eigenthümlichkeit der Nerven nicht kennt, glaubt, auch ohne selbst Hand an die Lösung der Frage gelegt zu haben, daß den *Kleinenberg'schen* Fasern der Neuromuskelnzellen lediglich eine leitende Function zukomme, und daß das von *Eimer* für Beroë geschilderte Verhalten darauf zurückzuführen sei, daß jene Fasern durch Entwicklung eines mächtigen Mesoderms sich trennten und verlängerten. Als Grund für seine Auffassung der *Kleinenberg'schen* Fasern als reine Leitungsbahnen vermag *Huxley* nur anzuführen, daß dieselben als contractile Elemente allein die Verkürzung, nicht aber die mindestens ebenso kräftige Verlängerung des Polypenkörpers erklären würden.

Eine richtige histiologische Deutung erfuhren die *Kleinenberg'schen* Befunde erst durch *Claus*, *Hertwig* und *Chun*. Diese Autoren verglichen den plasmatischen, nach außen gewendeten Theil der

fog. Neuromuskelzelle dem Muskelkörperchen höherer Thiere (dem wandtständigen Kerne mit umgebendem Plasma der jungen Ctenophoren-muskeln) und ersetzt zugleich, um die morphologisch wichtige Lagerung der Muskelzellen im Ectoderm und auch im Entoderm anzudeuten, die Bezeichnung «Neuromuskelzelle» durch den Namen «Epithelmuskelzelle». Treffend machen *Hertwig's* darauf aufmerksam, daß bei den Infusorien zwar, wo die größten histiologischen Sonderungen im Rahmen einer Zelle zu beobachten sind, die morphologische Einheit der functionell verschiedenen Theile niemals aufgegeben wird, daß aber bei den höheren Thieren die histiologische Sonderung nicht in der Weise erfolgt, daß eine Zelle zwei Functionen besonders ausbildet und dann entsprechend den beiden different gewordenen Theilen in zwei functionell verschiedene Zellenindividuen zerfällt, sondern daß es stets schon geforderte, ursprünglich gleichartige Zellen sind, die unter sich die Arbeit theilen und sich zu dieser oder jener Function besonders weiter entwickeln. «Die histiologischen Sonderungsproceffe beruhen nicht, wie die Neuromuskeltheorie annimmt, auf der Trennung und auf einem Selbstständigwerden verschieden differenzirter Zellentheile, sondern auf der verschiedenen Differenzirung getrennter und ursprünglich gleichartiger Zellen.»

Diese theoretischen Erwägungen fanden ihre Stütze darin, daß bei den Medusen, später auch bei den Actinien die drei als wesentlich zu bezeichnenden Elemente des Nervensystems: die Sinnes-, Gangliën- und Muskelzelle (durch Nervenfibriillen unter einander verbunden) thatsächlich zur Beobachtung gelangten, und daß die an Medusen wie an Ctenophoren gewonnenen experimentellen Resultate ohne die Annahme von Hemmungscentren ganz unverständlich bleiben mußten. Mit Hinweis auf letztere Erfahrungen bemerkte auch *Chun*, daß eine Neuromuskelzelle, die mit dem protoplasmatischen, nach außen gewendeten Fortsatze die Contractionen hemmenden Reize der contractilen Fafer zuleitet, ein Ab-

furdum ist. «Da gerade die Existenz von Hemmungsnerven diejenige eines irritablen Muskels voraussetzt, so werden wir zur Annahme gedrängt, daß erst secundär das Nervensystem mit dem Muskel in Verbindung trat, daß seine motorischen und hemmenden Qualitäten erst erworben wurden, nachdem die Sinnesorgane aus dem gleichsam neutralen Bildungsmateriale des Gemeingefühls in ihren specifischen Energien sich abgepalten hatten und das Bedürfniß entstand, die Perceptionen in zweckmäßiger Weise dem Gesamttorganismus zu Gute kommen zu lassen.» Erst in der vergleichenden Nervenphysiologie werde ich ausführlicher auseinander zu setzen haben, daß sich bei keinem Vertreter einer andern Classe unter den Wirbellosen der Beweis für die Existenz von motorischen Nervenendigungen, analog denen der quergestreiften Muskeln von Wirbelthieren so sicher führen läßt, als gerade bei den Medusen. Repräsentanten anderer Typen unter den Wirbellosen, welche mit den Wirbelthieren in der Einrichtung des ganzen Nervenmuskelapparates eine größere functionelle Uebereinstimmung darbieten, sind nicht aufzufinden gewesen! Und im Grunde die gleichen Einrichtungen, welche sich betreffs der Differenzirung und der Anordnung der Nerven Elemente durch einwurfsfreie Versuche für die Medusen ergeben haben, finden sich zweifellos auch bei den Anthozoön verwirklicht; denn die an verschiedenen Actinienspecies beobachteten Vergiftungsbilder stimmen in allen wesentlichen Punkten gut mit denen der Medusen überein und nur eine zu gleichmäßige Vertheilung der Ganglien, Nerven und Muskeln im übrigen Körpergewebe verbietet bei den Fleischpolypen eine scharfe experimentelle Trennung der einzelnen nervösen Theile auszuführen. Völlig negativ fielen dagegen die entsprechenden Versuchsergebnisse bei den Spongien aus; bei diesen Thieren ließen uns selbst die feinsten anatomischen Messer, als welche *Claude Bernard* die Gifte definiren konnte, vollkommen im Stiche, und selbst bei Formen, wie *Tethya*, deren Oscula sich beim Verlassen des Wassers sofort

schließen, gelang es mir nicht, die Elasticitäts- und Contractilitätswirkungen einzeln sichtbar und unterscheidbar zu machen. Diese Thatfachen bestimmen uns ebenso wie die erwiesene Irritabilität eines jeden contractilen Gewebes, die oben erörterte Meinung *Gegenbaur's* von einer unabänderlichen Verknüpfung von Nerv und Muskel als unzeitgemäß zu verwerfen und die Annahme *F. E. Schulze's*¹⁰⁾ von nervenlosen contractilen Fasern bei den Spongien wenigstens als höchst wahrscheinlich zuzulassen.

Unfere specielle Aufgabe sehen wir darin, an den contractilen Geweben die zwischen den chemischen, den physikalischen, den histiologischen und vitalen (d. h. den Contractilitäts-) Erscheinungen bestehenden Wechselbeziehungen klarzulegen. Der Lösung dieser Aufgabe stellen sich gegenwärtig noch mannigfache Schwierigkeiten in den Weg; die umfangreiche, einschlägige Literatur bietet uns nur wenig Verwerthbares und das Wenige von Unrath überwuchert. Würden wir zur Lösung unserer Aufgabe den naturgemäßen Weg einschlagen, mit unseren Betrachtungen bei dem formveränderlichen Protoplasma beginnen und uns darauf erst zu den differenzirteren Gebilden, den Muskeln wenden, dann würde unser ganzes Unternehmen an dem dürftigen Materiale sicherlich sehr bald Schiffbruch erleiden und vollkommen zu Wasser werden. Aber Dank den Arbeiten der letzten Jahre ist uns ein Einblick in den chemischen Bau und in die Leistungsfähigkeit wenigstens bei einigen Muskelarten gewährt: Errungenschaften sind zu verzeichnen gewesen, welche als ein gesicherter Besitz der Wissenschaft zu betrachten sind und auf welchem wir zuversichtlich weiter bauen dürfen. Ein vergleichend physiologischer Zusammenhalt des an Thatfachen Erworbenen kann sich allein aus einer Aneinanderreihung der Thatfachen selbst ergeben, und so wird unsere erste Aufgabe nur darin zu suchen sein, die vergleichend physiologisch verwerthbaren Daten auf Grund der, wenn auch nur an wenigen Muskelarten klargestellten Verhältnisse als solche zu erkennen und

zu würdigen lernen; erst eine zweite Aufgabe wird für uns darin bestehen, das durch Beobachtung Erworbene unter einheitliche Gesichtspunkte, unter Gesetze zu bringen. Diesen Principien gemäß betrachten wir zunächst die chemischen, die physikalischen und die histiologischen Eigenschaften der einzelnen Muskelarten, schließen hieran eine vergleichende Betrachtung der Muskelphysiologie und tragen dieser schließlich noch die wenigen vergleichend physiologisch verwerthbaren Thatfachen nach, welche an den formveränderlichen Protoplasmamassen erschlossen sind.

An dem Aufbau des Muskelgewebes betheiligen sich von organischen Stoffen nachgewiesenermaßen folgende:

1. Eiweißsubstanzen (Myofin, Musculin, Kaliaalbuminat, Serumalbumin etc.).
2. Stickstofffreie Säuren (Fleisch- und Gährungsmilchsäure).
3. Enzyme (Pepsin, Diastase).
4. Kohlehydrate (Glykogen, Erythroextrin, Fleischezucker, Inosit, Scyllit).
5. Fette.
6. Chromogene und Farbstoffe (Hämoglobin, Lipochrome, Uranidin der Insectenflugmuskeln).
7. Säureamide und Amidosäuren (Harnstoff, Harnsäure, Kreatin, Kreatinin, Taurin, Glykocoll, Körper aus der Xanthin-Gruppe [Xanthin, Carmin, Hypoxanthin], Inosinfäure, Protosäure)

und außerdem noch anorganische Salze (fog. Aschenbestandtheile), Wasser und Gase (Sauerstoff, Kohlenensäure).

Unter Einhaltung gewisser Vorichtsmaßregeln, vor allen einer Temperatur von etwa -7° C. gewann Kühne aus blutfreien Froschmuskeln eine deutlich alkalische Flüssigkeit: das Muskelplasma, welches ähnlich wie das Plasma des Blutes bei Zimmertemperatur gerann¹¹⁾. Die Gerinnung des Muskelplasmas beruht auf der Um-

Eiweiß-
stoffe.

wandlung einer myofinogenen Substanz in Myofin und erfolgt in gleicher Weise beim Eintropfen eines mit 10 %iger Kochsalzlösung bereiteten Fleischauszuges in destillirtes Wasser oder beim Sättigen deselben mit festem Kochsalz. Während *Kühne* das Myofin dem Fibrin an die Seite stellt, zählt es *Hoppe-Seyler* zu den Globulinen; seitdem jedoch, in Bestätigung früherer Angaben von *Kühne*, *Kuegler* und *Klemptner* nachgewiesen haben, daß die bei der Todtenstarre der Muskeln eintretende Myofingerinnung ein enzymatischer Vorgang ist, läßt sich *Hoppe-Seyler's* Auffassung nicht mehr aufrecht erhalten.

Das Myofin oder, richtiger gesagt, die myofinogene Substanz fand sich bei allen daraufhin geprüften quergestreiften Muskeln vor und muß als alleinige Ursache der sichtbaren Doppelbrechung derselben angesprochen werden. *Brücke's* sarcous elements sind demnach ein Bestandtheil des Muskelplasmas und mit dem Myofin identisch. Ebenso bedingt das Myofin die sog. Wasserstarre, jene Summe von Veränderungen, welche eintreten, wenn das Muskelgewebe mit destillirtem Wasser in unmittelbare Berührung gelangt, und in erster Stelle auch die spontane oder Zeitstarre, welcher sämmtliche muskulösen Gebilde (die quergestreiften wie die glatten, der Wirbelthiere wie der Wirbellosen) beim Absterben unterworfen sind. Das Myofin ist aber weder in seinem Vorkommen auf die contractilen Gewebe beschränkt, noch stimmt (wie die von *Danilewsky* angegebenen Unterschiede beim Sättigen der Myofine verschiedener Thiere mit Säuren und ihre differente Löslichkeit in Kochsalzlösungen, die von *O. Nasse* gefundene ungleiche Schwächung der Anisotropie bei Muskeln verschiedener Thiere nach Behandlung mit verschiedenen Neutralsalzen lehren) das Myofin aller Vorkommnisse in den Eigenschaften vollkommen überein. So fand *Bruns* Myofin in der Cornea und bezeichnete als dessen Sitz die contractilen Hornhautkörperchen, *Schweigger-Seydel* stellte es durch Maceration mit 10 %iger Kochsalzlösung aus der Cornea und den Sehnen

von Warm- wie Kaltblütern dar und hielt es für beschränkt auf die interfibrilläre Substanz; *Heynlius* fand eine Substanz mit ähnlichen Reactionen in den Blutkörperchen. Doch scheint die Todtenstarre, welche auch einige contractionslose Zellen, speciell die der Leber, befällt, nach *Kühne's* Angaben¹²⁾ eher auf Kalialbuminat als auf Myofin zu beruhen. Aus dem elektrischen Organe von Torpedo war kein Myofin zu gewinnen.

In Hinsicht auf die Verschiedenartigkeit der myofinogenen Substanz verschiedenen Vorkommens macht *Nalle* auf die Temperaturdifferenzen bei der Wärmerstarre aufmerksam, welche *Kühne* an Wirbelthiermuskeln beobachtet hat. Diese Differenzen bewegen sich zwischen 45° und 50° C. und sind deshalb wohl schwerlich auf das erst bei ca. 55° C. gerinnende Myofin, sondern nur auf das sogleich zu besprechende Musculin zu beziehen, dessen Coagulationspunkt zwischen 45° und 49° C. schwankt. Erwinnere ich mich ferner meiner Versuche, bei welchen Muskelfasern vom Krebs, Kaninchen, Lachs und Frosch mit reinstem Glycerin allmählig erwärmt wurden und die Doppelbrechung der Species entsprechend zu sehr verschiedenen Zeiten schwand oder wenigstens stark geschwächt erschien, so muß mir selbst die von *Nalle* zugelassene Möglichkeit: «daß das Myofineiweiß überall das gleiche und nur die mit ihm verbundenen anorganischen Bestandtheile, die nach den Untersuchungen von *Danilewsky* gerade im Myofinmolekül von Wichtigkeit zu sein scheinen, verschieden sind», zweifelhaft werden. Einfache Beimengungen, bei Darstellung der Lösungen vielleicht ganz zufällig entstandene Salzverbindungen des Myofins, textuelle Verschiedenheiten des Muskelgewebes können meines Erachtens die an Muskeln verschiedener Thiere beobachteten Differenzen betreffs der Schwächung der Anisotropie durch gefättigte Neutralsalzlösungen resp. des Ueberganges der myofinogenen Materie aus den Geweben in Kochsalzlösung vollauf erklären.

Durch Ausziehen der Gewebe mit einer 10%igen Kochsalz-

löfung und Fällen dieser Lösung durch destillirtes Wasser wie durch Sättigen mit Kochsalz constatirte ich die Anwesenheit des Myofins in den Muskeln von *Homarus vulgaris*, von *Eledone moschata*, in den Schließmuskeln von *Spondylus gaederopus* und *Mytilus gallo-provincialis*. Aus einigen Schwämmen (*Chondrosia reniformis*, *Tethya Lynceureum*, *Suberites massa*), aus den Hautmuskeln von *Thyone fusus* und den Schließmuskeln von *Pectunculus pilosus* war nach dem angegebenen Verfahren kein Myofingerinnfel abzufcheiden. *Reinke* und *Rodewald* führen als eiweißartigen Bestandtheil von *Aethalium septicum* neben Vitellin und Plastin zwar auch das Myofin auf, meine negativen Versuchsergebnisse an den Spongien und der Umstand, daß die Todtenstarre beim neugeborenen Menschen schwach und kurz ist, beim Embryo vor dem siebenten Monate ganz fehlt (*Melde*), scheinen indeß dafür zu sprechen, daß bei den auf niedriger Stufe der Organisation stehenden Wirbellosen das Myofin fehlt und hier vielleicht durch ein dem Vitellin ähnliches Proteid vertreten wird. Als einen sicheren Gewinn der Forschung dürfen wir trotz alledem die bereits von *Kühne*¹³⁾ hervorgehobene Thatfache betrachten, daß außer den contractilen Substanzen keine natürlich vorkommende Eiweißlösungen, die zwischen 35° C. und 50° C. gerinnen, bekannt geworden sind; auch die Coagulationsbestimmungen, welche ich an den lymphatischen Flüssigkeiten zahlreicher Arthropoden, Mollusken- und Würmerspecies ausführte¹⁴⁾, veränderten an diesem Satze nichts.

Die Flüssigkeit, welche nach der Gerinnung des Myofins zurückbleibt, ist das Muskelferum; sie reagirt anfangs neutral, wird aber schnell sauer und enthält nach *Kühne* drei unterscheidbare Eiweißkörper. Erstens das Musculin oder Muskelalbumin, welches unabhängig von der Reaction der Flüssigkeit, je nach der Thierspecies bei 45° C. (Frosch), bei 49° C. (Kaninchen), bei 50° C. (Hund) oder bei 53° C. (Taube) gerinnt, ohne Beimischung anderer

Eiweißkörper aus dem Muskelferum aber nur dann erhalten wird, wenn man die bei der zunehmenden Erwärmung entstehende Säure fortwährend neutralisirt. Zweitens fehlt in keinem Muskelferum das Kalialbuminat, welches nach Entfernung des Musculins durch schwaches Anfäuern mit Essigsäure erkannt werden kann. Der dritte Eiweißkörper endlich, welcher in dem angeäuerten Muskelferum nach vollständiger Ausfällung des Kalialbuminates in sehr bedeutender Menge zurückbleibt, ist das Serumeiweiß; dasselbe coagulirt in saurer Lösung erst bei 70° — 75° C. und ist von dem Serumeiweiß des Blutes nicht zu unterscheiden. Diese Verhältnisse scheinen in der Thierreihe keine wesentliche Abweichungen zu erfahren; denn auch in den wässrigen Auszügen sämmtlicher bislang untersuchter Amorphozoen, aller contractilen Gewebe von Cölenteraten, Echinodermen, Arthropoden, Mollusken und Würmern, ja selbst in dem Auszuge des electrischen Organes von *Torpedo* stellte sich sowohl eine Gerinnung gegen 40° C. resp. zu Anfang der vierziger Grade ein, welche auf einen dem Musculin oder (in solchen Fällen, wo dieselbe nach eingetretener postmortalen Säuerung ausbleibt, wie z. B. beim Schließmuskel von *Anodonta*) auf einen dem Kalialbuminat der Wirbelthiere entsprechenden Eiweißstoff zu schließen gestattet, noch fehlte in sämmtlichen angeführten Fällen die auf Serumalbumin zu beziehende Gerinnung in den siebenziger Graden; worauf zwar die immerhin geringen Temperaturschwankungen beim Eintreten der ersten Coagulation beruhen, welche bereits *Külme* bei Untersuchung des formveränderlichen Protoplasmas aufgefallen waren, wird schwer zu eruiiren sein. Sollten weitere Erfahrungen lehren, daß die bei Besprechung des Myofins von uns angeführten Momente zur Erklärung des Beobachteten nicht ausreichen, so würde noch immer eher als an verschiedene Verbindungen des Musculins mit Mineralbestandtheilen an solche mit dem Myofin zu denken sein; machte doch schon 1857 *Cl. Bernard*¹⁵⁾ — um die Thatfache zu erklären, daß Eier-

albumin oder Blutserum von derselben Thierart in die Venen gespritzt, den Harn nur eiweißhaltig werden läßt, was bei Injection von Blut derselben Thierart nicht eintritt, — die Voraussetzung, daß das Serumalbumin mit dem Fibrinogen im Blutplasma verbunden ist.

Säuerung
der
Muskeln.

Je nach dem Grade der Erwärmung und nach der dabei eingetretenen Säuerung¹⁶⁾ kann es sich bei der Wärmetarre des Muskels nur um coagulirtes Museulin und Myofin oder zugleich auch um unlöslich gewordenes Kalialbuminat und geronnenes Serumeiweiß handeln. Die spontan eintretende Starre beruht dagegen nur auf einer Myofingerinnung und auf einem (in Folge eintretender Säurebildung) Unlöslichwerden des Kalialbuminates; wie *Kühne* zeigte, wird aber der todtenstarre Muskel durch Lockerung des Myofingerinnfels (in Folge der im Muskel selbst sich entwickelnden Milchäure) schon eher wieder weicher, als es zur lösenden Fäulniß kommt.

Frische ruhende oder geruhte Muskeln zeigten bei allen Thieren eine alkalische oder neutrale Reaction; nur die ständig functionirenden Herzmuskeln und die anhaltend contrahirten Schließmuskeln der Bivalven ließen keine Prüfung der Reaction im Ruhezustande zu. Bei den quergestreiften Muskeln der Wirbelthiere und nachgewiesenermaßen auch bei den quergestreiften Muskeln der Krebse (*Fredericq*) und den glatten der Mollusken (*Bernstein, Voit*) schlägt aber die Reaction beim Eintritt der Todtenstarre wie nach stärkerer Thätigkeit in eine saure um, und diese Säuerung rührt, wie *du Bois-Reymond* nachwies, nicht ausschließlich von saurem Kaliumphosphat, sondern von freier Säure her, welche zum Theil Milchäure ist, zum Theil durch diese aus einem Gemische von Salzen verschiedener Säuren abgespalten wurde. An den glatten Wirbelthiermuskeln und den electrischen Organen bleibt die Säuerung beim Absterben wie nach anhaltender Thätigkeit gewöhnlich aus¹⁷⁾, indem die frei werdende Säure vermuthlich durch die Alkali-

albuminate sofort gebunden oder anderweitig in Befehlag genommen wird.

Sowohl die Gährungs- wie die Fleischmilchfäure ist in Muskeln nachgewiesen, die Herkunft dieser Säuren blieb jedoch unklar. Einzelne Thatfachen (wie z. B. das Ausbleiben der Säuerung an Muskeln gehungerter Thiere, der constant beträchtlichere Säuregrad der glykogenreichen Rückenmuskeln gegenüber dem geringeren der Schenkelmuskeln beim Kaninchen) scheinen anzudeuten, daß die Milchfäure aus den Kohlehydraten des Muskels hervorgehe; *Böhm* führte indeß den Nachweis, daß Milchfäure sich zu bilden vermag, ohne daß die Glykogenmenge des Muskels sich vermindert, und damit ist bewiesen, daß das Glykogen nicht die Muttersubstanz der Milchfäure ist. *Böhm* glaubt, daß die Milchfäure aus Eiweiß entsteht, und zur Stütze dieser Ansicht macht *Nalle*¹⁸⁾ gewiß mit Recht geltend, daß bei der acuten Phosphorvergiftung das Auftreten der Fleischmilchfäure im Harn ebenfalls an einen mächtigen Eiweißzerfall geknüpft ist. So erklärt denn die Milchfäurebildung nicht nur die Ausscheidung des Kalialbuminates bei der Todtenstarre, die merkwürdigen Fälle ihres plötzlichen Eintretens (z. B. an Choleraleichen, an Gefallenen auf dem Schlachtfelde und an mehreren kleinen Seefischen [Julis, Labrus etc.]) und die Lösung derselben in einem späteren Stadium, sondern der Connex zwischen Säuerung und Muskelweiß scheint dadurch noch ein weit innigerer zu sein, daß die Milchfäure aus dem Eiweiß überhaupt erst hervorgeht.

Nicht weniger durchsichtig, als gegenwärtig die Betheiligung der einzelnen eiweißartigen Bestandtheile des Muskelgewebes bei der Bildung der Milchfäure für uns ist, gestaltet sich unser Wissen, wenn es gilt, jedem einzelnen Eiweißstoffe des Muskels resp. der Milchfäurebildung die richtige Stelle bei gewissen pathologischen Processen, welche die Muskelfasern ergreifen, anzuweisen. «Gerade bei Erkrankungen der Muskeln», sagt *Cohnheim*¹⁹⁾, «ist es sehr ver-

föhrender, an gewisse chemische Veränderungen der contractilen Substanz, vielleicht an beginnende Gerinnungen zu denken »; aber selbst bei der parenchymatösen Muskeldegeneration ist die Gerinnung eines sonst flüssigen normalen oder irgendwie modificirten Eiweißkörpers, und bei der wachstigen Muskeldegeneration die ungeordnete Erstarrung von Muskelfasern, die aus irgend einem Grunde schon während des Lebens abgestorben waren, noch nicht über den Werth einer Hypothese hinaus gelangt. Bei einer Erklärung dieser Veränderungen muß es sogar noch zweifelhaft gelassen werden, wieviel davon der Temperaturerhöhung als solcher, wieviel den jeweiligen Krankheitsursachen zugeschrieben werden muß, und bei der ausgesprochenen Muskelschwäche, der verringerten Leistungsfähigkeit der Muskeln, welche sich bei jedem schweren Fieber einstellen, fehlt auch noch jedwede Entscheidung, wieviel davon auf ein abnormes Verhalten der centralen oder peripheren Innervation zu beziehen ist.

Genügt es schon, das Elastin und Collagen als Muskelbestandtheile einfach anzuföhren und deren Bethheiligung am Aufbau der contractilen Substanz als fraglich hinzustellen, so können wir die Eiweißkörper des Muskelgewebes doch nicht verlassen, ohne etwas ausführlicher des sog. Bündelgerüsts von *Danilewsky*²⁰⁾ gedacht zu haben, welches sowohl als künstliches Zerfetzungsproduct wie auch unter gewissen Umständen *intra vitam* Myosin liefern soll. Als Bündelgerüst bezeichnet *Danilewsky* den Muskelrückstand, welcher nach Extraction von Myosin, anderen Eiweißstoffen, Salzen und Kohlehydraten durch Behandlung der Muskeln mit 8—15%iger Salmiaklösung zurückbleibt. Das Bündelgerüst, welches man sich in einem festweichen Zustande zu denken hat, besitzt alle morphologischen Haupteigenthümlichkeiten der normalen Muskelbündel, läßt insbesondere auch die Querstreifung deutlich erkennen und stellt also das Gerüst oder Ströma des Muskels dar. Wurde unter den nöthigen Vorsichtsmaßregeln in dem Salmiakauszuge das

Myofin (M) dem Gewichte nach bestimmt und ebenso das Trockengewicht des Bündelgerüftes (B), das freilich auch bei der sorgfältigsten Präparation Bindegewebe, Gefäße und Nerven miteinschließen muß, so fand sich das Verhältniß M : B bei verschiedenen Thieren und bei verschiedenen Muskelgruppen desselben Thieres sehr verschieden. So kommen beim Frosch auf 1 M 0.81 B, bei der Taube (Brustmuskel) dagegen 5 B. Fast ebenso groß können die Differenzen bei den Muskeln desselben Thieres sein: die Schenkelmuskeln der Tauben enthalten auf 1 M nur 1.22 B, die Brustmuskeln dagegen, wie bereits angegeben, ungefähr 5 B. Aber nicht bei allen Thierarten sind die Unterschiede so bedeutend, viel geringer sind dieselben z. B. beim Kaninchen. Werden sowohl die verschiedenen Thiere nach der freilich nur auf erfahrungsmäßigen Schätzungen beruhenden Lebhaftigkeit ihrer Bewegungen als auch die einzelnen Muskeln derselben Thierart nach ihrer genau gemessenen Contractionsgeschwindigkeit gruppirt, so ergibt sich im Allgemeinen ein Zusammenhang zwischen Bewegungsschnelligkeit und Zusammenfassung der Muskeln, welchen *Danilewsky* dahin ausdrückt: «daß, je schneller die Contractionen und Erschlaffungen der Muskeln ausgeführt werden, desto reicher die letzteren an Gerüstsubstanzen im Verhältniß zum Myofin sind.»

Ist, wie weit wir auch hinsichtlich der Eiweißstoffe der Muskeln unsere Blicke schweifen ließen, die Ausbeute an vergleichend-physiologisch verwerthbarem Material eine immerhin nur sehr geringe, so nehmen wir als Erwerb doch die Ueberzeugungen mit uns, daß 1. sämmtliche contractilen Gebilde durch den Gehalt an Eiweißkörpern (Musculin resp. Kalialbuminat) charakterisirt sind, welche bei einer so niedrigen Temperatur wie kein einziger irgend eines andern thierischen Gewebes gerinnen, daß 2. nicht weniger constant sich daneben Serumeiweiß findet, daß 3. bei anhaltender Contraction wie beim Absterben des Muskels ein Theil des Eiweißes in Milchsäure übergeht, und daß endlich

4. die Muskeln aller Vertebraten, vielleicht fogar auch die der meiften höher organifirten Wirbellofen Myofin enthalten.

Enzyme.

In zahlreichen extraintestinalen Säften und Geweben hat *Kühne* Pepsin wie Diaftase nachgewiefen²¹⁾, das Vorkommen von Trypsin, welches unter die Haut lebender Thiere gebracht, die entsetzlichsten Zerstörungen erzeugt, blieb dagegen bei Wirbelthieren ausschließlich auf Pankreas und Darminhalt befchränkt, und auch das anfeheinende Auftreten defelben in der Darmfchleimhaut (nach den Verfuchen an der *Thiry*'fchen Fiftel) ließ fich auf bloße Verunreinigungen der Darmoberfläche mit Pankreasfaft zurückführen. Die Angaben von *Hüfner* und *Stolnikow*, daß in normalen oder pathologifch veränderten Lungen Trypsin als präformirtes Product vorkomme, find durch die Unterfuchungen von *Kühne* und *Elcherich* als irrig widerlegt. Im Anfnchluß an eine Arbeit von *Filchne* lieferte *Elcherich* den Nachweis, daß das im Auswurf bei Lungenangrän, (wenn auch in viel geringerer Menge) im Cavernenfputum der Phthifiker und in fehr vorgefchrittenen Fällen von Bronchiektatie auftretende tryptifche Enzym ein Fäulnißproduct, höchft wahrfeheinlich ein Secretstoff gewiffen Bacterienformen ift; deren Entwicklung zugleich das normal vorhandene Lungenpepsin mehr oder weniger vernichtet. Daß der Muskel Pepsin enthalte, lehrte fehon vor vielen Jahren *Brücke*, und *Piotrowsky* ftellte aus Fleifch zuerft ein zuckerbildendes Enzym dar. Ueber den Urfprung diefer Muskelenzyme äußerte fich *Kühne* neuerdings nicht wieder, *Brücke*²²⁾ findet dagegen in dem Pepsinhalte des Muskels noch immer einen Beweis dafür, daß das Pepsin vom Darmrohre aus refohirt und durch das kreifende Blut den verfchiedenften Organen des Körpers (Milz, Leber, Muskeln u. f. w.) zugeführt wird. Neuere Erfahrungen und Ueberlegungen weifen aber vielmehr darauf hin, daß die *Brücke*'fchen Vorftellungen falch find, und daß die in den extraintestinalen Organen anzutreffenden Enzyme nicht vom Darmtractus aus refohirt, fondern in den Geweben an Ort und Stelle gebildet find.

Neben Pepsin findet sich in manchen Organen Diastase, und die gewiß sehr merkwürdige Erscheinung, daß nirgendwo außerhalb des Verdauungstractus Trypsin anzutreffen ist, läßt sich daher nicht einfach mit dem Satze abthun, daß das Pepsin (wegen seiner Unverdaulichkeit für Trypsin) als kein Körper von reiner Eiweißnatur dem Trypsin unvergleichbar sei. Müßte es doch in hohem Grade auffallen, wenn das Pepsin —, welches durch niedere Organismen, also durch vitale Zellenthätigkeiten, ebenso rasch zerstört wird als Trypsin, ja sich von diesem noch in der für einen Transport durch das alkalische Blut sehr unvortheilhaften Weise dadurch unterscheidet, daß es in alkalischen Flüssigkeiten bei Körpertemperatur verhältnißmäßig leicht seine peptonisirende Wirkung einbüßt, — den reifbirenden Darmepithelbelag ungefährdet passieren, durch das alkalische Blut unzerstört in die Tiefen der Gewebe transportirt werden könnte, während das Trypsin den vitalen Einflüssen der Darmepithelien doch sehr bald erliegt!

Durch meine Untersuchungen über die Verbreitung der peptischen Enzyme²³⁾, welche *de Bary, Hanfen, Kütz, Rodewald* u. A. nur bestätigen konnten, ist bewiesen, daß Pepsin auch in solchen Organen, ja bei solchen Organismen selbstständig gebildet wird, in denen es durchaus functionslos bleiben muß; die gegen diese Schlußfolgerung von *Nalle*²⁴⁾ erhobenen Einwände werden dadurch entkräftet, daß Pepsin in Kohlenäure gesättigten, an sich neutralen Flüssigkeiten niemals seine peptonisirende Eigenschaft erlangt, und fernerhin noch kein Beobachter auch nur die Andeutung einer sauren Reaction bei *Aethalium* zu sehen vermocht hat. Was in dieser Hinsicht für's Pepsin gilt, gilt in gleicher Art für die diastatischen Enzyme gewisser Vorkommnisse und nach *Hanfens*'s Untersuchungen²⁵⁾ auch für ein, mehr gleichmäßig tryptisch und peptisch wirkendes Enzym in den pflanzlichen Milchsäften; die Enzyme bleiben an allen diesen Plätzen völlig functionslos. Daß Enzyme reifbirt, durch die Gewebsäfte transportirt und schließlich in

gewissen Zellenterritorien deponirt werden, sind unerwiesene, aus der Luft gegriffene Annahmen, während die Auffassung von der Autochthonie der Enzyme in den extraintestinalen Organen einen festen Halt in jeder vergleichend-physiologischen Betrachtung findet.

Glykogen.

*Claude Bernard*²⁶⁾ hat in der ihm eigenen geistvollen Weise wiederholt entwickelt, wie der Stapelplatz für das Glykogen im Laufe der Entwicklung mehrfach verlegt wird; wie bei den Aufzucht-larven das vergängliche Segel die Glykogenkammer darstellt, bei seinem Schwinden das Glykogen —, ganz analog den Pflanzenblättern, aus welchen bei ihrem Hinwelken die Phosphate in den überwinternden Stammtheil zurückkehren, oder welche nach *Sachs'* wichtigen Untersuchungen jede Nacht entamylifirt werden, — aus dem Segel zurückgezogen wird, und sich dann die Glykogenreserve in der Leber wie in anderen Dauergeweben etablirt; wie beim Kaninchen die Glykogenese in der Placenta, bei den Wiederkäuern im Amnion beginnt, später dann das Muskelgewebe reichliche Mengen von Glykogen in sich aufspeichert und beim ausgewachsenen Thiere die Leber den größten Glykogenvorrath beherbergt; wie das Glykogen beim Hühnchen schon in der Keimanlage (cicatricula) im freien Zustande und in Zellen eingeschlossen erkennbar ist, sich darauf, den Venen folgend, in der Area vasculosa anhäuft, am achten Tage sich richtige Glykogenzotten an den Venae omphalo-meseraicae bilden, später das Glykogen in den Herzmuskeln, dann auch in den Epithelialgeweben erscheint und schließlich sich Verhältnisse herausbilden, welche denen der Säugethiere vollkommen entsprechen. Nachdrücklich wurde, von *Cl. Bernard* auch wiederholt hervorgehoben, daß das in den thierischen Geweben anzutreffende Glykogen kein dem Organismus fremdes, kein von außen zugeführtes Product, sondern sein eigenes Fabrikat ist, und man darf unseren heutigen Erfahrungen nach gewiß noch weiter gehen und sagen, daß dasselbe (analog den Enzymen) in allen glykogenführenden Geweben in situ entstanden ist; speciell für die

Muskeln hat Kühn²⁷⁾ diese Annahme durch Traubenzuckerinjectionen an entlebten Fröschen wahrscheinlich zu machen gewußt.

Das Glykogen wurde sowohl in den quergestreiften wie in den blaffen Muskeln bei Thieren aus allen Classen — nur für die Cölenteraten fehlen noch positive Angaben — aufgefunden, und auch sein Vorkommen in *Aethalium septicum* kennen wir durch Kühn²⁸⁾ seit lange. Naff²⁹⁾ betrachtet es als einen beständigen Muskelbestandtheil, doch nicht als einen «wesentlichen Muskelstoff erster Ordnung», dessen Menge im Allgemeinen im umgekehrten Verhältnisse zur Thätigkeit des Muskels steht. «Der größere Glykogengehalt derjenigen Muskeln, welche durch Nerven durchschneidung, künstliche Behinderung, natürliche Bedingungen der Organisation in ihrer Function gestört sind, andererseits die Verminderung des Glykogengehaltes durch Tetanisirung und Inanition, bei welcher es parallel der Leistungsfähigkeit schwindet, alle diese Thatfachen sprechen entschieden für die Naff'sche Lehre.» Ein rascher vitaler Verbrauch des Glykogens wird besonders augenfällig, wenn man Meeresthiere in dem Zustande untersucht, in welchem sie auf den Markt zu kommen pflegen; bei diesen vermochte ich höchstens nur Spuren von Glykogen nachzuweisen und mußte deshalb auch die meist nur indirecten, jetzt als ganz ungeeignet erkannten Glykogenbestimmungen Bizio's an nicht lebensfrischerem Materiale als unzuverlässige verwerfen³⁰⁾. Weitere unrichtige Angaben haben den Glykogengehalt der Muskeln von Thieren aus anderen Classen bedeutender und constanter erscheinen lassen, als derselbe thatsächlich ist. So sollte z. B. der eigenartige Geschmack des Hummer- und Krebsfleisches lediglich auf Glykogen beruhen, aber gerade an Hummermuskeln fällt ohne besondere Schonung des Versuchsthieres der Glykogenachweis nur selten positiv³¹⁾ aus. Jedenfalls ist das embryonale Muskelgewebe, in welchem durch Cl. Bernard's und Kühn's gemeinsame Arbeiten das Glykogen aufgefunden wurde, allemal weit reicher an diesem Stoffe

als das entwickelte, aus welchem es unter anormalen Bedingungen selbstverständlich auch viel leichter als aus den embryonalen Muskeln verschwindet. Hinsichtlich des Glykogens bieten die embryonalen und die ausgebildeten Muskeln aber nicht nur quantitative Unterschiede dar, sondern auch in der Art der Ablagerung, welche uns einen Einblick in die physiologische Bedeutung des Glykogens eröffnet, bestehen Differenzen.

Bei fötalen Muskelfasern der Katze sah *Cl. Bernard* die Glykogenkörnchen in dichter Anhäufung zwischen den sehr regelmäßig angeordneten Kernen liegen; in einem späteren Stadium, als die Fasern eine deutliche Querstreifung angenommen hatten und die Kerne weiter auseinander gerückt waren, zeigte sich von den Glykogenkörnern nichts mehr, sondern nur noch gelöstes Glykogen, welches schließlich ebenfalls verschwand. In der fertigen Muskelfaser dagegen, und zwar in der protoplasmatischen Marksubstanz eingebettet, traf *Schwalbe*³²⁾ das Glykogen nur bei *Hirudo* an, und *Nalle* glaubt, daß die fibrilläre Substanz der quergestreiften wie glatten Muskeln überhaupt kein Glykogen führt. Dieser Auffassung entsprechen sowohl die Beobachtungen von *Ehrlich*³³⁾, welcher in Frostmuskeln das Glykogen interfibrillär, in Form feiner, längs verlaufender Streifen abgelagert fand, als auch die Angaben von *Barfurth*³⁴⁾, denen gemäß in dem glykogenreichen Fuße von *Helix pomatia* die Muskelfasern selber nur wenig Glykogen enthalten, dagegen die zwischen den contractilen Fasern liegenden Bindegewebszellen (Plasmazellen und Bindegewebszellen *Brock's*) daselbe in ungeheurer Menge aufstapeln. «Es dürfte somit», schließt auch *Ehrlich*³⁵⁾ aus seinen Befunden, «wohl ein allgemeines Gesetz sein, daß in allen einer Bewegung fähigen Elementen das Glykogen oder analoge Reservestoffe nicht in, sondern um das spezifisch Contractile gelagert sind.»

Ein ausgedehnteres vergleichend physiologisches Interesse gewinnt der Glykogengehalt der Muskeln dadurch, daß derselbe sich

bei ungleich functionirenden Muskeln eines Thieres quantitativ verschieden gestaltet. Bei unsern weiteren Betrachtungen werden wir wiederholt darauf hingewiesen werden, daß in vielen Fällen eine Beziehung zwischen der durch Hämoglobin verursachten Färbung des Muskels, seiner Function und Textur nicht zu verkennen ist; dem Folgenden in manchen Punkten vorgreifend, müßten wir schon an dieser Stelle einiger Eigenthümlichkeiten der sog. rothen und blaffen Muskeln³⁶⁾ gedenken.

Die durch ihre rothe Färbung sofort in die Augen fallenden Muskelgruppen, welche bei Knochenfischen längs der Seitenlinien verlaufen, veranlaßten die Anatomen, dieselben ebenso wie die ähnlich gelagerten rothen Muskeln der Rochen als Reste der Hautmuskulatur, gewissermaßen als rudimentäre Organe zu betrachten. Auf Grund vieler schöner Beobachtungen an der Rochen- und Kaninchenmuskulatur schloß dagegen *Ranvier* auf ein durchgängiges Abhängigkeitsverhältniß zwischen Hämoglobingehalt, Textur und Function bei den quergestreiften Wirbelthiermuskeln, und trotzdem *E. Meyer* zeigte, daß auch bei diesen die Coincidenz in Textur und Farbe keine durchgreifende ist, hat *Ranvier* seine Auffassung doch nicht wieder aufgegeben. *Kühne* hatte dem Hämoglobin nur eine, vielleicht nicht unwichtige Rolle bei den Oxydationsprocessen in der contractilen Substanz zugestanden; *Ranvier* war jetzt der Meinung, die beiden Arten der quergestreiften Muskeln bei Säugthieren und Rochen möchten eine von einander verschiedene Bestimmung haben, die blaffen mit ihrer plötzlichen Contraction würden wohl vorzüglich Muskeln der Thätigkeit sein, die rothen mit ihrer langsameren und beharrenden Contraction dienten dagegen zur Erhaltung und Regulirung des Gleichgewichtes. Zu einer wesentlich anderen, aber nicht weniger als 20 Jahre vor ihm von *Schloßberger*³⁷⁾ entwickelten Auffassung gelangte *E. Meyer*. Dieser Forscher fand, daß z. B. beim Kaninchen die rothen musc. masseter und flexor digitorum comm. dem histiologischen Baue

nach nicht, wie zu erwarten gewesen wäre, dem von *Ranvier* als Prototyp der rothen Muskeln gewählten *musc. semitendinosus*, sondern dem weißen *musc. adductor magnus* entsprechen. *Meyer* folgerte nun, daß die Muskeln, welchen eine der normalen gleich intensive Kraft abgeht, allmählig gewisse Veränderungen erfahren, die sich zunächst in dem Verluste der rothen Färbung kund geben; die rothe Färbung finde sich überall da, wo eine bedeutendere Leistung und demzufolge ein regerer Stoffwechsel stattfindet, und die Differenzen zwischen blaffen und rothen Muskeln seien eine durch den verschiedenen Gebrauch entstandene und merkwürdiger Weise bei einzelnen Hausthieren erst vermöge der Züchtung und mangelnder Bewegung hervorgerufene Eigenthümlichkeit. *Meyer's* Ansicht schlossen sich u. A. *Krause*, *Luchfinger*, *Grützner* an und *Nalle*³⁸⁾ glaubte, die Frage nach den Beziehungen zwischen Farbe, Contraction und Textur kurz mit dem Satze abthun zu können: «Das Studium der Bildung des Hämoglobins im Muskel, zu dessen wesentlichen Bestandtheilen es natürlich nicht zu rechnen ist, bietet übrigens kein allzu großes physiologisches Interesse, umfoweniger, als sich durch die Untersuchung von *E. Meyer* herausgestellt hat, daß *Ranvier's* Entdeckung keine allgemeine Bedeutung besitzt, nämlich daß weder dieselben anatomischen Eigenschaften (Lage der Muskelkerne, Form der Capillaren), noch dieselben physiologischen (Schnelligkeit und Dauer der Contraction) allen gleichgefärbten Muskeln eines Thieres zukommen». Dieser abschreckende Urtheilspruch wird aber weder durch die Untersuchungen *Meyer's*, noch durch die späteren von *Grützner*, *Luchfinger* und *Barfurth* genügend gestützt und verliert jede Berechtigung, wenn die von *Meyer* ausgewählten, zu derartigen Versuchen ungeeignetsten Objecte, die domestisirten Vögel, von der Betrachtung ausgeschlossen werden.

Meine Erörterung der Frage nach den physiologischen Eigenthümlichkeiten der rothen und blaffen Wirbelthiermuskeln ist wenig

bekannt geworden, und in Folge dessen sind in den Darstellungen auch mehrere Factoren unberücksichtigt gelassen, deren Kenntniß für einen Einblick in die Verhältnisse unumgänglich nöthig ist. *Haller* und ich haben gezeigt, daß bei *Luvarus imperialis* rothe und blasse Muskeln von differentem anatomischen Gefüge sich an ein und dieselbe Sehne heften, die Wirkungen beider somit nur als coordinirte gedacht werden können, und daß eine physiologische Differenz zwischen den beiden Muskelarten in diesem Falle ohne jeden Belang für die Leistung, ohne Werth für den Organismus bleiben muß. Zugleich wies ich darauf hin, daß bei den Fischen außer den am energichsten arbeitenden Muskeln nur noch diejenigen Hämoglobin führen, welche am meisten der Peripherie genähert sind und in Folge dessen mit dem schlechtesten arteriellen Blute gespeist werden, daß die Bedeutung des Muskelhämoglobins in vielen Fällen deshalb auch nur in den Circulations- und Respirationsverhältnissen der Muskeln zu suchen ist. Trotz alledem habe ich mich doch stets dagegen verwahrt, die z. B. bei Fischen offenbar vorhandenen Beziehungen zwischen Hämoglobingehalt, Contractionsdauer und Textur der Muskelfasern einfach als unwichtig bei Seite zu schieben. *Kühne*³⁹⁾ sprach aus, daß die Contractions- (und die damit einhergehenden Textur-)verschiedenheiten der blassen und rothen Muskeln durch die Farbe allerdings nicht bedingt, dadurch aber wohl angedeutet seien, und diese Fassung dürfte dem Thatbestande am besten entsprechen.

Betrachten wir nun von dem *Kühne'schen* Gesichtspunkte aus die Arbeiten, welche uns über den differenten Glykogengehalt der rothen und blassen Muskeln ein Urtheil zu fällen erlauben, so ergibt sich, daß wahrscheinlich überall da, wo die Färbungserscheinungen mit feineren Structurdifferenzen sich decken — mit Ausnahme der durch Zucht stark beeinflussten Muskeln scheint das ja überall der Fall zu sein — und bei der Contraction den rothen ein größeres Latenzstadium, dafür aber eine weit längere Contraction

tionsdauer als den blaffen zukommt, die rothen Muskeln auch glykogenreicher sind als die blaffen. Die diesbezüglichen Versuchsergebnisse werden aus beifolgender Tabelle ersichtlich; zu diesen

Rothe Muskeln (mit langfamer Contraction)	Glykogen- gehalt	Blaffe Muskeln (mit rascher Contraction)	Beobachter
Rückenmuskeln vom Kaninchen (ob roth?)	>	Adductores femoris, Iliopsoas v. Kaninchen	<i>O. Nasse</i> , Arch. f. d. gef. Physiologie. Bd. 14. 1877. S. 482.
Adductores femoris von der Katze (ob roth?)	>	Rückenmuskeln, Quadriceps fem. von der Katze (ob blaß?)	»
Rückenmuskeln vom Hund	} gleich		»
Adductores femoris vom Hund			»
Schenkelmuskeln vom Huhn	<	Bruftmuskeln vom Huhn	<i>Luchfinger</i> , <i>ibid.</i> Bd. 18. 1878. S. 472.
Bruftmuskeln der Fledermäuse	<	Körpermuskeln	<i>Grothe</i> , v. <i>Wittich</i> in <i>Hermann's Handb.</i> d. Physiologie. Bd. 5. Th. 2. S. 367.
Kaninchenmuskeln	>	Kaninchenmuskeln	<i>Grützner</i> , Breslauer ärztliche Zeitschrift. Nr. 24 vom 22. Dec. 1883.
Pferdemuskeln	>	Pferdemuskeln	»
Froschmuskeln	>	Froschmuskeln	»

ist nur zu bemerken, daß die abweichenden Resultate *Luchfinger's* als am Huhne erhaltene, für unsere Auffassung am wenigsten von Belang sein können, und daß das derselben ebenfalls widersprechende Ergebnis von *Grothe* einer Bestätigung bedürftig erscheint.

Man hat diese Ergebnisse gewöhnlich dahin zusammengefaßt, daß der Glykogengehalt der Muskeln sich umgekehrt proportional wie ihre Thätigkeit verhalte, und es dürfte diese Fassung schon deshalb annehmbarer als die obige erscheinen, weil die Muskulatur nicht überall eine so scharfe Sonderung in rothe und blaffe, wie

z. B. bei *Luvarus imperialis* zuläßt, sondern bei einigen Thieren (z. B. beim Hunde nach *Kühne*, bei der Taube nach *E. Meyer*) sich die gefamunte Muskulatur als hämoglobinhaltig erweist, in vielen Muskeln (z. B. bei Säugethieren nach *Grützner*) die rothen und blaffen Fasern gemischt sind, in anderen (z. B. in den Muskelkegeln von *Pelamys sarda*) eine Fafer theilweise roth, theilweise blaß ist und auch durch Hämoglobin nur schwach tingirte (fog. halbrothe) Muskeln vorkommen, von denen wir zur Zeit noch gar nichts wissen. Dazu kommt noch, daß die Uebereinstimmungen im histiologischen Baue, der Function und dem Glykogengehalte an sich eine weit umfangreichere vergleichend-physiologische Behandlung gestatten, als wenn zugleich noch auf die Färbung, welche außer an Wirbelthiermuskeln nur noch an einer sehr beschränkten Zahl von Evertebratenmuskeln zum Ausdruck gelangt, Rücksicht genommen wird. Leider hat *Grützner* durch seine, mit allen Erfahrungen an den Wirbelthiermuskeln im schneidenden Widerspruch stehenden Behauptung, daß die den rothen Muskelfasern entsprechenden dicker seien als die, den blaffen sich in ihrer Function anschließenden Fasern, die Frage nach der Uebereinstimmung im Glykogengehalte, histiologischen und functionellen Verhalten der Muskeln vollkommen verwirrt. Allem Anseheine nach decken sich die Verschiedenheiten im Glykogengehalte, functionellen und histiologischen Verhalten aber ebenso unvollständig als Contractionsmodus, Textur und Hämoglobinvorkommen. Warnt doch auch *Nulle*⁴⁰⁾ davor, bei den Muskeln ohne Weiteres aus dem Glykogengehalte, «der von verschiedenen, gar nicht mit einander in Verbindung stehenden Umständen abhängen kann», auf die Zuckungsgeschwindigkeit zu schließen. Um zu allgemeineren physiologischen Gesichtspunkten in dieser Hinsicht zu gelangen, sind bei jeder vergleichenden Betrachtung, einerlei ob wir vom Hämoglobin oder vom Glykogen ausgehen, von vornherein gewisse systematische Abgrenzungen vorzunehmen; in welcher Weise die-

selben aber hier zu treffen sind, wird sich erst ergeben, wenn wir am Schlusse unserer Betrachtungen die substantiellen, textuellen und functionellen Eigenschaften der Muskeln in ihrem ganzen Umfange werden kennen gelernt haben.

Legen wir uns nun die Frage vor, welche Bedeutung speciell dem Glykogen für die Muskelcontraction zukommt, so muß darauf geantwortet werden: lediglich die eines Reservestoffes, — eines Reservestoffes, der ebenso gut in irgend einem andern Organe als im Muskel selbst deponirt sein könnte.

Die neueren Untersucher (*Boehm* und *Landwehr*) unterscheiden zwei Zustände des Muskelglykogens: Erstens eine lösliche oder gelöste, leichter angreifbare Form und zweitens einen festeren Zustand, wobei das Glykogen mit der Muskelfsubstanz verbunden zu denken ist. Unser gegenwärtiges Wissen über die Hyalogene und deren Derivate legen den Gedanken nahe, daß es sich im letzteren Falle um Uebergangsstufen von einem reinen Kohlehydrate zu den Eiweißstoffen handelt, und daß das Glykogen sich nicht nur direct oder indirect als Respirationsstoff bei der Muskelaction betheiligt, sondern auch beim Aufbau der eigentlich contractilen Substanz Verwendung findet. Was bislang über die Umwandlung des Glykogens experimentell ermittelt wurde, spricht allerdings weder für, noch gegen eine solche Annahme. Die Thatfachen, daß an abgestorbenen Muskeln beim Schwinden des Glykogens der Fleischzucker auftritt, daß in Muskeln auch Dextrin nachzuweisen ist, reden keineswegs der Annahme das Wort, daß das Glykogen bei der Muskelcontraction in Zucker umgesetzt wird; daß dasselbe post mortem einer solchen Transformation unterliegt, bedarf seit Kenntniß des diastatischen Enzymes der Muskelfsubstanz kaum eines besonderen Nachweises, und selbst wenn Versuche an lebenden Muskeln die Verzuckerung des Glykogens während der Contraction wahrscheinlich machen sollten, so würde immer erst noch der Einwand fortzuräumen sein, daß ausnehmend geringe Eingriffe im

Stande sind, die vitalen albuminogenen Proceſſe in ſaccharogene umzuändern, wie z. B. ſehr unbedenklich erſcheinende Mittel zur Melliturie führen. Das Intereſſe, welches der vergleichende Phyſiologe gegenwärtig an dem Muskelglykogen nimmt, kann noch kein anderes und größeres als bei den Muskelenzymen ſein; es beruht lediglich auf der glykogenbildenden Kraft der Muskelfubſtanz, und auch über dieſe iſt, wie wir ſahen, noch keineswegs endgültig entſchieden.

Der aus todtenſtarrten Muskeln dargeſtellte Fleiſchzucker⁴¹⁾ iſt der alkoholischen Gährung fähig, verändert beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure ſein Reductionsvermögen in merklicher Weiſe nicht und dürfte ſich bei näherer Unterſuchung als mit Traubenzucker identiſch erweiſen; ebenſo wenig als dieſem kommt dem aus Pferdemuskeln von *Limpricht*, aus Kaninchenmuskeln von *Kühne* abgeſchiedenen Erythro-dextrin⁴²⁾ eine vergleichend-phyſiologiſche Bedeutung zu. Wichtig er iſt für uns der Inoſit⁴³⁾, welcher in den quergeſtreiften Muskeln der Säugethiere, Vögel und Reptilien ziemlich regelmäßig anzutreffen iſt und auch der glatten Muskulatur bei dieſen Thierclaſſen nicht durchgängig mangelt. Sein Vorkommen wird ein weit conſtanteres und allgemeineres ſein, als noch vor Kurzem angenommen wurde. In den Muskeln von Cephalopoden (*Eledone moschata*), Arthropoden (*Periplaneta Blattia orientalis*) und Gephyreen (*Sipunculus nudus*) iſt Inoſit aufgefunden, nur bei Amphibien und Fiſchen mißlingen alle Bemühungen, ſein Vorkommen darzuthun. *Weyl*⁴⁴⁾ berichtet zwar, daß im electriſchen Organe von *Torpedo* Inoſit enthalten ſei; ich habe mich indeß von der Richtigkeit dieſer Angabe nicht überzeugen können, und die Differenzen im Inoſitgehalte, welche zwiſchen den quergeſtreiften Muskeln der Ichthyopſiden einerſeits, und denen der Sauropſiden und Mammalia andererſeits beſtehen, ſind als eine abgemachte Sache zu betrachten; vermuthlich tritt in den Muskeln der Fiſche gleichſam an Stelle des Inoſits ein

Fleiſch-
zucker.Erythro-
dextrin.

Inoſit.

anderer Zuckerstoff, nämlich der von *Frerichs* und *Staedeler*⁴⁴⁾ aus einem Gemische sehr verschiedener Organe von Rochen und Haien erhaltene Scyllit. Verhältnißmäßig viel Inosit finden sich in dem Herzmuskel der Säuger und in den rothen Muskeln der Schildkröten (*Testudo marginata*) vor, wie denn überhaupt die Reptilienmuskeln an diesem Zucker die reichsten zu sein scheinen. Abgesehen von den Classenunterschieden versprechen die stark hämoglobinhaltigen Muskeln im Allgemeinen die ergiebigste Inositausbeute, und wir haben demnach bezüglich des Inositevorkommens gerade das entgegengesetzte Resultat von dem zu constatiren, welches die Untersuchungen über das Glykogen zur Folge gehabt haben. Erwähnung verdient noch das Auftreten des Inosits im Pflanzenreiche. Obschon der sog. Phaseomannit weit ansehnlichere Kryrstalle darstellt als der aus thierischen Geweben immer nur mikrokrySTALLINISCH erhaltene Inosit, so haben die Untersuchungen doch für beide Zucker die nämlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften ergeben, und ihre Identität unterliegt wohl keinem Zweifel mehr⁴⁵⁾. Im Uebrigen sind wir über die chemischen Eigenschaften des Inosits nur erst sehr lückenhaft unterrichtet, und Gründe für die leichte Zerfetzlichkeit, welcher der Inosit selbst beim Aufbewahren im trocknen Zustande unterliegt, und welche sich häufig an einer Rosafärbung bemerkbar macht, sowie ihn seines Reactionsvermögens auf die *Scherer'sche* Probe beraubt, sind bislang nicht gefunden.

Fette.

Mit unserem Wissen über den Fettgehalt der Muskeln ist es sehr mißlich bestellt. Die unter den einzelnen Organen des Thierkörpers bestehenden Wechselbeziehungen, sei es, daß diese sich in zeitweisen Schwankungen der Leistungsfähigkeit oder in einer allmählig anwachsenden und sich erhaltenden Functionssteigerung eines Organs auf Kosten eines anderen äußern, treten nirgends in den sie begleitenden Substanzveränderungen schlagender hervor als an gewissen Muskelgruppen. Die Beziehungen zwischen dem Stoff-

wechsel der Muskeln und dem der Geschlechtsorgane springen besonders deutlich in die Augen. Nur bei denjenigen ungewöhnlichen Bewegungsformen, welche den sog. Kautschukleuten eigen sind und nach *H. Virchow*⁴⁶⁾ in einem vollständigen Ausschluß antagonistischer Muskelwirkungen begründet liegen, scheinen beim Menschen die Geschlechtsorgane in ihrer Entwicklung normwidrig gehemmt zu werden; degenerative Vorgänge bei Ausbildung der Geschlechtsproducte vollziehen sich an den Muskeln aber nicht nur im exquisitesten Maße bei den Metamorphosen der Insecten und anderer Wirbellosen, sondern auch die Wirbelthiere bieten davon typische Beispiele dar. Am lehrreichsten sind in dieser Hinsicht die Untersuchungen *Miescher's*⁴⁷⁾ am Lachs.

Bekanntlich verschmährt der Lachs während seines langen Verweilens im Rheine irgend welche Nahrung aufzunehmen und entwickelt dabei, vornehmlich auf Kosten seines großen Rumpfmuskels, Eierstöcke resp. Samendrüsen. Die Gewichtszunahme der Eierstöcke erfolgt besonders rasch von August bis Mitte November. *Miescher* berechnete den während dieser Zeit (vom 7. August bis zum 11. November) eingetretenen Gewichtszuwachs der zuvor 280 g schweren Eierstöcke auf 1608 g und dieser Verbrauch war hauptsächlich gedeckt durch die Rumpfmuskeln, deren Gewicht in zwischen von 6340 g (mit einem Eiweißgehalte von 16,7 %) auf 3630 gr (mit einem Eiweißgehalte von nur 13,2 %) gesunken war. Von 100 Th. Rumpfmuskel waren somit 43 Th. ganz verschwunden, der Rest an Eiweiß um 21 % verschlechtert und noch weit größer war der Schwund an Fett, während der Verlust an Phosphorsäure ungefähr der Eiweißabnahme parallel ging. Andere Muskelgruppen (wie die Schwanzmuskeln, der obere und untere Längsmuskel, die Muskulatur des Kiefers, des Zungenbeins, der Brust-, After- und Rückenfloßen) waren dabei intact geblieben und es geht hieraus mit Evidenz hervor, daß vor allen der Rumpfmuskel das Baumaterial für den Eierstock zu liefern hat. Dieser Anschauung

näherte sich bereits *Valenciennes*⁴⁸⁾, von dem die Beobachtung herrührt, daß beim Verblaffen der Rumpfmuskeln Fett und Farbstoff in den Laich übergehen.

Ich habe die von *Miescher* so fein untersuchten Verhältnisse beim Lachs schon deshalb etwas ausführlicher mitgeteilt, weil die außerordentliche Labilität des Muskelfettes bei diesem Fische vielleicht auch zur Erklärung der bei Atrophie menschlicher Muskeln so häufig eintretenden interstitiellen Fettanhäufung beizutragen geeignet ist. Bei Hausthieren wie bei Menschen sah man unthätige und gelähmte Muskeln sehr häufig verfetten und mit Hinweis auf diese Befunde warf *Cohnheim*⁴⁹⁾ die Frage auf, ob bei derartigen Krankheiten der reinen Atrophie der Muskelfaser nicht constant ein Zustand der Verfettung vorausgehe. «Das interstitielle Fett wäre dann dasjenige, welches ursprünglich aus einem Theil des Eiweiß der Muskelfasern abgespalten und, nachdem es mehr oder weniger lange in letzteren verweilt, schließlich in die Zellen des intermuskulären Bindegewebes übergeführt worden war; letztere wären dann zu Fettzellen geworden, während die Muskelfasern, wegen mangelndem Wiederersatz, atrophirt sind.»

Um seine vielen sonderbaren, allen sicher gestellten Thatfachen geradezu ins Gesicht schlagenden Ideen in der Muskelchemie noch um eine neue zu vermehren, vertritt *Hoppe-Seyler*⁵⁰⁾ eine der *Cohnheim'schen* diametral entgegengesetzte Ansicht und hält dafür, daß Fett wie glutinegebende Substanz dem interfibrillären Bindegewebe und nicht der normalen Muskelfaser als solcher angehöre. In seinem denkwürdigen Aufsatze über die contractilen Gewebe hat aber schon *Kühne*⁵¹⁾ betont, daß es bei der historisch geheiligten Leichtfertigkeit, welche die Histologie dem Fettgehalte der Muskeln jederzeit bewiesen hat, allerdings nicht Wunder nehmen konnte, «wenn gleich die ersten Versuche quantitativer Fettbestimmung sog. fettig metamorphosirter Muskeln (des Herzens), in denen das Mikroskop scheinbar ungeheuren Fettreichthum dargethan, ge-

rade das entgegengesetzte Resultat, Verminderung des Fettes gegenüber den normalen Herzmuskeln ergeben haben». Bei Behandlung mit absolutem Alkohol und Aether wie durch Tinctio mit Osmiumsäure überzeugte sich Kühne, daß normale Muskeln stets Fett enthalten, daß aber (z. B. in den Froschmuskeln) nicht Alles Fett ist, was man dafür angefehen hat. In glatten wie in quergestreiften Muskeln ist das Fett um den Kernen, sowie in der Ernährungsflüssigkeit um den Muskelfäulchen durch Osmiumsäure meist leicht zu erkennen, und beim Lachse fand ich zu gewissen Zeiten des Jahres die gesammte Muskelfaser ziemlich gleichmäßig mit Fett durchtränkt, so daß bei diesem wie bei vielen anderen Fischen auch die eigentlich contractile Substanz fetthaltig sein muß. Ist, wie ich mit *Cohnheim* glaube annehmen zu sollen, nicht nur das intrafibrilläre, sondern mindestens zum Theil auch das interfibrilläre Muskelfett ein Product der contractilen Substanz, so hat es selbstverständlich wenig Sinn, wenn man mit *Nalle*⁵²⁾ darnach trachten wollte, zu bestimmen, wieviel von dem Fette der eigentlich contractilen Substanz, wieviel den intra- und den interfibrillären Zwischenmassen zukommt; um die Schwankungen zu erfahren, denen die physiologische Verfettung der contractilen Substanz unterworfen ist, dürften Bestimmungen des Fettgehaltes der Muskeln nach möglichster Entfernung anderer fettführenden Gewebe genügen, und von hervorragendem Werthe bleiben in dieser Hinsicht die Versuchsresultate⁵³⁾, nach denen der Fettgehalt in manchen Muskeln auf 1,07 % (Extremitätenmuskeln des Hais) oder selbst auf 0,76 % (Muskeln eines mageren Ochsen) sinken kann.

Wie sich der Fettgehalt für Muskeln von verschiedener Färbung oder von ungleicher Contractionsdauer ein und desselben Thieres gestaltet, ist erst sehr mangelhaft untersucht worden. Ich vermag nur anzugeben, daß im Schwanztheile von *Luvarus imperialis* die rothen Muskeln sich fettreicher als die meerblauen erwiesen⁵⁴⁾, und das nämliche Verhältniß scheint auch bei dem

Lachse vor der Laichzeit zu bestehen; in Gemeinschaft mit Herrn Dr. *H. Wagner*⁵⁵⁾ ausgeführte Fettbestimmungen an den Lachsmuskeln ergaben jedoch nicht immer einen größeren Fettgehalt für die rothe Muskulatur, sondern ließen es wahrscheinlich werden, daß sich das Verhältniß im Fettgehalte beider Muskelarten zu gewissen Zeiten des Jahres ändert, sei es, daß der Fettgehalt in beiden proportional abnimmt, oder daß die eine Muskelart mehr an Fett verarmt als die andere.

Schließlich sei noch eines Resultates von *Mielcher* gedacht, weil daselbe für die Richtigkeit eines durch Thatfachen sonst wenig gestützten Satzes von *Richert*⁵⁶⁾ spricht, welcher befragt, daß die Muskeln, welche viel Fett enthalten, wenig Wasser führen und umgekehrt. *Mielcher* fand den Wassergehalt des großen Rumpfmuskels beim Lachs während und kurz vor der Laichzeit im November durchschnittlich zu 81,5 %, dagegen vor Ausbildung der Geschlechtsdrüsen zu 73,2 %.

Gewiß in den Muskeln vieler Thierarten werden Spuren jenes Chromogenes vorhanden sein, welches in den Fleischauszügen nach Ausfällung der Phosphate bei dem Inosit bleibt und zur Bildung eines carminrothen, in warmem Wasser mit bräunlichgelber Farbe leicht löslichen Pigmentes führt. Zur Darstellung dieses Farbstoffes⁵⁷⁾, dessen wässrige Lösung ein dem Hydrobilirubin nahe verwandtes Spectralverhalten aufweist, bedurfte es aber respectabler Fleischquanta, und derselbe ist bislang auch nur aus *Liebig'schem* Fleischextracte abgetrennt worden. In weit reichlicherem Maaße treten in Muskeln fertig gestellte Farbstoffe auf, die sich schon bei einer oberflächlichen Betrachtung verrathen, und welche alsdann einen, wenn auch nur indirecten und keineswegs immer zutreffenden Schluß auf den Contractionsmodus und den histologischen Bau der Muskelfsubstanz gestatten.

Die intensive Röthung einiger Muskeln⁵⁸⁾ war bereits *Luitjen* und *Mulder* bei Säugethieren wie bei Vögeln aufgefallen, und sie

leiteten dieselbe von dem Inhalte der zahlreichen Muskelblutgefäße her. Daß der Farbstoff der Muskelfsubstanz in gleichmäßiger Vertheilung selbst angehört, fanden *Bichat* wie *Magendie* und mehrere deutsche Forscher (*Hende*, *Simon*, *v. Bibra*, *Kölliker*, *Schlossberger*) hielten denselben für Hämoglobin. Die Identität des Muskelrothes mit dem Hämoglobin wurde aber erst von *Kühne* durch genaue spectroskopische Prüfung dünner, vollkommen blutfrei erhaltener Muskeln (Zwerchfell) und ihrer wässrigen Auszüge, sowie durch Darstellung von Häminkry stallen zur Gewißheit erhoben. Die dem *Kühne'schen* Nachweise widersprechenden Angaben, wie z. B. die von *Brozeit* und *Hoppe-Seyler*, welche behaupten, daß das rothe Fleisch im Leben weiß sei und erst durch künstlich gesetzte Blutungen sich röthe, oder wie die Angabe von *Pouchet*, daß die rothe Farbe der Muskelfsubstanz als solcher zukomme und nicht von einem Farbstoffe herrühre, wurden, insofern dieselben einer Richtigstellung überhaupt werth sind, schon von *Kühne* berichtigt.

Ein Blick auf die dem ersten dieser Vorträge beigegebene Tabelle (S. 29—32) lehrt, daß hämoglobinhaltige Muskeln kein Alleinbesitz der Wirbelthiere sind, sondern daß die Forschung auch bei Würmern und Mollusken auf dieselben stieß. Bei den Säugethieren speciell finden sich sowohl glatte wie quergestreifte hämoglobinhaltige Muskelfasern vor, und der Differenzen, welche sich hinsichtlich der rothen Fasern gerade hier zeigen und für uns von Werth sind, ist bereits oben S. 297 Erwähnung gethan. Bei einigen Thierarten (z. B. beim Ochsen) erlangen die rothen Muskeln eine intensivere Färbung erst sehr allmählig⁵⁹), so daß die auf gewisse Muskelgruppen beschränkte Röthung bei alten Thieren am meisten in die Augen springt. Derartige an der Färbung sogleich zu erkennende Altersunterschiede sind überall da Regel, wo das Pigment durch ein den lebenden Zellen innewohnendes Electionsvermögen von außen her aufgenommen wird, nicht, wo dasselbe in loco ent-

steht und durch eine den Zellen eigene Retentionskraft diesen eine Zeit erhalten bleibt. Ich glaube deshalb auch, daß die rothen Muskeln ihr Hämoglobin während des Lebens aus der Blutbahn zugeführt erhalten, nicht, daß sie das Hämoglobin selbst produciren. Ampullenartige Erweiterungen der Blutgefäße, welche in rothen Muskeln gesehen werden, müssen eine Hämoglobinaufnahme aus dem Blute besonders begünstigen, und auch die Angabe von *Naffe*⁶⁰), «daß der rothe Farbstoff in den anfangs fast farblosen Muskeln der Kälber in einer ganz bestimmten Periode beim Uebergang von Milchnahrung zu Grünfutter auftritt», erklärt sich meines Dafürhaltens ungezwungener durch eine in Folge des Nahrungswechsels eingetretene Veränderung im Stoffumsatze der rothen Blutkörperchen, als durch eine in Folge des Grünfutters hervorgerufene intramuskuläre Hämoglobinbildung; für letztere ließe sich vielleicht mit mehr Recht das Auftreten von hämoglobinführenden Muskeln bei Gastropoden (*Paludina*, *Lymnaeus*, *Aplysia* etc.) verwerthen, deren einziger hämolymphatischer Farbstoff das Hämocyanin ist. Doch können bei den Wirbellosen die Verhältnisse immerhin wesentlich andere als bei den Wirbelthieren sein, und gerade für die Muskeln der Gastropoden sind die von *Ray-Lanketter* herrührenden Angaben keineswegs jedem Zweifel enthoben. Der beste Kenner der feineren Gastropodenanatomie, Graf *B. Haller*⁶¹), hat erst kürzlich darauf hingewiesen, daß der rothe Farbstoff in den Buccalmuskeln der Chitonen durch Alkohol extrahirbar ist, auch nach einiger Zeit in einen grüngelben übergeht (*Boll*) und demnach doch wohl kein Hämoglobin sein kann, welches *Ray-Lanketter* hier nachgewiesen haben wollte. Uebrigens hüllen die Beobachtungen von *Roeder*, *Gscheidlen* und *Heidenhain*, daß ein deutlicher Farbenunterschied schon bei einseitiger Curarisirung wie Strychninvergiftung an correspondirenden Muskeln wahrnehmbar wird, indem die durch das eine oder andere der beiden Alkaloide afficirten Muskeln ein gefättigteres Muskelroth als die der Giftwirkung

unausgesetzt gebliebenen darbieten, die Frage nach der Herkunft des Hämoglobins in ein neues Dunkel.

Mit den durch Hämoglobin gerötheten Muskeln sind häufig andere confundirt, die ihr Roth einem von *Fremy* und *Valenciennes* als *acide salmonique* bezeichneten Farbstoffe aus der Lipochromgruppe⁶²⁾ verdanken. Dieser Rhodophanfarbstoff fand sich nur in Fischmuskeln, wo er bei einigen Arten (z. B. bei *Luvarus imperialis*) sich mit dem Hämoglobin zusammen an der Färbung theilnimmt, bei anderen Species dagegen die von Hämoglobin frei gelassenen Muskelgruppen tingirt und in hämoglobinhaltigen Fasern dann vollständig fehlt; wo letzteres Verhältniß obwaltet, entsprechen die rhodophanhaltigen Fischmuskeln den blaffen der Säuger. *Schloßberger* beschreibt auch einen gelben Farbstoff aus dem Fleische der Goldforelle; dieser gehört nach den bekannt gegebenen Reactionen ebenfalls den Lipochromen zu, wird jedoch kein Rhodophan, sondern ein Körper aus der Chlorophanreihe sein. Die bald mehr ins Grüne, bald mehr ins Blaue spielenden Färbungen der Muskeln einiger Scomberiden (z. B. *Scomber*, *Luvarus*) und diesen verwandter Formen stehen indeß den Lipochromen fern und müssen nach meinen Erfahrungen über den grünen *Belone*-Farbstoff⁶³⁾ einem diffus vertheilten Pigmente zugeschrieben werden, zu dessen Extraction sich die üblichen Methoden als unzureichend erwiesen. Die blauen Färbungen anderer Muskeln und die röthliche Färbung der isotropen Substanz lebender Muskelfasern (*Kühne*) sind Structurfärbungen; erstere werden nach *Pouchet*⁶⁴⁾ durch kleine, in Zellen (*Idiocysten*) eingeschlossene Körperchen verursacht.

Die durch den raschen Wechsel ihrer Contractionen und durch ihre feine Faerbung ausgezeichneten gelben Flugmuskeln der Insecten charakterisirt ein von den Lipochromen in seinen Eigenschaften ganz abweichender Farbstoff⁶⁵⁾, welcher den Uramidinen zugezählt werden muß, ähnlichen Verfärbungen wie das Aplysino-

Lipochrome.

Gelber Farbstoff in den Flugmuskeln der Insecten.

fulvin unterliegt und wie in den Muskeln, so auch in der Insectenlymphe ständig anzutreffen ist.

Sämmtliche hier aufgezählten Farbendifferenzen der Muskeln können für uns erst dann eine größere Bedeutung gewinnen, wenn wir die Unterschiede im histiologischen Baue der Muskeln kennen gelernt haben.

Haben wir es als wahrscheinlich hingestellt, daß die rothen und blaffen Muskeln der Säugethiere nur mit einem verschiedenen Electionsvermögen für das in der Blutbahn frei werdende Hämoglobin begabt sind, hat sich auch weiterhin gezeigt, daß einige Muskelproducte (wie z. B. die Enzyme) in geringer Menge fast regelmäßig im Muskelgewebe zu finden sind, so giebt es andererseits Fälle, wo die bei der Muskelcontraction entstehenden Zeretzungsproducte das Muskelgewebe so außerordentlich rapide wieder verlassen, daß man über die Bildungsstätte derselben lange in Zweifel bleiben konnte, oder auch solche, wo die nämlichen Stoffe sich in so immensem Grade im Muskelgewebe anhäufen, daß der Fleischsaft eine concentrirte Lösung dieser Substanzen darstellt. Das Elections- und Retentionsvermögen der lebenden Zellen variiren bei keinem anderen Organe in so weiten Grenzen als bei den Muskeln und gerade dadurch wird die Muskelchemie so lehrreich und hochinteressant.

Harnstoff
und
Harnsäure.

Die breiten Schwankungen in der Retentionsgröße für gewisse Stoffe illustriert am schlagendsten der Harnstoffgehalt der Muskeln⁶⁶). In jüngster Zeit ist zwar mehrfach dafür plaidirt, daß der Harnstoff bei den Säugern, die Harnsäure bei den Vögeln und Reptilien zum größten Theile aus Ammoniumverbindungen in der Leber hervorgehen. Die Versuche, auf welche man sich berief, beweisen indeß nichts und wir haben deshalb als eine der Hauptbildungsstätten für beide Stoffe noch wie zuvor die Muskulatur anzusehen. Es sind seltene Ausnahmen, wenn die Muskeln größere Mengen ihrer Zeretzungsproducte bei sich behalten; Regel ist, daß

die Stoffe, sobald sie entstanden sind, auch ausgeschieden werden. *Owsjannikow* und *Illomin* wollen bei künstlicher Durchblutung des Hundemuskelns das ausströmende Blut reicher an Harnstoff als das einströmende gefunden haben und *Picard* berichtet, aus Hundewie Kaninchenmuskeln Harnstoff isolirt zu haben. Diese Angaben sind jedoch mit äußerster Vorsicht aufzunehmen, und ich stehe nach meinen Versuchen nicht an, wie einst *Liebig* zu behaupten, daß aus normalen Säugethiermuskeln Harnstoff nach den gegenwärtig üblichen Methoden nicht abzufcheiden und darauf als solcher nicht zu erkennen ist. Nur unter ganz abnormen Verhältnissen (nach Exstirpation der Nieren, nach Ureterenunterbindung, bei Cholera-kranken, die im Stadium des Cholera typhoid gestorben sind) traf man in Hunde-, resp. in menschlichen Muskeln Harnstoff in sicher nachweisbarer und alsdann bisweilen auch in beträchtlicher Quantität an. Bei Choleraleichen fand *Voit* in den Muskeln weit größere Mengen Harnstoff als im Blute und zieht daraus den Schluß, daß die Muskeln unmöglich einen höheren Gehalt an Harnstoff zeigen könnten als das Blut, wenn sie ihn nur durch Vermittlung des Blutes von anderen Organen herbezögen; hierin sehen auch wir den Beweis dafür, daß der Harnstoff in den Muskeln selbst entsteht.

Eine große Anzahl sorgsam ausgewählter Repräsentanten der wichtigeren Familien aus allen Wirbelthierklassen ist auf Harnstoff geprüft worden; mit Ausnahme der neun untersuchten Vertreter einer einzigen Ordnung haben sich für den Harnstoff aber überall die nämlichen Verhältnisse als bei den Säugethieren offenbart: Harnstoff war in dem normalen Muskelgewebe nicht nachzuweisen, und auch unter den Wirbellosen blieb sein Vorkommen auf die Arthropoden beschränkt. Für die Harnsäure⁶⁷⁾ war das Resultat ein völlig analoges; auch hier fanden sich nur bei Vertretern einer Ordnung erheblichere Harnsäuremengen in den Muskeln vor. Während nun aber sonst in den Muskeln der Wirbelthiere nicht

eine Spur von Harnstoff aufzufinden war, ergab sich für sämtliche, der Prüfung unterworfenen Selachier (Rochen und Haie), daß der Fleischsaft gleichsam eine concentrirte Harnstofflösung vorstellt, und daß in gleicher Weise wie die Muskeln auch die übrigen Körperorgane mit Harnstofflösung mächtig durchtränkt sind.

Ein namhafter Zoologe äußerte mir gegenüber die Ansicht, der so isolirt dastehende Harnstoffreichthum der Selachiergewebe möchte durch die Kleinheit der Nieren bedingt sein; die Excretionsorgane seien den Ansprüchen, welche der Organismus an sie stelle, nicht gewachsen und so bleibe eine größere Harnstoffmenge in den Körpergeweben zurück. *Hoppe-Seyler*⁶⁸⁾ sieht den Grund ebenfalls in den Nieren; er vermuthet, «daß die Kräfte, welche in den Nieren der übrigen Thiere thätig sind und den Rücktritt des Harnstoffes aus dem Harn in das Blut verhindern, also einer osmotischen Bewegung entgegenwirken», den Nieren der Rochen und Haie nur in geringem Grade oder gar nicht eigen sind. Beide Hypothesen rechnen nicht genügend mit den festgestellten Thatfachen. Ich⁶⁹⁾ habe gezeigt, daß nicht nur aus der Dotterackplacenta und 5 cm langen Embryonen von *Mustelus laevis*, sondern auch aus den Eidottern von *Scyllium canicula* und *Myliobatis aquila* mit Leichtigkeit größere Harnstoffquantitäten abzufcheiden sind. Der Harnstoffreichthum ist also bereits in einem Entwicklungsstadium vorhanden, in welchem die Gewebe durch eine Nierensecretion von den Excretstoffen noch bei keinem Wirbelthiere entlastet werden. Es müssen daher die Gewebe der Selachier ganz anders functioniren als die der übrigen Wirbelthiere, und da auch das Retentionsvermögen ihrer Muskeln für Harnstoff ein von dem üblichen abweichendes ist, so treffen wir selbst dann noch den colossalen Harnstoffgehalt in ihnen an, wenn die Nieren sich Jahre lang in regelrechter Thätigkeit befunden haben.

In entsprechender Weise sind nun auch die Verhältnisse bei den Alligatoren und Crocodilen zu deuten, wo nicht Harnstoff,

sondern (wie bei den Lampyriden) Harnsäure die Muskeln oft massenhaft erfüllt. Das Harnsäurevorkommen in den Muskeln der Alligatoren wurde 1849 von *Liebig* beobachtet und 1864 von *Carius* nachentdeckt. Beide Forscher bezeichneten den Harnsäurereichthum der Muskeln als einen normalen und dieser Auffassung schloß sich *Pagenstecher* an, während *Meißner* derselben widersprechen zu müssen glaubte. In den letzteren Jahren habe ich wiederholt Gelegenheit genommen, Fleisch von Crocodilen wie von Alligatoren zu untersuchen, und der Harnsäuregehalt desselben war allemal ein sehr bedeutender, die Thiere z. Th. ohne längeres Kränkeln plötzlich gestorben, z. Th. auch bei bestem Wohlbefinden getödtet, so daß heute kein Zweifel mehr an einem verhältnißmäßig großen Harnsäuregehalte der Muskeln selbst bei ganz normalen Crocodilen bestehen kann. Ähnliche Retentionseigenthümlichkeiten zeigen die Muskeln einiger anderen Thiere für Taurin, Glykocoll und Kreatinin.

Geringe Mengen von Taurin⁷⁰⁾ fand *Limpricht* in Pferde- wie ^{Taurin u. Glykocoll.} in Fischfleisch; reicher daran sind die Muskeln von *Rana temporaria*, und auch in den Muskeln von Gastropoden und Acephalen gab sich seine Anwesenheit zu erkennen. Nirgendwo finden sich aber in den Muskeln solche Massen von Taurin aufgestapelt als bei den Cephalopoden. Hier wurde das Taurin von *Fremy* und *Valenciennes* bei *Sepia officinalis* entdeckt, später von *Fredericq* aus *Octopus vulgaris*, von mir aus *Eledone moschata* und (in Gemeinschaft mit *J. Steiner*) aus *Loligo vulgaris* isolirt; bei allen der Prüfung unterzogenen Cephalopodenspecies glich der Fleischsaft einer concentrirten Taurinlösung. In dem Schließmuskel von *Pecten irradians* traf *Chittenden*⁷¹⁾ das Glykocoll (die zweite Amidofäure, welche wie das Taurin sonst nur noch mit Cholsäure gepaart als Gallenbestandtheil bei den Wirbelthieren auftritt) in einer annähernd ebenso bedeutenden Menge an.

Reichlichere Quantitäten von Kreatinin⁷²⁾, welche nachweislich ^{Kreatinin.}

nicht erst bei der Darstellung aus Kreatin entstanden sind, fanden sich nur bei einigen Knochenfischen (Luvarus, Thynnus, Pelamys, Conger). Ausnehmend groß ist der Kreatiningehalt der meerblauen Rumpfmuskeln von Luvarus imperialis; aus dem alkoholischen Auszuge von 1 $\frac{1}{2}$ kg dieser Muskeln schieden sich bei vorsichtigem Eindampfen auf dem Wasserbade nicht weniger als 5 g reinste Kreatininkrytalle ab. Auch in den quergestreiften Muskeln der Säuger und Vögel wird das Kreatinin sicherlich nicht ganz fehlen, doch lassen die Untersuchungen noch Zweifel bestehen, wie viel von dem gefundenen Kreatinin in den Muskeln wirklich als präformirtes vorhanden gewesen und wie viel erst bei Verarbeitung des Fleisches aus Kreatin, dem constantesten unter den krytallifabelen stickstoffhaltigen Extractivstoffen der Wirbelthiermuskeln entstanden war.

Kreatin.

Ausgenommen einen einzigen negativen Befund bei Lichia amia, wo die Untersuchung überdies mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen hatte und das Resultat daher kein ganz zuverlässiges ist, hat sich das Kreatin⁷³⁾ in den quergestreiften Muskeln bei sämtlichen Wirbelthieren (und zwar schon bei jungen Embryonen) gefunden, bei welchen man darnach gesucht hat. Das Kreatin ist nicht nur der constanteste, sondern auch ein charakteristischer Bestandtheil der quergestreiften Vertebratenmuskulatur; es findet sich noch bei den Selachiern, Ganoiden, Cyclostomen, ja bei Amphioxus lanceolatus vor, ist aber aus den Muskeln keines einzigen Wirbellosen zu erhalten gewesen. Ob Kreatin in den glatten Wirbelthiermuskeln vorkommt, steht noch dahin; *Lehmann* giebt an, es darin gefunden zu haben, ich habe es dagegen bei allen in Untersuchung genommenen glatten Muskeln vermißt.

Die Veränderungen, welche das Kreatin im Muskel durchmacht und sein eventueller Uebergang in Harnkreatinin sind noch wenig durchsichtig. Durch *Sarokin* wissen wir, daß der Kreatingehalt fauer reagirender, zuvor todtenstarr gewordener Froschmuskeln

von dem alkalisch reagirender nicht nennenswerth abweicht, daß aber der Kreatiningehalt eines tetanisirten Frofelmuskels auf Kosten feines Kreatins ums dreifache anwachsen kann. Bestimmungen des Kreatingehaltes von verschiedenen Muskeln deselben Thieres haben ebenfalls zu keinem abschließenden Resultate geführt; nur für das Herz scheint festgestellt, daß es kreatinärmer ist als die Extremitätenmuskulatur. Voit schließt aus seinen, an frischen Muskeln von Frofch, Fuchs, Rind, Hund, Pferd, Kaninchen und Mensch ausgeführten quantitativen Bestimmungen, daß der (in den Versuchsprotokollen zwischen 0.2—0.3 % wechselnde) Kreatingehalt bei den verschiedenen Thierpecies keine größeren Unterschiede darbietet als bei Individuen der gleichen Species, und den nämlichen Eindruck gewann auch ich bei vielen, allerdings nicht quantitativ durchgeführten Analysen von Fischfleisch.

Daß zwischen den Muskeln nahe verwandter Formen und zwischen den verschiedenen Muskelarten ein und deselben Thieres oft hervorstechende chemische Unterschiede bestehen, daß ein Muskel Substanzen enthält, die einem anderen so gut wie vollständig fehlen, hat sicherlich ein Gastronom niemals bezweifelt. Des verschiedenartigen Geschmacks von dunklem und blassem Fleische bei Geflügel ist von Literaten wiederholt gedacht, der verschiedene Geschmack des hellen und rothen Thunfischfleisches ist unter den Bewohnern der Seestädte am Mittelmeere allgemein bekannt. So klar wie am Rochen- und Haifischfleische, dessen widerwärtiger Geschmack und Geruch auf Zeretzungsproducten des darin so reichlich vorhandenen Harnstoffs beruht, treten bei der chemischen Analyse derartige Verschiedenheiten in der Zusammensetzung sonst nicht hervor, und selbst bei Fleischsorten von so eigenartigem Geschmacke wie die der Krebse ist derselbe nur mit Unrecht dem Glykogen zugeschrieben, seine wahre Ursache noch unermittelt. «Der Instinct des Geschmacks ist», wie *Brillat-Savarin*⁷⁴⁾ bemerkt, «der Wissenschaft vorausgecilt.»

Die Mehrzahl der Fleischstoffe, welche sich dem Geschmacke so leicht verrathen, widerstehen bekanntlich dem Kochen und finden sich bei Verarbeitung des Fleischauszuges nach dem *Liebig'schen* Verfahren⁷⁵⁾ in dem basischen Bleiacetatniederfchlage wieder, dessen Darstellung zur Abscheidung des Inofits üblich geworden ist. Dieser Bleiniederfchlag läßt sich durch Auskochen mit Wasser in zwei Portionen zerlegen: in die Bleiverbindungen, welche in heißem Wasser löslich und in die, welche darin unlöslich sind. Zu letzterer Classe gehört das Inofitblei, zu ersterer zählen die Stoffe, welche den typischen Geschmack mancher Fleischsorten zu bedingen scheinen.

Durch Zerfetzung des in siedendem Wasser löslichen Antheils der basischen Bleiacetatfällung mit Schwefelwasserstoff sind eine Reihe gut kryftallifirender Stoffe aus Fisch-, Frosch-, Alligator- und Hummerfleisch erhalten worden⁷⁶⁾, welche in verschiedene, ebenfalls gut kryftallifirende Salze übergeführt, jedoch nicht in der zu einer Elementaranalyse erforderlichen Menge gewonnen werden konnten. Durch Bestimmung des Zerfetzungspunktes, sowie ihres Verhaltens gegen Fällungsmittel und beim Eindampfen mit concentrirter Salpeterfäure ließ sich nur wahrscheinlich machen, daß die aus dem Fisch-, Frosch- und Alligatorfleiße auf diesem Wege erhaltenen Substanzen Verbindungen darstellen, aus welchen Taurin künstlich abzuspalten und auf welche vielleicht auch das Taurin als Zerfetzungsproduct zurückzuführen ist, welches aus Frosch- wie Fischfleisch wiederholt gewonnen wurde. Der in siedendem Wasser lösliche Antheil des basischen Bleiacetatniederfchlages aus dem Fleischauszuge vom Hummer liefert dagegen einen in seinen Eigenschaften wesentlich abweichenden organischen Körper, dessen lange garbenartig gruppirten Kryftallnadeln beim Verdunsten der Mutterlauge unter Wasserverlust eine rapide moleculare Umlagerung erfahren und dabei in Kryftalltäfelchen zerspringen, die bei 270° C. noch nicht vollständig verkohlen. Kreatin, Taurin und Inofit

fehlen in den Humtermuskeln, und so ist jene die einzige organische Substanz, welche in krytallisirtem Zustande aus denselben abgefchieden wurde und welche auch wohl für den eigenthümlichen Geschmack des Krebsfleisches verantwortlich zu machen ist.

In dem Fleische von Fröfchen wie Süßwasserfischen ist von *H. Wagner* und mir neben der fraglichen gepaarten Taurinverbindung auch der Körper aufgefunden, welcher von *Weidel* in *Liebig'schem* Fleischextracte entdeckt und als Carnin⁷⁷⁾ bezeichnet wurde. Das Carnin entwickelt beim Erhitzen über freier Flamme einen charakteristischen Bratengeruch und documentirt (bei Behandlung mit Bromwasser oder beim Erwärmen mit Salpeterfäure) durch den Uebergang in Hypoxanthin seine Zugehörigkeit zu den Xanthinkörpern. Die fruchtbaren Arbeiten der letzten Jahre bestimmen uns, bei der, so wichtige Producte des thierischen Stoffwechsels umfassenden Gruppe der Xanthinkörper etwas länger zu verweilen.

Die Xanthingruppe⁷⁸⁾ zerfällt in drei Abtheilungen, als deren Repräsentanten das Hypoxanthin oder Sarkin ($C_5H_4N_4O$), das Xanthin ($C_5H_4N_4O_2$) und die Harnfäure ($C_5H_4N_4O_3$) anzusehen sind. Dem Hypoxanthin reiht sich an das Carnin ($C_7H_8N_4O_3$) und das Adenin ($C_5H_5N_5$), dem Xanthin das Theobromin (= Dimethylxanthin, $C_7H_8N_4O_2$), das Coffein oder Thein (= Trimethylxanthin, $C_8H_{10}N_4O_2$), das Guanidin ($C_5H_5N_5O$), vielleicht noch zwei von *G. Salomon* im menschlichen Harn gefundene Körper (das mit dem Theobromin isomere Paraxanthin [$C_7H_8N_4O_2$ nach *E. Fischer*] und Heteroxanthin, welches wahrscheinlich ein Methylxanthin ist) sowie (als ein weiteres Isomere des Theobromins) das von *E. Fischer* künstlich dargestellte Dioxymethylpurin, während die Harnfäure nach dieser Richtung hin heute noch unvermittelt dasteht. Trotzdem Hypoxanthin, Xanthin und Harnfäure nur durch ein oder zwei Sauerstoffatome in der Formel von einander abweichen, ließ sich der zwischen ihnen bestehende nähere Zusammenhang nicht ermitteln. Die Angaben von *Strecker*, daß Hypoxanthin durch

Die
Xanthin-
körper.

Behandlung mit Salpeterfäure in Xanthin, Harnfäure in alkalischer Lösung durch sehr natriumarmes Natriumamalgam in Xanthin und Hypoxanthin umzuwandeln seien, haben den Nachunterfuchungen von *Rochleder* und *Hlasiwetz*, von *Koffel* und *E. Fischer* nicht Stand gehalten. Nur in weiter abliegenden Spaltungsproducten, im Alloxan, in der Parabanfäure resp. deren Methylderivaten und in den durch *E. Fischer* erst jüngst bekannt gewordenen, aber noch nicht eingehender studirten Abkömmlingen des Methylpurins ($\text{CH}_3 \cdot \text{C}_5\text{N}_4\text{H}_3$) sind Ausgangspunkte für alle drei Classen schon gegenwärtig gegeben. In die Hypoxanthin- und Xanthinreihe ist durch die neueren Erfahrungen über die Nucleïne noch ein weiterer Einblick eröffnet; denn wie *Koffel* zeigte, liefern die Nucleïne bei längerem Kochen mit Wasser oder mit verdünnten Säuren sowohl Guanin und Xanthin, als auch Adenin und Hypoxanthin. Noch weit vollständiger sind die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Gliedern ein und derselben Abtheilung in der Xanthin-Gruppe aufgeklärt worden. So gelang nicht nur die Ueberführung des Carnins in Hypoxanthin (*Weidel*), sondern auch das Adenin ist durch Erwärmen seiner Lösung in verdünnter Schwefelfäure mit Kaliumnitrit zum Sieden in Hypoxanthin (*Koffel*) überzuführen gewesen. Das Guanin geht bei dem Behandeln mit salpetriger Salpeterfäure, Lösen des entstandenen Nitrokörpers in siedender Ammoniakflüssigkeit und schließlicher Reduction der Verbindung durch Eisenvitriol in Xanthin über (*Strecker*), und dieses liefert beim Erhitzen seiner Bleiverbindung ($\text{C}_5\text{H}_2\text{N}_4\text{O}_2\text{Pb}$) mit Jodmethyl auf 100°C . Theobromin (*E. Fischer*), welches in der Silberverbindung ($\text{C}_7\text{H}_7\text{N}_4\text{O}_2\text{Ag} + 3 \text{aq}$) weiterhin zu Coffein (*Strecker*) zu methyliren ist. Die Umwandlung des Guanins in Xanthin erfolgt nach *E. Fischer* nahezu quantitativ, wenn man 10 gr. Guanin in 20 gr. conc. Schwefelfäure und 150 gr. Wasser kochend löst und nach Abkühlung auf $70^\circ\text{--}80^\circ \text{C}$. allmählig eine wässrige Lösung von 8 gr. käuflichem Natriumnitrit unter starkem Umschütteln zusetzt.

Während für die Harnsäure die Murexidprobe, für das Guanin eine jener sehr ähnliche Farbenreaction charakteristisch ist, werden das Xanthin und seine unmittelbaren Derivate (Theobromin, Paraxanthin, Coffein) durch die sog. *Weidel'sche* Probe, welche auf der Bildung von Amalin Säure (d. i. Dimethyl-Alloxantin) zu beruhen scheint, enger verbunden und dadurch sowohl von dem Heteroxanthin, Guanin und Dioxymethylpurin, wie von den Gliedern der Hypoxanthinreihe und der Harnsäure abgetrennt.

Für die Muskelchemie besitzen von den Xanthinkörpern außer der Harnsäure und dem Carnin nur noch das Hypoxanthin und Xanthin Bedeutung. Hypoxanthin ist sowohl aus allen daraufhin untersuchten Muskeln, als auch aus dem Plasmodium von *Aethalium septicum*⁷⁹⁾ darzustellen gewesen; doch sind viele dieser Resultate belanglos geworden, seitdem wir wissen, daß sich Nucleine in allen zelligen Gebilden finden und Kochen mit Wasser ausreicht, um aus ihnen Hypoxanthin abzuspalten⁸⁰⁾. Das Xanthin, von dem frisches Pferdefleisch nach *Scherer* 0,0026 % enthalten soll, wird von diesem Forscher auch als ein Bestandtheil des Fischfleisches angeführt, doch ist es hierin weder von *Almén* noch von mir aufzufinden gewesen. Die Angaben über das Xanthinvorkommen in den Geweben der Wirbellosen (nach *J. B. Enz* bei *Chrysomela aenea*, nach *Ph. Schreiner* bei *Melolontha*, nach *Reinke* und *Rodewald* in *Aethalium septicum*), wo überdies die Ablagerungsstätte desselben nicht ermittelt wurde, bedürfen sehr der Bestätigung, und auch für das Xanthin ist die für das Hypoxanthin hervorgehobene Möglichkeit, daß, wo es gefunden wird, erst bei der Verarbeitung des Fleisches aus Nucleinen entstanden ist, nicht von der Hand zu weisen.

Auf die von *Lichig* im Fleischauszuge entdeckte zweibasische Inosin- u. Protosäure.
Inosin Säure⁸¹⁾ (C₁₀H₇N₂O₁₁), deren Vorkommen später von *Gregory* und *Meißner* in Hühnermuskeln, von *Croite* im Fleische der Ente, der Gans, der Taube, des Kaninchens und der Katze, von *Linn-*

pricht neben einer anderen, ähnlich constituirten stickstoffhaltigen organischen Säure im Fischfleisch (bei Plötzen, Häringen und Knorpelfischen) nachgewiesen wurde, ist neuerdings nicht wieder geprüft worden. Nach *Creite* liefern die Muskeln des Huhnes 0,005—0,008 ‰, die der Ente 0,26 ‰ inosinsaures Barium, und nach *Meißner* ist die Menge der Inosinfäure im Hühnerfleisch bei Fütterung der Thiere mit Gerste um das Zehnfache größer als bei Fleischfütterung. Die aus Fischmuskeln von *Limpricht* dargestellte Prottsäure⁸²⁾ ist ein undefinirbares Etwas geblieben; sie soll die Zusammensetzung und Eigenschaften eines Eiweißstoffes besitzen und steht als ein künstliches Zerfetzungsproduct des so veränderlichen Myofins vielleicht den Hyalinen näher als der Inosinfäure. — Stoffen, welche in wenig scharfer Umgrenzung die Gruppen der Lecithine und Nucleine ausmachen, begegnen wir in allen thierischen Gewebstheilen, den Lecithinen hauptsächlich in den Nerven, und die Anwesenheit dieser Stoffe in den Muskeln erscheint demnach selbstverständlich, entzieht sich aber gerade wegen der allgemeinen Verbreitung derselben jeder speciell vergleichend-physiologischen Betrachtung des Muskelgewebes.

Anorganische Bestandtheile.

Um alle chemischen Bestandtheile des Muskels durchgegangen zu sein, erübrigt nur noch die Betrachtung der anorganischen Verbindungen, des Wasser-, Asche- und Gasgehaltes⁸³⁾. Auf S. 308 wurde erwähnt, daß der Wassergehalt der Muskeln sich im Allgemeinen umgekehrt proportional als ihr Fettgehalt verhält, und dieser Satz besitzt nicht nur für den vom Fettgewebe befreiten Muskel, sondern auch für die Muskelfaser als solche Gültigkeit. Weiterhin nimmt man als Regel an, daß der Wassergehalt der Muskeln junger Thiere etwas höher ist als bei Erwachsenen, derjenige tetanisirter Muskeln bedeutender als ausgeruhter, höher auch in den Muskeln gehungerter Thiere ist und bei Wirbelthieren sich niedriger stellt als bei Wirbellosen. Ebenfalls ist das Imbibitionsvermögen abgestorbener Muskeln von verschiedenen Thieren

oft ein sehr ungleiches; bei Fischen gewöhnlich beträchtlicher als bei Säugern und Vögeln. Unter Berücksichtigung des ungleichen Fettgehaltes der hämoglobinhaltigen und der hämoglobinfreien Muskeln bei ein und demselben Thiere bietet der Wassergehalt derselben weder nach den Untersuchungen von *Ranke* am Kaninchen, noch nach denen von *H. Wagner* am Lachs größere Abweichungen als von 1—2 % (zu Ungunsten der fettreicheren hämoglobinhaltigen Muskeln) dar, und in Uebereinstimmung damit fand auch *Gleichelln* für die durch ihren größeren Hämoglobingehalt von intact gelassenen leicht zu unterscheidenden tetanisirten resp. vergifteten Kaninchenmuskeln (vergl. S. 310) keine anderen Werthe und Schwankungen im Wassergehalte, als solche sich bei correspondirenden Muskeln schon ohnehin ergaben. Die heutige Literatur will bei den Säugethieren nur das Herz vor den willkürlichen Muskeln durch einen größeren Wassergehalt ausgezeichnet wissen. Bei Versuchen, von einem anderen Gesichtspunkte aus unternommen, sind indeß noch immer positive Resultate in Bezug auf einen differenten Wassergehalt auch bei anderen verschiedenen functionirenden Muskeln eines Thieres zu erwarten. Muskeln geben nämlich unter gewissen Umständen leicht ihr Wasser ab und erfahren alsdann eine sehr vollkommene Entwässerung sowohl vital (durch den Kommabacillus bei den Cholerakranken), als auch postmortal (z. B. bei mehrstündigem Liegen in einer Kohlenfäureatmosphäre [*G. Liebig*]); nach *Falk's* und *Scheffer's* Versuchen an Hunden verlieren die Muskeln im Durstzustande von allen Geweben das meiste Wasser, und es würde daher zu untersuchen sein, ob bei dieser Wassergabe nicht erheblichere Differenzen, den verschiedenen Muskelarten entsprechend, bestehen. Haben doch auch die Versuche *Choffat's* an Tauben gezeigt, daß im Hungerzustande das Herz einen Gewichtsverlust von etwa 45 % erfährt, die Pectoralmuskeln 53,1 (feucht) resp. 55,0 % (trocken) und die übrigen Skelettmuskeln nur 35,6 resp. 35,9 % ihres normalen Gewichtes einbüßen; ist zu-

gleich doch auch von *Voit* festgestellt, daß bei der Katze die willkürlichen Muskeln im Hungerzustande ca. 30 % an Gewicht verlieren, das Herz dagegen nur um 2,6 % abnimmt.

Um eine Anschauung von der quantitativen Zusammensetzung der Muskeln zu geben, habe ich unter den Anmerkungen⁸⁴⁾ zwei vollständige Fleischanalysen mitgetheilt. Was den Gehalt der Muskeln speciell an Mineralbestandtheilen anbelangt, so liegen nur für wenige Säugethiere ausführlichere Analysen vor; diese ergeben aber übereinstimmend, daß von den Salzen des Fleisches etwa 80 % in die Fleischbrühe übergehen (*Chevreul*) und vorwiegend aus Kaliumphosphaten bestehen (*Liebig*). Sulfate fehlten in den untersuchten Fleischstücken vollständig (*Berzelius*, *Liebig*), auch Natrium war im Ochsenfleische so schwach vertreten, daß es nur auf unvermeidliche Blut- und Lymphbeimengungen bezogen werden kann, und *Weber's* genauen Analysen des Pferdefleisches lassen schließen, daß das Dikaliumorthophosphat in diesem nicht allein das vorherrschende, sondern auch das fast einzige anorganische Salz ist; bei der spontanen Säuerung des Muskels durch Milchsäure wird daselbe zum Theil in das saure Salz umgewandelt. Aber schon bei den Fischen bestehen wesentlich andere Verhältnisse; bei diesen herrschen weit mehr als bei den Säugethieren die Erdphosphate in der Fleischstücker vor (*v. Bibra*, *Schloßberger*), und nach *Fremy* und *Valenciennes*⁸⁵⁾ trifft man Kaliumphosphate reichlicher nur bei Thieren mit sehr entwickeltem Knochenbaue an; in den Muskeln der Arthropoden und Mollusken z. B. finden sich davon nur Spuren.

Von Gasen enthält der Säugethiermuskel, über den wir auch in dieser Hinsicht ziemlich ausschließlich unterrichtet sind, Kohlenäure, wenig Stickstoff und gar keinen Sauerstoff. Die Bildung der Kohlenäure, welche im Muskel verschieden fest gebunden ist, findet noch ohne Sauerstoffzufuhr statt, ist im gebrühten Muskel selbst nicht ganz erloschen und scheint demnach verschiedene Quellen zu haben. Die producirte Kohlenäuremenge steigt beim

Erwärmen der Muskeln von Fischen und Säugethieren in annähernd gleicher Weise bis 34° resp. 38° C. an und nimmt bei höherer Erwärmung allmählig wieder ab, bei Warmblütern langsamer als bei Fischen (*Regnard*)⁸⁶).

Unfere Darstellung einer vergleichenden Muskelchemie würde^{Muskelgifte.} unvollständig sein, wenn wir nicht der merkwürdigen Veränderungen gedacht hätten, welche die als Muskelgifte⁸⁷) bezeichneten Stoffe, oft schon in minimalsten Dosen angewandt, in Muskeln vorübergehend hervorrufen. Die Toxicologie ist ein integrierender Theil der chemischen Physiologie; «unter dem Einflusse der Gifte entstehen in einem Gewebe niemals neue Functionen, sondern nur einige der normal vorhandenen physiologischen Gewebeeigenschaften werden durch die Gifte besonders deutlich für uns zur Wahrnehmung gebracht» (*Cl. Bernard*). So können durch die toxicologischen Erfahrungen nur unfere, auf irgend einem anderen Wege der experimentellen Forschung erworbenen Ueberzeugungen in erwünschtem Maaße befestigt oder neue Bahnen den chemischen, physiologischen und histologischen Arbeiten eröffnet werden. Wie dürftig auch bis auf den heutigen Tag das Feld der vergleichenden Muskelchemie toxicologisch bestellt sein mag, werthvoll sind doch manche der bereits gewonnenen Ergebnisse. Die scharfe Abgrenzung zwischen Muskeln und formveränderlichem Protoplasma findet eine wesentliche Stütze in der durch *Binz* entdeckten außerordentlichen Empfindlichkeit fast aller nervenlosen Protoplasmen gegen neutrale Chininlösungen, in einer Empfindlichkeit, welche sich nur bei Turbellarien wiederfand, sonst aber an keiner Muskelfaser, sei es bei Wirbelthieren oder bei Wirbellosen zur Beobachtung gelangte. Der durch die Verbreitung des Kreatins veranlaßte Gegensatz zwischen den quergestreiften Muskeln der Wirbelthiere und den sämmtlichen Evertebratenmuskeln spiegelt sich in den Wirkungen der Anästhetika wider, welche bei den Wirbelthieren ausnahmslos das Centralorgan, die Muskeln ungleich später, oft gar nicht in ersicht-

licher Weise ergreifen, während sie bei den Wirbellosen regelmäßig zuerst die Muskeln afficiren, diese in einen einfachen Lähmungs- oder Reizzustand (z. B. die Radiärfasern um den Pigmentkörpern bei *Eledone moschata*) versetzen oder durch gleichzeitig eintretende Starre bretartig hart werden lassen (z. B. die Hautmuskeln von *Hirudo officinalis*); nur Unterfucher, welche centrale und periphere Lähmungen nicht auseinander zu halten und eine Muskel- lähmung nicht zu diagnostificiren verstehen, konnten letzteren Ergebnissen widersprechen. Auf einem indirecten Wege sind auch die quergestreiften und die glatten Muskeln bei den Wirbelthieren durch Gifte unterscheidbar zu machen: das Curare lähmt ausschließlich die Nervenendigungen in den quergestreiften, das Atropin mehr oder minder rasch nur die Endapparate der in die glatten Muskeln eintretenden Nerven. Eine den Thierclassen entsprechende Sonderung der Muskeln, wie solche z. B. der Taurinreichthum bei den Cephalopoden, der colossale Harnstoffgehalt bei den Sela- chiern mit sich bringt, läßt sich auf Grund der bislang studirten Giftwirkungen allerdings nicht treffen; aber eine Verschiedenartig- keit der chemischen Bestandtheile des Muskelgewebes manifestirt sich (sowohl bei nahestehenden Formen wie bei verschieden func- tionirenden Fasern) bei Anwendung keiner anderen Mittel so deutlich als gerade unter dem Einflusse einiger Gifte; selbst die Geschmacks- knospen der menschlichen Zunge vermögen diese an Empfindlich- keit für gewisse chemische Unterschiede nicht zu überbieten.

So wirken Coffein (*Schmiedeberg*) und Veratrin (*Prevost*) weit schneller und heftiger auf die Skelettmuskeln von *Rana tempo- raria* als auf die von *Rana esculenta*, und bei *Hirudo offi- cinalis* fand ich nach 20-stündigem Verweilen des Thieres in einer 1^o/oigen Atropinfulfatlösung die Hautmuskulatur vollkommen steif und elektrisch unerregbar, während ein nahe verwandter Wurm, *Aulastomum Gulo Moq. Tand.*, nach einem 24-stündigen Aufenthalte in einer gleichen Lösung «nur unerheblich alterirt

war, sich mit beiden Saugnäpfen munter fest faugte und sich spontan fortbewegte» (*C. Arnold*).

In dem spätem Verlauf einer chronischen Bleivergiftung bildet sich (sowohl beim Menschen wie bei der Katze, dem Kaninchen und Fröfchen, nicht aber beim Hunde) eine Paralyse aus; beim Menschen erscheint dieselbe am häufigsten an den oberen Extremitäten (selten auch am Halfe oder Rumpfe) und erstreckt sich gewöhnlich nicht auf alle Muskeln einer Extremität, sondern ergreift allemal zuerst die Extensoren. Die Beugemuskeln erlangen dadurch ein Uebergewicht und flectiren die Theile nach Innen. Im Widerspruch mit diesen Erfahrungen läßt *Grützner* die im Allgemeinen den blaffen entsprechenden Muskeln (die Flexoren der Extremitäten, die Verengerer der Stimmritze bei den Säugern, die 'Scheerenöffner bei den Krebsen) — welche zugleich auch leichter ermüden, schon durch schwächere Reize erregt werden und sich schneller zusammenziehen als die Extensoren —, in erster Linie durch die verschiedenartigsten Gifte geschädigt und bei Nervendurchschneidung am frühesten atrophisch werden. Es liegt außerhalb des Rahmens unserer zusammenfassenden Betrachtungen, einer solchen offenbar irrthümlichen Verallgemeinerung ungleicher Giftwirkungen bei verschiedenen functionirenden Muskeln desselben Individuums die richtigen Grenzen zu stecken; nur daß ein differentes Verhalten beider Muskelarten auch gegen Gifte beobachtet wurde, mußte hier erwähnt und einer genaueren Prüfung empfohlen werden. Andere Muskelgifte (Kupferfalze, Veratrin, Digitalis, Apomorphin, Phystogmin) hat man ebenfalls auf histologisch, resp. functionell unterschiedliche Muskeln bei Wirbelthieren wie bei Wirbellosen einwirken lassen, doch haben sämmtliche derartigen Versuche vergleichend-physiologische Consequenzen noch nicht zu ziehen erlaubt.

Die auf S. 277 skizzirte Unitätslehre *Gegenbaur's* vindicirt den Ganglien-, Sinnes- und Muskelzellen die gleiche Abstammung und

den gleichen morphologischen Werth. Dieser Hypothese könnte die Wahrnehmung günstig erscheinen, daß die Begriffe von Nerven- (d. h. Ganglien-) und Muskelgiften sich in der Mehrzahl der Fälle infofern decken, als die Nervengifte gleich den specifischen Muskelgiften eine deletäre Wirkung auch auf die Muskelfasern ausüben und umgekehrt. Verfinnlicht man sich diese Verhältnisse an dem *Schmiedeberg'schen* Schema⁸⁸⁾, indem man ein stumpfwinkliges, gleichschenkliges Dreieck construirt und an dem linken spitzen Winkel desselben die ausgesprochenen Muskelgifte, an dessen rechtem spitzen Winkel dagegen die exquisiten Nervengifte stellt, so kommen die meisten fog. Muskel- oder Nervengifte auf verschiedene Punkte der beiden gleichen Schenkel zu stehen: bald mehr nach rechts, bald mehr nach links, je nachdem sie vornehmlich auf Ganglienzellen oder auf Muskelfasern einwirken. Wie jedoch *Kühne* am Froschfartorius gezeigt hat, reagirt die quergestreifte Muskelsubstanz auf Lösungen chemisch reiner Stoffe (Ammoniak, viele Metallsalze), welche die Nervenfasern vollkommen ungereizt lassen, und umgekehrt (Kochsalz in niederen Concentrationen, Glycerin). Diese wichtigen Erfahrungen sind in jüngster Zeit noch vervollständigt durch *Grützner*, welcher am Frosch und am Kaninchen nachwies, daß das scheinbar verschiedene Verhalten der motorischen und sensiblen Nerven gegen Kochsalzlösung lediglich darauf beruht, daß durch dieses Reagens die Entladung der Reize nicht in «Salven» (wie bei Anwendung von Natronlauge, wo auch an motorischen Nerven bald eine fast gleichzeitige Contraction sämtlicher Muskeln auftritt), sondern nach Art des «Pelotonfeuers» erfolgt, bei welchem die einzelnen Geschosse zu verschiedenen Zeiten, in den Centralorganen auch an verschiedenen Punkten eintreffen und so sich die einzelnen Reize nicht summiren können.

Bei Erforschung der physikalischen und physiologischen Differenzpunkte hat man sich bisher an folgende Muskelarten gehalten:

A. Bei Wirbelthieren an die

1. quergefleckten blaffen oder lediglich durch Lipochrome gefärbten Muskeln, welche anders struirt sind und auch weniger Glykogen führen sollen als die
2. quergefleckten, durch Hämoglobin gerötheten Muskeln. Ausgenommen sind diejenigen, welche den gleichen histiologischen Bau wie die blaffen besitzen. Unter diese Rubrik wird auch der
3. Herzmuskel mit feinen eigenartigen Strukturverhältnissen und feinem Inositreichthum gestellt werden müssen;
4. glatten Muskeln.

B. Bei Wirbellosen an die durchgängig kreatinfreien

1. Schließmuskeln der Bivalven, welchen sich in ihrem abweichenden histiologischen Baue nur noch wenige andere Evertebratenmuskeln anreihen;
2. Schwanzmuskeln und die structurell davon unterschiedlichen
3. scheerenschließend Muskeln bei den Krebsen;
4. gelben, durch einen Körper aus der Uranidingruppe gefärbten Flugmuskeln der Insecten;
5. Schirmmuskulatur der Medusen, welche durch ihre Innervationsverhältnisse und ihre Querstreifung den quergefleckten Vertebratenmuskeln am nächsten tritt.

Trifft ein (selbst directer) Reiz den lebenden oder lebensfrischen Muskel, so vergeht eine bald längere, bald kürzere Zeit (Stadium der latenten Reizung), bevor der Muskel in den Zustand der Verkürzung (Zuckung) übergeht⁸⁹). Die Latenzperiode dauert länger bei Erregung durch schwache als durch starke Reize, bei ermüdeten länger als bei geruhten Muskeln und nimmt unter gewöhnlichen Bedingungen mit steigender Temperatur ab. Hiermit mag es theilweise im Zusammenhange stehen, wenn wir das Latenzstadium bei Warmblütern (ca. 0,007 sec. nach *Brücke* und *Mendelssohn*) geringer

Contractionserregungen.

als bei den Kaltblütern (bei Frosch und Krebs durchschnittlich 0,008 sec. [*Richet*], beim Hummer 0,015—0,02 sec. [*Fredericq* und *Vanderelde*], bei der Schildkröte 0,02 sec. und beim Fußmuskel von *Helix* 0,15—0,3 sec. [*Richet*]) finden; aber auch Unterschiede anderer Art, welche mit der Thier-species zusammenhängen, treten in diesen Zahlen hervor und es bestehen solche in gleicher Weise für verschiedene Muskeln desselben Thieres. So fand z. B. *Ranvier* beim rothen musc. semitendinosus des Kaninchens (0,055 sec.) eine mehr als viermal längere Dauer der latenten Reizung als bei dem blaffen musc. adductor magnus (0,012 sec.); am Scheeren- und Schwanzmuskel von Krebsen dauert das Latenzstadium nach *Richet* aber gleich lange. Die Muskelzuckung ist ebenfalls von zahlreichen Nebenumständen abhängig, und die sie darstellende Curve (Zuckungscurve) kann sowohl in ihrem aufsteigenden wie in ihrem absteigenden Theile erheblich variiren; gleich dem Latenzstadium wird auch der Verlauf der Zuckung durch Kälte, Ermüdung, Alter, unvollkommene Ernährung und durch die Einwirkung gewisser Gifte (z. B. des Veratrins, Antiarins und Digitalins) in die Länge gezogen, vor Allem ist derselbe aber durch die Natur des Muskelgewebes selbst bedingt.

Ganz allgemein gehalten, darf man sagen, daß es zwei Arten von Muskelfasern giebt: die Fasern mit rascher Contraction und diejenigen mit langsamer Contraction. Aber eine ganze Stufenleiter liegt hier vor, welche nach *Marey* mit den (unter sich schon gewaltige Verschiedenheiten darbietenden) glatten Muskeln beginnt und, durch unzählige, vielfach combinirte Uebergangsglieder (rothe und blasse quergestreifte Muskeln, Herzmuskulatur, embryonale und ausgebildete Muskeln etc.), mit den erregbarsten, blaffen quergestreiften Skeletmuskeln der Vögel und den gelben Flugmuskeln der Insecten abschließt. Am rapidesten erfolgen die Zuckungen bei den quergestreiften Flugmuskeln einiger Insecten; wie große Differenzen aber auch hier bei verschiedenen Thieren bestehen,

lehrt beistehende, den Werken *Marcy's* entlehnte Tabelle. *Marcy's* Zahlen stimmen für Fliege und Hummel überraschend gut zu denen, welche *H. Landois* (vgl. S. 336) aus der Tonhöhe des Flügel-schlages berechnet hat, entfernen sich aber sehr weit von denen, zu welchen *Rollett* (vgl. die Tabelle) für die ganz andersartig ge-bauten und weit langsamer functionirenden Beinmuskeln einiger Käfer gelangt ist⁹⁰⁾.

Zahl der Zuckungen
von gelben Insectenmuskeln nach *Marcy*
(pro Secunde):

Stubenfliege	330
Hummel	240
Biene	190
Wespe	110
Libelle	28
Kohlweißling	9.

Mittelzahlen für die Beinmuskeln der Käfer
nach *Rollett*:

Käfer	Stadium der latenten Reizung	Zuckung	Aufsteigender Curventheil	Absteigender Curventheil	
Dytiscus	0,017	0,112	0,055	0,057	
Hydrophilus	0,047	0,350	0,108	0,242	
Melolontha	0,075	0,527	0,116	0,411	
Verhältnis der Dauer bei:	Hydr.	2,84	3,13	1,97	4,27
	Dyt.	4,53	4,71	2,10	7,24
	Mel.	1,59	1,50	1,07	1,69
	Dyt.				
	Mel.				
	Hydr.				

Unter den quergestreiften Skelettmuskeln der Wirbelthiere ist die Zuckungcurve bei den winter schlafenden Murrethieren und Schildkröten am gedehntesten, und sie verkürzt sich bei den

Fröschen, Säugethieren, Fischen und Vögeln fortchreitend mehr und mehr (*Marey*). Nach *Helmholtz* dauert die Zuckung eines frischen Froschmuskels bis 0,2 sec., nach *Marey's* Curven diejenige eines unermüdeten Muskels am getödteten Kaninchen etwa 0,078 sec.; weit länger ist der Zuckungsverlauf bei den Herzen der Säugethiere (0,3—1,0 sec.) und den Schirmmuskeln der Medusen (*Romanes*). Ferner ist anzuführen, daß nach *Soltmann* sich die Muskeln der Neugeborenen in einer ähnlichen langsamen Weise als durch Ermüdung erschöpfte bei Erwachsenen contrahiren. Die Contractionsdauer der blaffen Muskeln variirt sehr; gewöhnlich beträgt sie 3—5 sec. (*Legros* und *Onimus*), beim Uterus dehnte sie sich (während der Niederkunft) auf 106 sec. aus (*Polaiillon*). Der Fußmuskel von *Helix* contrahirt sich noch weit langsamer, und der zeitliche Verlauf seiner einzelnen Zuckungsphasen ließe sich nur ausdrücken, indem man sagen würde: das Latenzstadium währe eine halbe Secunde, das Ansteigen der Contraction dauere eine halbe Minute, und das Erschlaffen nähme eine halbe Stunde in Anspruch (*Richet*). In gleicher Art verlaufen die Erscheinungen an den Schließmuskeln der Bivalven; bei *Anodonta* gebraucht derselbe, um das Maximum der Contraction zu erreichen, nicht weniger als 10 Secunden (*Fick*). *Bernstein* sprach schon seine Verwunderung darüber aus, daß der gereizte Schließmuskel von *Anodonta* so langer Zeit bedarf, um wieder zu erschlaffen, und erinnert daran, daß das Schalenöffnen bei den Muscheln äußerst langsam, das Schließen aber immer noch verhältnißmäßig schnell geschieht.

Für uns bleibt das Wichtigste, daß in der Schnelligkeit der Contraction quergestreifter Muskeln von ein und demselben Thiere bedeutende Differenzen obwalten. *Marey* zeigte das zuerst an Froschmuskeln, wo die Zuckungcurve des Hyoglossus sich viel gedehnter als die des Gastrocnemius ausnimmt. Gleiche Verschiedenheiten beobachtete *Ranvier* an den rothen und blaffen Kaninchen-

muskeln. *Kronecker* und *Stirling* fanden die *Ranvier'schen* Beobachtungen an dem rothen musc. soleus und dem blaffen musc. gastrocnemius medialis bestätigt; nach ihren Bestimmungen beträgt die Zuckungsdauer des blaffen frischen Kaninchenmuskels nahezu $\frac{1}{4}$ Secunde, die des rothen über $\frac{1}{2}$ Secunde, und das Zuckungsmaximum wird vom ersten nach etwa $\frac{1}{25}$ Secunde, vom rothen nach $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{6}$ Secunde erreicht. Hinsichtlich der Krebsmuskeln hatte *Marey* angegeben, daß die Contractionsen von sehr ungleicher Dauer sind; «bisweilen dauern die Bewegungen 20—30 Secunden, zu anderen Malen sind sie fast so kurz als die des Frochtes». «Es thut Noth», bemerkte *Marey*, «die Bedingungen zu ergründen, welche die Erscheinungen an derselben Thierart zu so wechselvollen werden lassen.» Dieser Aufforderung ist zuerst *Richert* nachgekommen; er fand die Zuckungscourven der Schwanz- und Scheerenmuskulatur beim Flußkrebse sehr verschieden, einerlei ob dieselben auf normalem Wege selbstständig entstanden oder durch einen elektrischen Reiz künstlich ausgelöst worden wären. Bei den Schwanzmuskeln war die Contraction ausnehmend kurz und erinnerte in der Form sehr an die Zuckungscurve des Frochegastrocnemius. Der Scheerenmuskel zeichnete dagegen eine weit gedehntere Curve auf, die von der des Schwanzmuskels allemal verschieden war.

Vor wenigen Jahren hat *Cash* gezeigt, daß bei Schildkröten, Fröschen und Kaninchen verschiedene Muskeln niemals dieselbe myographische Curve geben, sondern daß jeder Muskel seine eigene Muskelcurve besitzt (s. umstehende Tabelle), an der er zu erkennen ist. Selbst durch Belastung war der Charakter des Contractionsmodus nicht zu verwischen, und bezüglich der Zuckungscurve des weißen Kaninchenmuskels (m. gastrocnemius medialis) stellte sich als überraschendes Resultat heraus, «daß nicht zu den kleinsten Belastungen die größten Zuckungswerthe gehören, sondern daß die Last von 100 gr höher gehoben wird als von 50 gr, welche

Mittlere Werthe der Contractionsdauer verschiedener Skelettmuskeln von *Rana esculenta*:

1. *Musc. hyoglossus* 0,205—0,3 sec.
2. » *rectus abdominis* . . . 0,17 sec.
3. » *gastrocnemius* 0,120 sec.
4. » *semimembranosus* und *gracilis* 0,108 sec.
5. » *triceps femoris* 0,104 sec.

Dauer einer Contraction des ifolirten Froschherzventrikels:

- bei 0° C. 6,0 sec.
 » 30° C. 0,5 sec.

Bei mittlerer (Zimmer-)Temperatur dauert eine Systole und eine Diastole etwa 1—1,5 sec.

Contractionsdauer bei maximalen Zuckungen an den Skelettmuskeln des Kaninchens:

1. *Musc. soleus* (roth) etwa 1,0 sec.
2. » *gastrocnemius medialis* (weiß) 0,25 sec.

Dauer des Herzpulses beim Kaninchen etwa 0,33 sec.

Zuckungsdauer verschiedener Skelettmuskeln von *Testudo europaea*:

1. *Musc. pectoralis maj.* 1,8 sec.
2. » *gluteus* (alter) 1,6 sec.
3. » *palmaris* 1,0 sec.
4. » *gracilis* 1,0 sec.
5. » *biceps brachii* . 0,9 sec.
6. » *splenius capitis* 0,9 sec.
7. » *triceps brachii* 0,8 sec.
8. » *retrahens capitis et colli* 0,75 sec.
9. » *extensor digit. c.* 0,75 sec.
10. » *semimembranosus et adductor* 0,6 sec.
11. » *omohyoideus* . 0,55 sec.

Der Herzpuls bei den Schildkröten dauert etwa 2,5 bis 3,2 sec.

nur gleich hoch gefördert wird wie Gewichte von 300 gr. Erst eine Last von 500 gr deprimirt merklich das Zuckungsmaximum. Dieses eigenthümliche Verhältniß, welches an Beobachtungen erinnert, die *Fick* an Mufchelschließmuskeln, *Heidenhain* (vgl. S. 346) an Froschmuskeln gemacht hat, entsteht dadurch, daß bei einer gewissen Dehnung Muskelbündel in Wirksamkeit treten, welche bei minderm Gewichte schlaff bleiben, und daß ein Theil der Last, welche vorher als Ueberlastung wirkte, somit zur Belastung wird. — Der dünne rothe *musc. soleus* wird schon von geringer Vermehrung seiner Belastung in seiner Contraction sehr gehindert.

Cash's Beobachtungen⁹¹⁾ dürften zum Theil darin ihre Erklärung finden, daß die meisten Muskeln Gemische verschiedenartiger Fasergattungen darstellen (*Grützner*), von denen die einen den blaffen, die anderen den rothen Muskeln analog functioniren;

ersteren entsprechen im Allgemeinen die Beuger (sowie die Öffner der Krebszähne und die Verengerer der Stimmritze), letzteren die Strecker (sowie die Schließer der Krebszähne und die Erweiterer der Stimmritze). Wir haben (S. 327) bereits erfahren, daß die Beuger weit mehr den zerstörenden Einflüssen (der Gifte, der Paralyse bei Ueberanstrengung [*Fischer* und *Lücke*] oder nach Nervendurchschneidung) ausgesetzt sind als die Strecker, und weitere Unterschiede bestehen zwischen beiden Classen auch noch darin, daß die Beuger (direct wie indirect) leichter erregbar sind und sich schneller zusammenziehen als die resistenteren Strecker, dafür aber auch schneller als diese ermüden. Der Erste, welcher in diese Verhältnisse einen Einblick gewann, war zweifellos *Ritter*. Dieser Forscher hatte bereits eine physiologische Verschiedenheit einzelner Muskelgruppen behauptet und eine geringere, bedingte, endliche Erregbarkeit (die der Beuger) und eine beträchtlichere, unbedingte, unendliche (die der Strecker) angenommen. Seine Annahme bewies später *Rollett*, welcher zeigte, daß, wenn man den Hüftnerve eines Frosches mit verschiedenen starken elektrischen Strömen erregt, die Beuger wesentlich durch schwache, die Strecker (*Gastrocnemius*) dagegen durch starke Ströme gereizt werden. *Fleischl* sah ähnliche Erscheinungen an den Beinen von *Hydrophilus*, wo ein einmaliger elektrischer Reiz in gewissen Muskeln eine einzige Contraction, in anderen Muskeln aber unter sehr großer Verzögerung zahlreiche Contractions auslöste, und *Luchsinger* wie *Richert* fanden ein ähnliches Verhalten an Muskeln der Krebszähne, indem Reizung mit schwachen Strömen die Zähne öffnete, diejenigen mit starken dagegen sie schloß. Für die Muskeln der Neugeborenen hatte schon früher *Soltmann* eine geringere directe wie indirecte Erregbarkeit constatirt.

Folgt einem Reize ein zweiter, bevor der contrahierte Muskel Zeit zur Erschlaffung findet, so supponiren einander die Zuckungen nach den von *Helmholtz* gefundenen Regeln und bilden einen um

so vollkommeneren Tetanus, je größer die Frequenz der Erregung ist. Die zur Hervorrufung einer constanten Zusammenziehung erforderliche Reizfrequenz muß bei Muskeln mit differenter Zuckungsdauer nothwendig verschieden ausfallen; folgende Zahlen geben einen ungefähren Begriff, wie viele Reize in der Secunde nöthig sind, um eine tetanische Verschmelzung der Muskelzuckungen herbeizuführen.

Zahl der für das Zustandekommen eines Tetanus erforderlichen Reize (pro Secunde):	
Fußmuskeln von <i>Helix pomatia</i> (<i>Richet</i>)	0,001 (incomplet) 0,03 (complet)
Schildkröte (<i>Marey</i>)	3
Flußkreb, Scheerenmuskel im Winter (<i>Richet</i>)	6
» » im Sommer »	20
» Schwanzmuskel »	40
Hummer, musc. extensor prim. abdom. <i>Miln. Edw. (Fren- dericq u. Vandevelde)</i>	zwischen 10 u. 20
Frosch, Hyoglossus (<i>Marey</i>)	10
» , Gastrocnemius »	27
» , » ermüdet »	15
Neugeborener Warmblüter (<i>Soltmann</i>)	16
Kaninchenmuskel, rother m. semitendinosus (<i>Ranvier</i>) etwa	55
» , blaffer m. adductor magnus (<i>Ranvier</i>) über	357
» , rother m. soleus (<i>Kronecker u. Stirling</i>)	4 (incomplet) 10 (zieml. complet)
» , blaffer m. gastrocn. med. » » »	20—30
Meerschweinchen (<i>Marey</i>)	60
Vögel »	10
Menschen, glatte Muskeln (<i>Marey</i>)	2
» , quergestreifte Musk. (<i>Marey</i>)	40
Flügelmuskeln von Insecten (<i>Landois</i> ; vgl. auch <i>Marey</i> S. 331)	
Stubenfliege	über 352
Mooshummel (<i>Bombus muscorum</i>)	über 220
Honigbiene	über 440.

Die sehr auffallenden Unterschiede in den Angaben bezüglich der Kaninchenmuskeln beruhen, wie *Kronecker* und *Stirling* vermuthen, möglicherweise in gewissen Mängeln der Versuche *Ranvier*'s. Indessen sind, wie *L. Hermann*⁹²⁾ bemerkt, die entsprechenden Zahlen für Insectenmuskeln zu beachten.

Der Ventrikel des Froehherzens ist in keinen wirklichen Tetanus zu versetzen (*Kronecker*), und ebenso soll sich der Schirmmuskel der Medusen (*Sarsia*) verhalten (*Romanes*).

Den tabellarisch zusammengestellten Befunden sei noch hinzugefügt, daß *Rollett* sich an den Beinmuskeln von *Hydrophilus*, *Melolontha* und *Dytiscus* ebenfalls überzeugen konnte, daß die Muskeln mit gedehnter Zuckungscurve schon wenige Einzelzuckungen in der Secunde zu einem vollkommenen Tetanus zusammensetzen, während die rasch zuckenden Muskeln dies erst bei höherer Reizfrequenz thun; auch die Form der vollkommenen Tetanuscurve erwies sich für beide Muskelarten als charakteristisch verschieden.

Nach den Untersuchungen von *Richert* bestehen zwischen verschiedenen Muskeln auch sehr bemerkenswerthe Differenzen in der Dauer des Tetanus. *Richert* beobachtete, daß an den Schwanzmuskeln des Flußkrebse, wenn sie in einen physiologischen Tetanus gerathen, schon nach 50 Zuckungen der Contractionszustand abnimmt; die Muskulatur erlahmt und ist nach weniger als einer Minute nicht mehr reizbar. Ganz anders verhielt sich der Scheerenmuskel. Hatte dieser nicht sogleich das Maximum der Contraction erreicht, so zog er sich bei gleichbleibender Reizstärke noch länger als eine Minute mehr und mehr zusammen; sein Tetanus blieb ständig im Ansteigen begriffen. Wie bei zeitweiser Unterbrechung der Stromzufuhr leicht festzustellen ist, läßt sich an den Scheerenmuskeln der Tetanus durch elektrische Reize (2 pro sec.) 10 bis 12 Minuten hindurch unterhalten; nach so langer Reizung erschläßt aber der Muskel nicht wieder, sondern bleibt durch eintretende Starre im Contractionszustande fixirt. «Es besteht hier», sagt *Richert*, «ein interessanter Causalnexus zwischen der Leistungsfähigkeit der Muskeln und ihrer physiologischen Bestimmung. Der Schwanz des Krebse bedarf keines andauernden Tetanus, denn seine Function besteht darin, rasch zusammenzuschlagen und sich sofort wieder zu strecken; aber der vornehmlich zum Greifen dienende Scheeren-

muskel kann des Vermögens nicht entbehren, ohne Unterlaß längere Zeit tetanifirt zu bleiben.»⁹³⁾

Im Anfehluß an diese Beobachtungen bestimmte *Richet* die Dauer des Tetanus an frei präparirten Muskeln verschiedener Thiere und erhielt dabei folgende allgemeinen Werthe:

Erlöfchen des Tetanus:

Schwanzmuskulatur des Flußkrebſes	in	1 Minute.
Froſchgaſtrocnemius (im Sommer) »	12 Minuten.
Schildkrötenmuskel »	40 »
Muskel vom Hund »	5 »
Fußmuskel der Weinbergſchnecke »	1 Stunde.
Scheerenmuskel des Flußkrebſes »	1½ Stunden.

Als keine vergleichend-physiologiſche Ausblicke zur Zeit während, übergehen wir die einzelnen Arten, welche von tetaniſchen Contractionen unterſchieden ſind, erwähnen im Vorübergehen, daß anhaltende Muskelcontracturen nach einmaliger Reizung (*Schiſſ*'s idiomuſculäre Zuckungen oder auch Myoedeme genannt) bei Wirbelloſen (z. B. bei Meduſen, am Mantel des Octopus von *Fredericq*, am Fußmuskel der Weinbergſchnecke von *Richet* ſowie am Herzen derſelben von *Biedermann* beobachtet) etwas völlig Normales ſind, bei den Säugethieren aber nur Abſterbepheänomene zu ſein ſcheinen, und wenden uns ſofort zu den Fortpflanzungserſcheinungen der Contractionen längs der Muskelfaſer.

Höchſt wahrſcheinlich beſitzen die verſchiedenen Muskeln deſſelben Thieres eine ebenſo verſchiedene Leitungsgewindigkeit als ihre Zuckungsdauer verſchieden iſt; denn die unten (von *L. Hermann*) zuſammengeſtellten Werthe lehren, «daß die Leitungsgewindigkeit ähnliche Unterſchiede zeigt wie die Dauer deſ Zuckungsvorgangs. Im quergeſtreiften Warmblütermuskel am größten, ſinkt ſie beim Kaltblüter, und iſt bei der Schildkröte kleiner als beim Froſch. Am Herzen iſt ſie bedeutend kleiner als an anderen

quergestreiften Muskeln, und bildet hier den Uebergang zu der sehr langsam leitenden glatten Muskulatur» (*L. Hermann*)⁹⁴).

Object	Geschwindigkeit, gemessen an der			Beobachter
	Contractions- welle	Erregungs- welle	negativen Phase	
Menschlicher Muskel im lebenden Körper	—	—	10—13 m.	<i>Hermann</i>
Hunde- u. Kaninchen- muskel ausgefchnitten	—	3,6 m.	2—6 m.	<i>Bernstein u. Steiner</i>
Froschmuskel ausge- fchnitten	um 1—1,2 m.	1—1,2 m.	—	<i>Aeby, v. Bezold, En- gelmann, Place u. A.</i>
»	—	3—5 m.	—	<i>Bernstein, Valentin, Hermann</i>
»	—	—	3 m.	<i>Bernstein</i>
Schildkrötenmuskel ausgefchnitten . . .	0,57 m.	—	—	<i>Aeby</i>
»	—	1,8 m.	—	<i>Hermann</i>
Herzmuskel	> 0,1 m.	—	—	<i>Marchand</i>
»	0,01—0,03 m.	—	bis 0,049 m.	<i>Engelmann</i>
Ureter	0,025 m.	—	—	<i>Engelmann</i>
Medulenschirm	0,5 m.	—	—	<i>Romanes</i>

Gleich allen übrigen lebenden Geweben besitzt auch der Muskel Irritabilität und beantwortet die ihn direct oder indirect (durch Vermittlung von Nerven und Ganglien) treffenden Reize durch Contractionen. Dieses Vermögen erhält sich nach dem Tode des Thieres oder nach Lostrennung aus dem natürlichen Verbands an verschiedenen Muskeln ungleich lange; gewöhnlich verschwindet es (in Folge der Begünstigung der die Gewebe destruierenden chemischen Zerfetzungsproceffe) bei höherer Temperatur rascher als bei niedriger. Wie die Versuche von *Anderfon*⁹⁵) am Kaninchenherzen in so schlagender Weise gelehrt haben, ist bei Säugethiermuskeln die Erhaltung der Irritabilität wesentlich an eine normale Durchlüftung der Gewebe geknüpft, weit mächtiger noch erweist sich dabei aber der chemische und anatomische Bau der Muskeln

Allgemeine
Erreg-
barkeit.

selbst. Denn nur so ist es erklärbar, daß die Skelettmuskeln der meisten Fische (vielleicht mit alleiniger Ausnahme mehrerer Murænidcn, deren Muskeln bei 20° C. noch 18 Stunden nach dem Tode reizbar gefunden wurden [*Richet*]), obgleich diese doch auch zu den Kaltblütern gehören, außerordentlich bald ihre Reizbarkeit einbüßen, daß bei den Wirbelthieren Theile des Herzmuskels (*ultimum moriens Halleri*) gewöhnlich länger irritabel bleiben als die Skelettmuskeln, und daß der Schwanzmuskel des Flußkrebse selbst im Winter nicht länger als 2 Tage, im Sommer aber nur 2 oder 3 Stunden reizbar bleibt, während der Scheerenmuskel den Tod des Thieres im Sommer noch um 12 oder 15 Stunden, im Winter aber um 5 Tage überlebt (*Richet*).

Auch der Grad der Erregbarkeit kann für Muskeln verschiedener Thiere wie für verschiedene Fasergattungen eines Individuums (vgl. S. 335) ein sehr ungleicher sein. Bei Anwendung eines *du Bois'schen* Schlittenapparates sah z. B. *Richet* an den Scheerenmuskeln des Krebse Zuckungen eintreten, wenn die Inductionsrolle 11 cm von der Hauptrolle entfernt stand; Froschmuskeln zuckten schon bei einem Abstände von 22 cm, der Fußmuskel von *Helix* aber erst bei einem Abstände von 2 cm.

Vielen fundamentalen Eigenthümlichkeiten, welche sich bei electriccher Erregung von Wirbelthiermuskeln herausgestellt haben, ist man sowohl an den glatten Muskeln von Wirbelthieren, als auch an den quergestreiften der Krebse später wieder begegnet. So bestätigten z. B. sämmtliche Erfahrungen den Satz, daß im Allgemeinen die Oeffnung eines Kettenstromes für irritable Gebilde einen schwächeren Reiz darstellt als die Schließung. Nur die durch ihre histologische Structur (vgl. S. 360) schon an sich so merkwürdigen graugelben, glasigen Schließmuskelfasern der Bivalven schien eine Ausnahme zu machen. Für den gelben Antheil am vordersten Abschnitte des hintern Schließmuskels der *Anodonta* wies erst *Biedermann*⁹⁶⁾ nach, daß die normwidrigen Abweichungen

(Contraction ausschließlich bei Oeffnung eines genügend starken Stromes, nicht bei Schließung deselben; Unfähigkeit in Tetanus versetzt zu werden), welche an diesen Muskelbündeln beobachtet waren, nur auf einem schwer zu beseitigenden Tonus derselben beruhen, und daß, wenn man wirklich erschlafte Muskeln zu den Versuchen verwendet, ausnahmslos auch eine Schließungscontraction erfolgt, während die Reaction bei der Oeffnung entweder ganz fehlt oder nur angedeutet erscheint und sich lediglich durch die Verzögerung der Wiedererschaffung des Muskels verräth.

Nimmt der Schließmuskel der Bivalven durch die Erscheinung der Dauerecontraction, welche sowohl bei Schließung wie bei Oeffnung eines Stromes sich einstellt, immerhin eine Sonderstellung der quergestreiften und glatten Muskulatur der Wirbelthiere gegenüber ein, ähnelt er auch letzteren durch die eigenthümliche Trägheit der Reaction mehr als den ersteren, so stimmt derselbe im Zustande möglicher Erschlaffung hinsichtlich seines Verhaltens bei electricher Reizung doch in allen wesentlichen Punkten am besten mit den quergestreiften Skelettmuskeln der Wirbelthiere überein. Ganz wie bei einem monomeren quergestreiften Muskel löst an ihm ein electricher Strom weder Schließungs- noch Oeffnungserregung aus oder wirkt wenigstens viel schwächer erregend, sobald der Aus- resp. Eintritt deselben durch eine Schicht abgestorbener contractiler Substanz erfolgt, und ganz wie bei einem monomeren quergestreiften Muskel geht auch hier die Erregung von dem Orte aus, wo der Strom aus der lebendigen Muskelsubstanz aus-, beziehungsweise in dieselbe eintritt. Während aber z. B. am Froschlartorius bei normalen Erregungsverhältnissen im Augenblick der Schließung wie auch bei Oeffnung des Stromes (falls diese als Reiz wirkt) eine Contractionswelle sich von der Kathode resp. Anode aus mit großer Geschwindigkeit durch die ganze Länge des Muskels fortpflanzt und zur Entfaltung einer zu beiden Seiten der fixirten Mitte annähernd gleich starken Schließungs-

oder Oeffnungszuckung führt, sehen wir (ähnlich dem Verhalten wenig erregbarer, erschöpfter Sartoriuspräparate) an dem Muschel-muskel in der Regel nur eine mehr oder minder beschränkte, örtliche Dauercontraction auftreten, ganz entsprechend der Schließungs- und Oeffnungsdauercontraction quergestreifter Muskeln. Aber auch darin besteht noch ein Unterschied zwischen dem Schließmuskel und den monomeren Skeletmuskeln der Wirbelthiere, daß die nach einseitiger Verletzung letzterer bewirkte Herabsetzung der Erregbarkeit für Schließung atterminaler und Oeffnung abterminaler Ströme bis zum völligen Absterben des Muskels keine erhebliche Veränderung erkennen läßt, während bei dem Muschelmuskel der anfangs höchst auffallende Unterschied der Wirkungsweise beider Stromesrichtungen sich allmählig (gewöhnlich in 2 bis 3 Stunden) ausgleicht und schließlich unmerklich wird.

Elasticität.

Von den Elasticitätskräften⁹⁷⁾ ist für die vergleichende Muskelphysiologie gegenwärtig nur die Zugelasticität belangreich; die Compressibilität der Muskeln wurde noch nicht geprüft und auch die Untersuchungen über Zugelasticität blieben ziemlich ausschließlich auf ausgeschnittene Froschmuskeln in der Faserrichtung beschränkt. Die eigenthümliche Schwächung des Extensibilitätsvermögens, welche der Herzmuskel der Wirbelthiere durch Digitalin erfährt, stellt zwar den Elasticitätsbestimmungen an verschiedenen functionirenden Muskeln von differentem histiologischem und chemischen Gefüge werthvolle Aufschlüsse über die specifischen Unterschiede der einzelnen contractilen Fasergattungen in Aussicht. Uebrigens verändert sich aber der Dehnungscoefficient eines Muskels in Folge der fortwährenden chemischen Veränderungen fast jeden Augenblick; derselbe ist keineswegs eine so constant bleibende Größe, wie *Ranvier* glaubte, und ganz besonders schwierig an solchen Muskeln zu bestimmen, die durch ganglionäre Einflüsse noch lange nach dem Tode tonisch erregt bleiben und deshalb auch die sog. elastische Nachwirkung in exquisitem Maaße zeigen. So

fand z. B. *Fick* für den gefamnten hinteren Schließmuskel von *Anodonta* folgende Abnahmen der elastischen Kräfte, bei welchen jedoch weder die Zusammenfetzung des Muskels aus zwei contractilen Fafergattungen, noch der Nachlaß eines anfangs vorhandenen Tonus mitberücksichtigt wurde:

Be- lastung	Zeit	Stand des Zeigers	Belastung	Zeit	Stand des Zeigers	
Versuchsreihe I:						
1,7 gr.	11 h. 12' a. m.	55,6	1,7 gr.	11 h. 45,5'	32	
	» 17'	53,5		» 46,5'	40,8	
	» 19'	52,3		» 49'	42,4	
	» 23'	52,1		4 h. 7' p. m.	46,7	
	» 27,5'	51,8		» 19'	48,5	
	» 31'	51,6		Versuchsreihe II (mit der vorigen nicht genau vergleichbar):		
	» 33'	51,5		1,0 gr.	0'	37
2,5 gr.	» 37'	51,5	50,0 gr.	1'	19,5	
	» 40,5'	33,2	1,0 gr.	2'	29,5	
	» 43'	32,5		3'	29,5	

NB. Jeder Theilstrich der Skala entspricht etwa $\frac{1}{5}$ mm. Muskelänge, und in der ersten Versuchsreihe maß beim Stande des Zeigers bei 32 die längste Muskelfaser 11 mm.

Die Scheerenmuskulatur der Krebse weicht von den Skelettmuskeln der Wirbelthiere sehr bemerkenswerth darin ab, daß während letztere bei Reizung aus dem Erschlaffungszustande unmittelbar in's Zuckungsmaximum übergehen, an den Scheerenmuskeln durch variirend starke Ströme leicht fämmtliche Uebergänge in den Contractionen hervorgerufen werden können. Mit dieser, von mir bereits 1877 gefundenen, von *Richet*⁹⁸⁾ ausdrücklich hervorgehobenen Eigenthümlichkeit des Krebscheerenmuskels wird es jedenfalls auch in irgendwelcher Beziehung stehen, wenn die Zuckungscuren des Scheerenmuskels bei ungleicher Belastung desselben nicht nur in ihrer Höhe, sondern auch in ihrer Form sehr verschiedenartig ausfallen, während bei Frofchmuskeln «die Form der Curve in weiten

Grenzen ganz unabhängig von der Spannung ist» (*Fick*). Für die nicht tonisch erregten Skelettmuskeln des Menschen und des Frosches bestätigten fast alle späteren Unterfucher das von *Wertheim* formulierte und für die feuchten thierischen Gewebe allgemein gültige Gesetz, demgemäß sich die Verlängerung nicht einfach proportional den Belastungen verhält, sondern nach der Formel: $y^2 = ax^2 + bx$ (wo y = Dehnung, x = Belastung ist und a wie b Constanten bedeuten) erfolgt; diese Gleichung ist die einer Hyperbel, ihre Asymptote erst würde dem Dehnungsgesetz unorganischer Körper entsprechen.

Die Versuche und zusammenfassenden Arbeiten von *Felix Plateau* haben ergeben, daß die verkürzende Kraft der Muskeln

Abfolute Muskelkraft, in Grammen ausgedrückt und reducirt auf ein □ cm. Muskelquerschnitt.

Wirbelthiermuskeln	Schließmuskeln von Bivalven (Plateau)	Scheereneschließer von Krabben (Plateau)
Mensch:	<i>Venus verrucosa</i> 12,431	<i>Carcinus maenas</i> von Roscoff (linke Scheere)
Wadenmuskeln (<i>Koster</i>) 9,000—10,000	<i>Pectunculus gly-cimeris</i> 10,152	1,336,7
Fußstrecker (<i>Henke</i> und <i>Knorz</i>) 5,900	<i>Mytilus edulis</i> 7,984	<i>Carcinus maenas</i> v. Ostende (ead.) 1,182
Unterschenkelbeuger (<i>Haughton</i>) 7,780	<i>Ostrea hippopus</i> 6,365	<i>Platycarc. pagurus</i> (ead.) 1,026
Armbeuger (id.) 6,670	<i>Tapes decussatus</i> 6,106	<i>Carc. maenas</i> v. Ostende (rechte Scheere) 961,6
» rechts (<i>Henke</i> und <i>Knorz</i>) 8,991	<i>Ostrea edulis</i> 5,867	<i>Carc. maenas</i> v. Roscoff (ead.) 858
» links (id.) 7,380	<i>Pecten maximus</i> 3,786	<i>Platycarc. pagurus</i> (ead.) 688,9
» Mittel (id.) 8,178	<i>Tellina solidula</i> 3,667	
» rechts und links (<i>Koller</i>) 7,400.	<i>Donax anatinus</i> 3,651	
Frosch:	<i>Cardium edule</i> 2,856	
Muskel tetanisiert (<i>Rolenthal</i>) 2800—3000	<i>Solen ensis</i> 1,953	
» zuckend (<i>Hermann</i>) 400.	<i>Mya arenaria</i> 1,178	
	<i>Mactra stultorum</i> 958	
	<i>Anodonta cygnea</i> 702,6	
	<i>Pecten opercularis</i> 530	

bei verschiedenen Thieren erhebliche Abweichungen darbietet, daß die absolute Muskelkraft⁹⁹⁾, welche uns bei einer vergleichend-physiologischen Betrachtung der contractilen Gewebe vorwiegend interessieren muß, bei den Brachiuren relativ schwach, größer beim Frosche, noch bedeutender beim Menschen ist, und daß die Schalen-schließer der Bivalven — wahrscheinlich weil sie, was von *Plateau* leider nicht beachtet wurde, meist aus zwei ganz differenten Fafergattungen bestehen — sich sehr verschiedenartig verhalten (vgl. beifolgende Copie der von *Plateau* verfaßten Uebersichtstabelle).

Als «absolute Muskelkraft» bezeichnete bekanntlich *Eduard*^{Abolute Muskelkraft und Hubhöhe.} *Weber* das Gewicht, welches an den Muskel gehängt genau ausreicht seine Verkürzung zu verhindern. Diese äußerste Grenze der Muskelenergie ist unabhängig von der Länge der contractilen Fasern, sie wächst dagegen proportional deren physiologischem Querschnitt. Um die Bestimmungen vergleichbar werden zu lassen, mußten dieselben daher auf eine Querschnittseinheit reducirt werden, und als solche wurde bei den in der Tabelle mitgetheilten Resultaten ein Quadratcentimeter angenommen.

Wird das von einem Muskel gehobene Gewicht («Belastung») mit der Höhe, auf welche es gehoben wurde («Hubhöhe»), multiplicirt, so erhält man die von dem Muskel «geleistete Arbeit». Dieses Product wird durch mannigfache Umstände beeinflusst (Dicke, Länge, Ermüdung der Muskeln, Reizstärke etc.), und es ist wenig Aussicht vorhanden, daß sich durch umfassendere Bestimmungen der geleisteten Muskelarbeit Resultate von größerem vergleichend-physiologischen Interesse ergeben werden. Um ein Beispiel dafür zu liefern, wie sehr die geleistete Arbeit bei verschiedenen Reizstärken schwankt und wie ähnlich hinwiederum die Zahlen bei den verschiedenartigsten Muskeln ausfallen können, lasse ich drei Tabellen folgen, von welchen sich die erste auf neuere Versuche von *Rosenthal* an Froschmuskeln bezieht, die zweite und dritte die Bestimmungen *Richet's* an Muskeln zweier Flußkrebse zusammenfassen.

I. *Rosenthal's* Versuchsreihe am Froschmuskel:

Gewicht	10	20	40	60	80	100	120	150	180
Hubhöhe	24	26,5	24	20	17,25	26,5	19	21	9,5
Geleistete Arbeit .	240	530	960	1200	1380	2650	2280	1800	1710

II. *Riche't's* Versuchsreihe am ersten Krebsmuskel:

Gewicht	Abstand der Inductionsrollen in Centimetern							
	8	7	6	5	4	3	2	1
	Geleistete Arbeit							
2 gr.	6,8	14	16	16	16	16	16	16
10 »	18	60	80	80	80	80	80	80
20 »	18	76	116	136	140	140	140	140
50 »	0	40	135	165	175	185	200	170
100 »	0	0	20	110	140	130	180	190
150 »	0	0	0	0	15	75	90	90

III. *Riche't's* Versuchsreihe am zweiten Krebsmuskel:

Gewicht	Abstand der Inductionsrollen in Centimetern										
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	Geleistete Arbeit										
2 gr.	0,4	0,8	4	9	19	19	19	19	19	19	19
10 »	0	5	15	38	95	95	95	95	95	95	95
20 »	0	0	28	76	120	190	190	190	190	190	190
50 »	0	0	45	195	295	475	475	475	475	475	475
100 »	0	0	0	60	240	310	360	420	430	430	?
150 »	0	0	0	0	0	255	240	360	360	390	365

Die von *Fick* zuerst am Schließmuskel von *Anodonta*, später aber auch an tetanisierten Froschmuskeln beobachtete Erscheinung, daß größere Lasten höher gehoben werden als kleinere, erklärt sich nach *Heidenhain* aus einer durch die größere Kürze und Dicke des thätigen Muskels bedingten Elasticitätsabnahme (vgl. S. 334).

Electrische
Erregbar-
keit.

Wie vorauszu sehen war, fanden *Fredericq* und *Vandeveldé du Bois'* Gefetz des Muskelstromes auch für die Streckmuskeln des

Hummerabdomens bestätigt. Sie beobachteten die größte positive Spannung am Aequator, die größte negative in der Mitte des Muskelquerschnitts; bei Verbindung der beiden Querschnitte oder zweier, vom Aequator gleich weit entfernter Stellen erhielten sie keinen Strom, wohl aber, wenn die Längsseiten mit einem Punkte des Querschnitts oder mit zwei vom Aequator ungleich entfernten Punkten verbunden wurden. Bei Prüfung des Ruhestromes am Schließmuskel von *Anodonta* war *Fick* (1863) zu dem gleichen Resultate gelangt. Er sah, daß der natürliche und künstliche Längsschnitt sich zum künstlichen Querschnitt positiv verhielt, doch schien ihm die electromotorische Wirksamkeit des Muschelmuskels stets beträchtlich kleiner als die Wirksamkeit des Froschmuskels. *Biedermann* lehrte, daß die electromotorische Kraft des Schließmuskels von *Anodonta* relativ rasch abnimmt, wennschon nicht so schnell als die des Froschherzens nach *Engelmann*, und findet für diese Erscheinung eine Erklärung darin, daß ebenso wie bei den glatten Muskelfasern der Wirbelthiere, der während des Lebens bestehende leitende Verband an den freigelegten Stellen weit früher als bei den quergestreiften Muskeln gelockert wird, wie denn auch der Schließmuskel durch seine im Allgemeinen geringere electromotorische Wirksamkeit sich dem Herzmuskel und der glatten Muskulatur der Wirbelthiere anschließt.

Wir wissen, daß der Muskelstrom während der Contraction schwächer wird und daß man diese Erscheinung als «negative Schwankung des Muskelstromes» bezeichnet hat; auch diese negative Stromschwankung ist, wie man wohl annehmen darf, mit jedem Contractionsvorgange unabänderlich verknüpft, doch ihr Nachweis nicht selten mit außerordentlichen Schwierigkeiten verbunden, und war deshalb auch *Fick* am Schließmuskel von *Anodonta* nicht geglückt. *Fick* meinte sogar, «daß man sich darauf gefaßt zu machen habe, in dem Muschelmuskel ein irritables Gebilde kennen zu lernen, dessen Zusammenziehung ohne Verminderung seiner

electromotorischen Wirksamkeit verlaufe»; an dem *musc. extern. prim. abdominis* des Hummers haben aber *Fredericq* und *Vandervelde* die negative Schwankung des Muskelstromes nachweisen können.

Schließlich liegen noch einige bemerkenswerthe Resultate über den gelben Faferantheil des hinteren Anodonta-Schließmuskels bezüglich seiner secundär electromotorischen Erscheinungen nach anhaltender elektrischer Reizung von *Biedermann* vor. Die Beobachtungen *Hering's* am quergestreiften Muskel der Wirbelthiere hatten dargethan, daß die unter Umständen äußerst starken electromotorischen Wirkungen, welche nach vorhergehender kürzerer oder längerer Durchströmung beobachtet werden, in innigster Beziehung zu den Erregungsercheinungen stehen, und daß insbesondere die von *du Bois-Reymond* als «positiv» bezeichneten gleichgerichteten Nachströme lediglich als der galvanische Ausdruck der in der Umgebung der Anode localisirten Oeffnungsdauercontraction aufzufassen sind, ein Resultat, zu welchem gleichzeitig auch *Hermann* gelangte. Ein weiteres Ergebnis der Untersuchungen *Hering's* war die Constatirung der Thatfache, daß «eine innere Polarisation des Muskels, im Sinne *du Bois-Reymond's*», nicht nachweisbar ist, weder eine positive noch eine negative, indem «der wesentliche Sitz der durch den Reizstrom gesetzten Veränderungen nur diejenigen Stellen der contractilen Substanz sind, an welchen der Strom ein- oder austritt». *Biedermann* zeigte nun, daß hinsichtlich der anodischen Polarisation des (im erschlafften Zustande zu den Versuchen verwendeten) Muschelmuskels eine ziemlich weitgehende Uebereinstimmung mit den entsprechenden Erscheinungen am quergestreiften Froschmuskel besteht, daß sich dies bezüglich der durch Veränderungen der kathodischen Stellen des Schließmuskels erzeugten secundär-electromotorischen Erscheinungen aber wesentlich anders verhält. Dieselben sind bei dem quergestreiften Skeletmuskel ziemlich einförmig und bestehen nach *Hering* im Wesentlichen immer

nur aus einseitigen und zwar negativen, mehr oder minder starken Nachströmen. Zwar sah *Hering* «bisweilen an ganz frischen Muskeln nach der ersten Reizung äußerst schwache Ausflüge des Magneten im Sinne einer positiven kathodischen Polarisation», aber diese Wirkungen waren immer so geringfügig und traten gegenüber den anderen so sehr in den Hintergrund, daß von einer genaueren Untersuchung derselben vorerst abgesehen wurde. Nach *Biedermann* sind es gerade diese positiv kathodischen Nachströme, welche an dem electrisch gereizten Muschelmuskel unter Umständen so deutlich hervortreten, daß man sie als eine der positiv anodischen Polarisation völlig gleichwerthige Erscheinung aufzufassen berechtigt ist, die das Interesse in um so höherem Grade auf sich zieht, als etwas Aehnliches, abgesehen von den erwähnten schwachen Wirkungen am Froeschartorius, bisher an Muskeln nicht beobachtet wurde.

Die chemischen Eigenthümlichkeiten gewisser Muskeln lassen weit mehr die systematische Stellung der betreffenden Thierpecies als die Natur der contractilen Fasergattung errathen; außer in den Pigmenten und dem differenten Glykogengehalte sind z. B. bei den rothen und blaffen quergestreiften Muskeln keine charakteristische chemische Unterschiede nachzuweisen gewesen, während die Cephalopoden-, die Selachier- und die quergestreiften Wirbelthiermuskeln durch eine chemische Analyse doch leicht erkannt werden können. Es reden diese Erfahrungen gewiß sehr der Auffassung das Wort, daß selbst der reiche Gehalt einiger Muskeln an den sog. stickstoffhaltigen Extractivstoffen mit dem Contractionsvorgange direct nicht in Beziehung steht, sondern daß für einen derartigen Stoffverbleib in den Geweben nur eigenthümliche Retentionsverhältnisse verantwortlich zu machen sind. Daher kommt es denn auch, wenn Muskeln verschiedener Thiere, ohne irgendwie ins Gewicht fallende functionelle Verschiedenheiten darzubieten, zu sehr abweichenden analytischen Resultaten führen, oder wenn die functionellen und

<p>Kolbe Weißb Scherenfühler- muskel Schwanzmuskel</p> <p>Muskeln des Kaninchens</p>	<p>0,066 sec. (<i>Ranvier</i>)</p> <p>0,012 sec. (<i>Ranvier</i>)</p>	<p>Stadium der latenten Reizung</p>	<p>Dauer der Zuckung resp. Form der Contra- ctionscurve</p>	<p>Dauer des ansteigenden Curventheiles</p>	<p>Dauer des abfallenden Curventheiles</p>	<p>Zur tetanischen Ver- schmelzung der Zuckun- gen erforderliche Reiz- frequenz pro sec.</p>	<p>Erlöschen des Tetanus (<i>Richt</i>)</p>	<p>Dauer der Reizbarkeit (<i>Richt</i>)</p>	<p>0,016 0,3 sec. 0,075 sec. 0,0028 sec. 0,116 sec. 0,411 sec. über 352 0,001 incompl., 0,03 compl. 1 Stunde in 1 Stunde in 1 min. in 1 1/2 Stunden (im Sommer), 5 Tage (im Winter) nicht länger als 2 Tage (im Winter), 2-3 Stunden (im Sommer)</p> <p>11 chin.</p> <p>2 chin.</p>
<p>nicht verschieden (<i>Richt</i>) 0,016 0,002 (<i>Prederberg</i>)</p> <p>durch schmählich gehend (<i>Richt</i>)</p> <p>Curve sehr gerade</p> <p>Curve aus- nehmend kurz (ahn- lich der des Prooth factorius)</p>	<p>über 0,6 sec. 0,26 sec.</p>	<p>Dauer des ansteigenden Curventheiles</p>	<p>Dauer des abfallenden Curventheiles</p>	<p>Zur tetanischen Ver- schmelzung der Zuckun- gen erforderliche Reiz- frequenz pro sec.</p>	<p>Erlöschen des Tetanus (<i>Richt</i>)</p>	<p>Dauer der Reizbarkeit (<i>Richt</i>)</p>	<p>Grad der Erregbarkeit. Zuckung erfolgt bei einem Abfalle der In- ductionsrollen von</p>		

texturellen Qualitäten der Muskeln in greifbareren chemischen Unterschieden keinen Ausdruck finden. Differentes Leistungsvermögen und verschiedenes histiologisches Gefüge decken sich bei den contractilen Geweben allemal weit besser als eines derselben mit den größeren Abweichungen im chemischen Baue.

Das wird sofort klar werden, wenn wir an der Hand der vorstehenden Tabelle, welche die in diesem Abschnitte erörterten physikalischen und functionellen Differenzen zwischen den verschiedenartigen Muskeln ein und desselben Thieres resumirt, die histiologischen Eigenthümlichkeiten der einzelnen contractilen Fasergattungen durchgegangen sein werden.

Es giebt in der Biologie kaum eine einzige Classification, welche nicht ihre Ausnahmen zuzulassen hätte: *Natura non facit saltus* macht sich hier überall geltend! Wird man deshalb aber auf jede Eintheilung verzichten, wenn man sieht, daß eine solche an diesem oder jenem Punkte die Objecte nicht genugsam umgreift, an dieser oder jener Stelle ein klein wenig über das abzugrenzende Territorium hinausgeht? Ich glaube nicht. Jede noch so unvollkommene Eintheilung hat in der Biologie ihren Nutzen gebracht, vorausgesetzt, daß sie von einem neuen Gesichtspunkte ausging, und man sich beleißigte, die Ausnahmen von der Regel kennen und deuten zu lernen.

An sinnigen Ueberlegungen und glücklichen Ideen hat es bei der Classification des Muskelgewebes nie gefehlt, und der dadurch gewonnene weite Blick in das Wesen des Contractilen wird sich jedenfalls noch erweitern und vertiefen, wenn die einzelnen Muskelarten besser bekannt geworden sind als heute. Hier hat jeder Eintheilungsversuch reiche Früchte getragen, wennschon keiner derselben pedantisch durchzuführen war oder durchführbar bleiben wird. So unterscheidet man seit lange zwischen willkürlichen (animalischen) und unwillkürlichen (organischen), zwischen quergestreif-

ten und glatten, zwischen athermofystaltischen und thermofystaltischen Muskeln; keiner Eintheilung läßt sich eine Berechtigung ganz abprechen, keine derselben kommt allen Anforderungen nach!

Was nun speciell das anatomische Verhalten betrifft, so führten die Untersuchungen zur Aufrechthaltung folgender verschiedener Gruppen von Muskelfasern:

A. Muskeln der Wirbelthiere.

1. Quergestreifte Muskeln.

- a) Weiße oder durch Lipochrome gefärbte Fasern mit schnell erfolgender, aber auch rasch nachlassender Verkürzung.
- b) Durch Hämoglobin geröthete Fasern mit langsam eintretender und langsam schwindender Verkürzung.
- c) Verästelte Fasern (Herz, Zunge etc.).

2. Glatte Muskeln.

B. Muskeln der Wirbellosen.

1. Quergestreifte Muskulatur.

- a) Feinere blasse Fasern mit kürzerer Zuckungsdauer (z. B. die Schwanzmuskeln der Krebse).
- b) Stärkere blasse Fasern mit trägerer Contraction (z. B. die Scheeren-schließmuskeln der Krebse).
- c) Verästelte Fasern (z. B. bei Arthropoden und im Herzen von Gastropoden).
- d) Gelbe Flugmuskeln der Insecten.

2. Doppelt-schräggestreifte Muskulatur.

3. Glatte Muskulatur.

Quergestreifte Muskeln von gewöhnlichem Baue.

Nach den neuesten Untersuchungen von *Rollett*¹⁰⁰⁾ besteht der Sarkolemma umschlossene Inhalt der quergestreiften Muskelfaser aus zwei Theilen: erstens aus dem hyalinen oder feinkörnigen, oft stellenweise regelmäßig (zu den *Retzius*'schen Querfadennetzen und zu zarten Häuten, welche diese in der Längsrichtung der Faser miteinander verbinden) verdichteten Sarkoplasma, welches, wie der Name andeuten soll, dem Protoplasma nahe steht und

einen außerordentlich hohen Grad von Plafticität befitzen muß; zweitens aber aus den, der Länge nach gegliederten Fibrillen, welche gruppenweife zu frang-, band- oder röhrenförmigen Bündeln (den fog. Muskelfäulchen, die ihren Eigenfchaften nach einer einheitlich verdickten Fibrille gleichen) verwachfen find.

Das Sarkoplasma füllt alle von den Fibrillenbündeln freige-laffenen Räume aus; es ftellt das Querbindemittel für die Muskel-fäulchen vor und ift ebenfo in der Längsrichtung zwifchen allen Muskelfäulchen continüirlich vorhanden. Von den beobachteten Querftreifen erfeheinen die Querscheiben (Q *Rollett's*, disques épais *Ranvier's*), *Engelmann's* Nebenscheiben (N *Rollett's*, Körnerschichten *Flögel's*, disques accessoires *Ranvier's*) und die Zwifchenscheiben (Z *Rollett's*, disques minces *Ranvier's*) doppelbrechend, mehr oder minder anifotrop ift auch die Mittelscheibe *Hensen's* (h *Rollett's*, Querlinie *Krauß's*), während der von *Rollett* mit E bezeichnete Streifen zwifchen Z und N, fowie der mit J bezeichnete zwifchen N und Q, *Ranvier's* bandes claires, fich als einfachbrechend verhalten. Alle von *Rollett* mit großen Buchftaben bezeichneten Querftreifen entfprechen einer fubftantiellen Gliederung der die Muskelfafer zufammenfetzenden Fibrillen, und speciell die Querftreifen N müffen als eigene, durch die Fibrillengliederung bedingte, wenn auch nur temporär in bestimmten Zuftänden des Muskels vorhandene Schicht anerkannt werden. Doch ift zu berücksichtigen, daß die unter der Bezeichnung «Scheiben» von *Engelmann* und befonders von *Ranvier* den ifotropen Schichten der Muskelfafer entgegengeftellten anifotropen Lagen immer artefacte Producte einer Zerlegung der Muskelfafer und nicht morphologifch präformirte Befandtheile derfelben find, während die Fibrillen oder Fibrillenbündel als präformirte Befandtheile der quergeftreiften Muskelfafer aufgefaßt werden müffen. Der Streifen h befitzt in keinem Zuftande der Muskelfafer den Grad von Selbftständigkeit, welcher anderen, mit großen Buchftaben bezeichneten Querftreifen

temporär zukommt, wenn dieselben auch mit Rücksicht auf den Wechsel der verschiedenen physiologischen Zustände im Muskel völlig vergänglich sind. Der Streifen h (*Retzius'* Querfadennetz zweiter Ordnung) wird ebenso wie Streifen E durch die Sarkoplasmatische Verbindungsmaße der Muskelfälchen hervorgerufen und, wenn ich *Rollett* recht verstehe, dadurch indirect auch Z (*Retzius'* Querfadennetz erster Ordnung) zum Ausdruck gebracht.

Obgleich sich *Rollett's* Ansichten vorwiegend auf Beobachtungen an blaffen Coleopterenmuskeln gründen, so kommt denselben doch zweifellos eine allgemeinere Geltung zu. An den quergestreiften Wirbelthiermuskeln z. B. überzeugt man sich leicht von der Inconstanz der einzelnen Querstreifen, und auch an den verzweigten Muskelfasern des Gastropodenherzens (Zeugobranchier und Trochiden) bemerkte *Haller*¹⁰¹), daß die «Querstreifung erst allmählig auftritt, indem sich glänzende Kügelchen ausscheiden, die dann, in den nebeneinander liegenden Fasern in gleicher Höhe liegend, die Querstreifung veranlassen».

*Naffe*¹⁰²) gelangte bei seinen Untersuchungen über die quergestreiften Muskelfasern zu dem Ergebnisse, daß anatomische Uebergänge zwischen diesen und den glatten Fasern im Thierreiche nicht zu bestehen scheinen, daß z. B. die von *Simroth* an dem retractor oculi der Pulmonaten gefehenen vermeintlichen Querstreifen nur durch dicht aneinander liegende Contraktionsknoten vorgetäuscht waren. Als wesentliche und constante, anatomisch unterscheidbare Theile betrachtet *Naffe* die Querscheiben und (obwohl er die Mittelscheibe nur bei Vertebraten, Arthropoden und bei Sagitta zu Gesicht bekam) die Zweitheilung derselben; ferner auch die Anwesenheit der Zwischenscheiben. Die Nebenscheiben sah er nur bei Vertebraten (mit Ausnahme des Amphioxus) und Arthropoden. Von der anisotropen Substanz der Querscheiben, welche Myofibrin ist, soll sich die Mittelscheibe chemisch sehr verschieden verhalten; denn diese tritt noch in Fasern auf, deren Myofibrin durch

Säuren oder Salze stark gequollen, ja in Krebsmuskeln selbst noch dann, wenn nach Behandlung mit concentrirter Salzsäure jede sonstige Anisotropie völlig erloschen ist.

Die histiologischen Untersuchungen an verschiedenen functionierenden quergestreiften Muskelfasern ein und derselben Thier-species sind nur in beschränktem Maaße entscheidend ausgefallen. «Alle diejenigen Muskeln», sagt *Grützner*¹⁰³), «welche eine kurze Contractionsdauer haben, bestehen größtentheils aus viel dünneren Muskelfasern als diejenigen, welche eine lange Contractionsdauer besitzen. Die Muskelbündel des Gastrocnemius sind in ihrer überwiegenden Mehrheit viel dicker als die der Tibialisgruppe, die Erweiterer des Kehlkopfes haben viel dickere Bündel als die Verengerer, namentlich als diejenigen Fasern des muse. vocalis, die in unmittelbarer Nähe des inneren Randes des Stimmbandes liegen; am augenfälligsten aber ist der Unterschied bei den Insektenmuskeln. Die schnell sich contrahirenden Flügelmuskeln sind geradezu zarte Fädchen gegenüber den langsam sich contrahirenden, strickartigen Beinmuskeln. Erstere haben aber auch, gewissermaßen wie eine dünne Saite, mehrere hundert Male in der Secunde zu schwingen und sich zusammenzuziehen, letztere außerordentlich viel seltener und langsamer.» Diese Verhältnisse treffen jedoch, wie *Grützner* schon gefühlt haben mag, nicht allemal zu; vergleichende Bestimmungen an hämoglobinhaltigen und hämoglobinfreien Skelettmuskeln des Kaninchens und der Fische (vgl. Tabelle auf S. 356) haben zu dem gerade entgegengesetzten Ergebnisse geführt, und auch die Ansicht von *Carl Sachs*¹⁰⁴) —, dessen Versuche sich auf verschiedene Thierarten (Warm- und Kaltblüter) beziehen —, daß Beziehungen zwischen der absoluten Muskelkraft, welche schon an sich keine sichere Vergleiche gestattet, und der Höhe der *Merkel*-schen Muskelemente existiren, ist sehr unwahrscheinlich geworden, seitdem *Engelmann*¹⁰⁵) für die Muskeln verschiedener Insectenformen nachwies, daß mit der Höhe der Muskelemente ihre physiologische

	Faserdicke (in mm.)	Faserlänge (in mm.)	Form und Zahl der Kerne	Höhe der Muskel- elemente (in mm.)	Beobachter
Rothe Kaninchen- muskeln	0,0184—0,0207		zahlreicher als in den weißen (<i>Ranvier</i>)	0,0023—0,0031	<i>Herlett Brown</i> (unpublicirt)
Weisse Kaninchen- muskeln ¹⁾	0,0414—0,0506		kurze, runde Kerne neben den fehr vereinzelt dünnere und längere Formen, welche auch in den rhodophanhaltigen Mus- keln vorkommen	0,0018—0,0023	<i>Herlett Brown</i> (unpublicirt)
Hämoglobinhaltige Ske- letnmuskeln vom Lachs	0,0233—0,067 (gewöhnlich 0,046)		gekrümmte Kerne, länger, kürzer aber kaum zahlreicher als die in den dunkelrothen Fasern viele große Kerne	0,0023 (fehr selten unter 0,002)	
Rhodophanhaltige Ske- letnmuskeln vom Lachs	0,0816—0,106 (fehr selten unter 0,05)	12,5— 14,5		0,0016—0,0019	
Hämoglobinhaltige Skelettmuskeln von Luvarus	0,05—0,08			} die rothen Fa- fern feiner quergefrefit als die bläu- lichen	Graf B. Haller (<i>Krukenberg</i> , Vgl.-phy- fol. Studien. I. Reihe, 4. Abth. 1881. S. 9)
Meerblaue Skelet- muskeln von Luvarus	0,1	10— 24,5	Kerne fehr spärlich und klein		deutlich quer- gefrefit
Hämoglobin. Muskeln der Seitenflosse vom Rochen	0,06—0,09		fehr viele in longitudinalen Reihen gelagerte Kerne	fehwach quer- gefrefit	
Weisse Muskeln vom Rochen	0,150—0,180		weniger zahlreich und zerfrent liegende Kerne	0,003	
Scheerenfchliefer vom Flufskrebs			Kerne fehr granulirt, bisweilen mit 2 Kernkörperchen. Breite: 0,0072—0,0252; Länge: 0,0252— 0,0342. Einige Kerne vollk. rund	0,0018—0,0024	<i>H. Häckel</i> (unpublicirt)
Schwanzextenforen vom Flufskrebs ²⁾			Kerne fehts länglich, Breite: 0,009 bis 0,018; Länge: 0,0216—0,0306	0,003	
Scheerenfchliefer vom Hummer	ohne wefent- lichen Unter- fchied und fehr variirend		auf Querschnitten fchwankt die Zahl bei beiden Muskeln zwischen 3 und 6	0,0015—0,0018	<i>H. Häckel</i> (unpublicirt)
Schwanzextenforen vom Hummer					

Doppeltsträgrefreier gläufiger Antheil des Schließmuskels der Auffer	0,0055—0,009; überwiegende Mehrzahl: 0,007	Breite der Kerne: 0,003; Länge der Kerne: 0,004—0,006	0,0008—0,0012 (Schwarze)
Schniger Antheil des Schließmuskels der Auffer ³⁾	durchschnittlich: 0,009; vereinzelt: 0,002—0,015	Breite der Kerne: 0,003; Länge der Kerne: 0,004—0,005 (also etwas kürzer als die vorigen!)	fehlen
Nassa	0,009—0,010	Kerne gleich. Länge: 0,0036 bis 0,0055; Breite: 0,0018 bis 0,0027	0,0016—0,0018; auch solche von 0,0009
Chiton	} 0,007—0,008		fehlen
Muschel			
Patella			
Doppeltsträgrefreie Muskeln von Ophio- thrix fragilis	0,0108—0,0144		
Glatte Muskeln von Ophiothrix fra- gilis	0,0036—0,0054		
Gelbe Flugmuskeln des Maukäfers	0,0192		

H. Häckel
(unpublicirt)

G. Schwarze (Arch. für
mikr. Anat. Bd. 5, S. 238
Ann. 2)

G. Schwarze
(ibid. S. 210—214)

H. Leandros (Zeitschr. f.
wilt. Zool. Bd. 17, 1867.
S. 133)

¹⁾ *O. Vaeffé* (Zur Anatomie u. Physiologie etc. S. 69) fand beim Kaninchen 6 Muskelelemente in Muskeln von kürzerer Zuckungsdauer, den Gemelli, denselben Raum einnehmen wie 5 Elemente des trägeren Soleus. Nach *Zanvier* (*Lectons d'anat. gen. sur le système muscul. Paris, 1880, p. 206*) ist die Querfibrille in den beiden Muskelarten beim Kaninchen gleich hoch; die dichtere Streifung in den weißen demnach durch ein Uebergewicht der Querfibrillen bedingt. *Vaeffé* (a. a. O., S. 70 u. 71) hält, indeß beim Kaninchen die Querfibrillen des rothen Soleus für, wenn auch nur unbedeutend, höher als die der weißen Gemelli — Ein weiterer Unterschied zwischen den rothen und weißen Kaninchenmuskeln besteht noch darin, daß in den rothen Muskeln die longitudinal verlaufenden Aeste der Blutgefäßknäueln Sinusblästen, die transversal aufsteigenden Aeste spindeelförmige Erweiterungen bilden (*Zanvier, Laboratoire d'histologie, Traavaux de l'année 1874, p. 165—169*).

²⁾ *E. Häckel* (*Müller's Archiv, 1857, S. 495*) sah die Höhe der Muskelemente beim Finkkrebs zwischen 0,002 und 0,010 mm. variiren. Beim Krebs ist nach *Vaeffé* (a. a. O., S. 69) die Querfibrille des trägeren Muskels ganz merklich höher als die des lebhafteren; feiner Zeichnung nach übertrifft das Muskelement des Scheerenfüßlers das des untern Schwanzmuskels in der Höhe um das Doppelte.

³⁾ *G. Schwarze* (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 5, S. 231 ff.) fand für den doppeltsträgrefreien Theil des Aulterfibrillarmuskels eine Faserdicke von 0,006—0,009 mm., für dessen fehnigen Antheil aber eine solche von 0,021—0,033 mm.

Verschiedenheit, insbesondere ihre Contractionscurven nicht in Beziehung gebracht werden können. Hieraus geht bereits hervor, daß die textürellen Verschiedenheiten der Muskeln mit rascher und langsamer Contraction bei verschiedenen Thierformen keineswegs entprechende sind; denn wie die vorstehende Zusammenstellung lehrt, ist der Ausspruch von *Nalle*¹⁰⁶), daß «bei derselben Thier-species mit Abnahme der Höhe der Muskelemente die Contraction an Schnelligkeit zunimmt», in seiner Verallgemeinerung ebenso falsch als der oben angeführte Satz *Grützner's*. Es ist richtig, daß beim Kaninchen die rothen und weißen Muskelfasern nicht nur in der Faferdicke, in der Höhe der Muskelemente, in der Form, vielleicht auch in der Zahl der Kerne, sondern sogar in der Blutversorgung von einander abweichen; aber einige der Unterschiede gleichen sich schon bei den hämoglobin- und rhodophanhaltigen Skelettmuskeln des Lachses ziemlich aus, und bei den Scheeren-schließern und den Abdominalmuskeln der Krebse schlagen diese Verhältnisse theilweise ins Gegentheil um. Ein durchgreifender histologischer Unterschied ist bei Muskeln mit verschiedener Länge der Zuckungscurve noch nicht gefunden und wird, wie die bekannt gewordenen Thatfachen zu schließen erlauben, auch nicht erst noch zu entdecken sein.

Gelbe
Infecten-
muskeln.

Der Ansicht von *Nalle*, daß den gelben Thoraxmuskeln der Insecten¹⁰⁷) durch *G. R. Wagener* «der Nimbus der Eigenartigkeit» geraubt sei, vermag ich nicht beizustimmen. Ich erinnere daran, daß diese Muskeln nicht allein durch ihren rapiden fibrillären Zerfall (*W. Krause*), durch ihre in 0,6 %iger Kochsalzlösung wie in Wasser rasch zu durchsichtigen Kugeln aufquellenden Zwischenkörner (*Nalle*) von allen anderen quergestreiften Fasern abstechen, sondern daß das Leben in ihnen auch so eminent rasch verfliehet, daß es selbst den sorgfältigsten Untersuchern (wie *Koelliker*, *Kühne*, *Henlen*, *Weismann*, *Merkel*) im günstigsten Falle nicht gelang, mehr als momentan erlöschende Contraktionen an den Muskeln wahrzu-

nehmen. *Rollett* bemerkt mit Recht, daß die mit Tracheen reich durchsetzten und deshalb von einigen Forschern auch für fettig degenerirte Fasern gehaltenen Flugmuskeln der Insecten «in ihrem Baue von den anderen quergestreiften Muskeln dieser Thiere so wesentlich verschieden sind, daß aus den Beobachtungen an den einen nicht Schlüsse auf das Verhalten der anderen gezogen werden dürfen». Eingehendere Untersuchungen werden allerdings erst noch zu zeigen haben, worin das Charakteristische des feineren anatomischen Gefüges dieser so wunderbaren Muskeln, deren absolute Kraft seit den Versuchen von *Félix Plateau*¹⁰⁸⁾ meist zu hoch ange schlagen wird, zu suchen ist.

Eine weitere Modification der quergestreiften Muskelfsubstanz bilden die verzweigten und oft netzartig verbundenen Fäden, welche die Herzmuskulatur von Wirbelthieren wie von Wirbellosen (z. B. bei Arthropoden, bei *Asteracanthion* [*G. Schwalbe*] und nach *Haller* auch bei Mollusken) zusammensetzen. In der Zunge des Frosches waren schon in den fünfziger Jahren derartige Muskelfasern mit unter spitzen Winkeln sich wiederholenden Theilungen aufgefunden. Später entdeckte man sie in dem gleichen Organe der Säugethiere und traf bei einigen derselben in den Lippen und Schnauzen die nämliche Varietät unseres Gewebes an; auch die Lymphherzen der Wirbelthiere zeigen eine ähnliche Muskelstructur.

Verästelte
Muskel-
fasern.

Ueber den feineren Bau der Zungen- und Lippenmuskulatur sind wir viel mangelhafter unterrichtet als über die gut durchforchte Faferung des Herzfleisches. Die Herzmuskeln weichen von den gewöhnlichen Arten der quergestreiften Muskulatur hauptsächlich in folgenden Punkten ab: 1. anastomosiren ihre Hauptfasern mit einander durch Zwischenglieder, 2. sind ihre Fasern frei von Sarkolemm oder dieses ist wenigstens so dünn und zart, daß es nicht in der Weise wie das der Skelettmuskeln hervortritt, und 3. stellen sie keine einheitliche Fasern dar, sondern sind aus einer großen Zahl einfacher Zellen zusammengesetzt, die durch Kittsub-

ftanz verbunden find. Letzterer Umftand ift infofern von Bedeutung, als Reize, welche eine Stelle des Herzens treffen, fich auf fämtliche Muskelfasern übertragen.

Abgefehen von drei oder vier Ausnahmefällen weichen die Herzmuskeln auch darin von den quergestreiften Skeletmuskeln ab, daß fie zufammen mit der glatten Muskulatur die Gruppe der unwillkürlichen oder organifchen Muskeln ausmachen, während bekanntlich die übrigen quergestreiften Muskeln als willkürliche oder animalifche charakterifirt zu fein fcheinen. Durch *E. H. Weber* kennt man aber eine weitere Ausnahme von letzterer Regel; *Weber* fand, daß, abweichend von allen übrigen Wirbelthieren, bei der Schleie (*Tinea chrysis*) auch im Darne quergestreifte Muskeln vorkommen, von denen es zwar nicht direct bewiefen, aber doch wohl fehr wahrſcheinlich ift, daß fie der Willkür nicht unterworfen find. Nach diefen Befunden wird die Annahme kaum noch umgangen werden können, daß die verſchiedene Abhängigkeit der Muskeln vom centralen Nervenſyſtem nicht in der Structür des Muskels, fondern lediglich in der Verbindung der hinzutretenden motorifchen Nerven mit den Cerebroſpinalapparaten begründet liegt. Wenn der Wille, ſagt *Riſchet*¹⁰⁹), das Herz durch den Vagusnerven nicht ſtill zu ſtellen vermag, ſo beruht das nicht darauf, daß die Beziehungen des Vagus zum Herzen andere ſind, als z. B. die des Phrenicus zum Zwerchfell, fondern der Grund liegt allein darin, daß der Vagus nicht wie der Phrenicus willkürlich erregbar ift.

Doppelt-
ſchräg-
geſtreifte
Muskelfasern.

1869 beobachtete *Gulſtav Schwalbe* an den Interambulacralmuskeln von *Ophiothrix fragilis*, in den graugelben glaſigen Schließmuskeln der Bivalven, wie auch an den Muskeln von *Asteriscus*, *Arenicola*, *Lumbricus*, in der Mundmaſſe von *Helix* u. ſ. w. eine äußerst zierliche Muſterung der contractilen Subſtanz. Dieſe wurde durch Linienſyſteme hervorgerufen, welche nicht etwa eine Quer- oder Längſſtreifung darſtellten, ſondern

fehräg, als ob zwei sich kreuzende Systeme von Spiralfasern um den Muskelcylinder herumliefen, von einer Seite der Fafer zur andern hinüberzogen. Die Linienfyfteme erschienen hell und die zu Schrägreihen gruppirten quadratischen Felder zwischen ihnen dunkel und stark lichtbrechend. *Schwalbe* war der Ansicht, daß bei diesen, von ihm als «doppeltfehräggestreift»¹¹⁰⁾ bezeichneten Muskelfasern ebenso wie bei der quergestreiften Muskulatur der Wirbelthiere und Arthropoden der contractile Theil zwei Substanzen enthalte, eine einfach- und eine doppeltbrechende, daß dieselben dort nur eine andere Anordnung zeigen als bei diesen Thieren; die dunklen Quadrate der doppeltfehräggestreiften Muskeln würden unzweifelhaft der anisotropen Substanz *Brücke's* entsprechen, während die hellen Linienfyfteme als aus einfachbrechender Substanz gebildet anzusehen wären.

Derartige Strukturverhältnisse waren schon vor *Schwalbe* an Muskeln wiederholt gesehen, so z. B. von *Trinchese* bei *Ophiura texturata*, von *Margo* bei *Octopus*, von *G. Wagener* am Schließmuskel von *Lima*, aber von keinem Beobachter richtig gedeutet und hinlänglich gewürdigt worden. Speciell für die Schließmuskeln der Bivalven zeigte *Schwalbe*, daß dieselben aus zwei verschiedenartigen Muskelfasern bestehen können; entweder ausschließlich aus doppeltfehräggestreiften (wie z. B. der große hintere Schließmuskel von *Solen vagina*) oder daneben noch in mehr oder weniger scharfer Begrenzung aus fibrillären Fasern (z. B. bei *Ostrea* und *Anomia*), welche ein fehnentartiges Aussehen besitzen und zuvor als band- oder fehnentartiger Theil des Schließmuskels den Knochenbändern der Wirbelthiere verglichen waren; drittens giebt es aber auch noch Schließmuskeln, welche (wie z. B. die beiden von *Mytilus edulis*) lediglich aus den fibrillären Fasern bestehen.

Nach *Schwalbe* sind die doppeltfehräggestreiften Muskeln und die in nicht geringer Anzahl daneben vorkommenden Fasern von geringerer Dicke und ohne erkennbare Differenzirung in den Inter-

ambulacralbündeln von *Ophiothrix fragilis* nicht wesentlich verschieden; an den dünnen Muskelfasern, so meinte er, sei nur deshalb nichts von der Schrägstreifung zu erkennen, weil sie durch die Zusatzflüssigkeiten leichter verändert werden als die dickeren. Bezüglich der weißlichen fibrillären und der graugelben glasigen, doppelt-schräggestreiften Schließmuskeln der Bivalven ist *Schwalbe* jedoch anderer Ansicht. «Die so bedeutende Verschiedenheit des Baues der fibrillären und doppelt-schräggestreiften Muskelfasern deutet hier auf eine verschiedene Function hin. Vergleicht man nun auch den Act des Schalen-schließens bei der Auster und der Miesmuschel, so sieht man, daß bei ersterer derselbe auf Einwirkung äußerer Reize plötzlich und rasch geschieht, bei *Mytilus* dagegen sehr langsam und allmählig, so daß man bei offenstehenden Schalen bequem die Schließmuskeln durchschneiden kann, ohne daß dabei, wie es bei der Auster geschieht, das Messer eingeklemmt wird.» «Ich möchte deshalb glauben», sagt *Schwalbe*; «daß die doppelt-schräggestreiften Fasern der Auster mehr für plötzlich und energisch auszuführende Bewegungen eingerichtet sind, während die fibrillären Fasern vielleicht den festen Schluß besorgen, der hier nur durch andauernde Contraction zu erzielen ist».

Die doppelt-schräggestreiften Muskeln sind später nur noch von *Engelmann* zum Gegenstande der Untersuchung gemacht. Dieser Forscher will gefunden haben, daß bei Anodonta der gelbliche wie der weißliche Abschnitt des hintern Schließmuskels einen entschieden fibrillären Bau besitzt, daß die isolirten Fibrillen (bei einer constanten Dicke von 0,0004—0,0006 mm) doppeltbrechend und zwar positiv einaxig sind, daß von einer Zusammensetzung derselben aus abwechselnd isotropen und anisotropen Stücken keine Spur zu finden ist; «die Fasern sind optisch durchaus homogen und nur die interfibrilläre Substanz, die schwächer lichtbrechend ist, wirkt nicht merklich auf den polarisirten Lichtstrahl ein». Die Doppelt-schräggestreifung der Muskeln soll nur darauf beruhen, daß

stark lichtbrechende homogene Fibrillen in entgegengesetzt gewundenen, aber gleich steilen Spirallinien um die Längsaxe der Fasern herumlaufen; denn die Streifen sollen an den Kreuzungsstellen in verschiedenem Niveau liegen und der Winkel (α genannt), unter dem die Streifen sich schneiden, mit zunehmender Verkürzung der Fasern wachsen. «Man muß», sagt *Engelmann*, «bei starker Vergrößerung (500 — 1000 mal) die Mikrometerfchraube um ein sehr merkliches Stück drehen, um von der scharfen Einstellung des einen Streifen zu der des andern überzugehen. Dies dürfte nicht der Fall sein, wenn die oben angeführte *Schwalbe'sche* Ansicht von der Ursache der Schrägstreifung die richtige wäre.»

Jede doppelt-schräggestreifte Fafer besteht nach *Engelmann* demnach aus zwei Systemen von Fibrillen, welche in zur Faferichtung parallelen concentrischen Lagen, entgegengesetzt gewundene Schraubenlinien um die Faferaxe beschreiben und deren Verkürzung nicht, wie nach morphologischer Analogie wahrscheinlich wäre, in der Richtung ihrer eigenen Längsaxe, sondern parallel der Längsaxe der Fafer, also der Zelle erfolgt. Hiermit soll nun auch im Einklange stehen, daß die optische Axe der Fibrillen nicht mit der Längsrichtung derselben, sondern unter allen Umständen mit der Längsaxe der Muskelfasern zusammenfällt. Schließlich äußert sich *Engelmann* noch dahin, daß die doppelt-schräggestreiften Muskeln nur als eine Abart der glatten Muskeln zu betrachten sind; der weißliche Theil des hinteren Schließmuskels der Flußmuschel ziehe sich auch nicht merklich langsamer zusammen als der gelbliche, mit dem die Geschwindigkeit der Verkürzung bei *Cardium* und *Mytilus* ebenfalls von gleicher Ordnung sei. *Engelmann* denkt sich die Fibrillen der doppelt-schräggestreiften Muskeln, wie die der glatten Muskelfasern und die *sarcous elements* der quergestreiften Fibrillen aus kleinsten faferförmigen, contractilen Molecülcomplexen (fog. Inotagmen) aufgebaut, deren Längsaxen (und damit auch die optischen Axen) sämmtlich der Längsaxe der

Zelle parallel orientirt sind; eigenthümlich ist den Fibrillen der doppelt-schräggestreiften Fasern hiernach wesentlich nur die treppenförmige Anordnung der Inotagmen, auf welcher der spiralige Verlauf der Fibrillen beruht. In Uebereinstimmung mit mehreren ausgezeichneten Histologen sehe ich mich auf Grund eigener Untersuchungen und der experimentellen Ergebnisse von *Biedermann* (vgl. S. 341) indeß veranlaßt, die Beweiskraft der sich zum großen Theil jenseits der Grenze des optisch Bestimmbaren bewegenden Beobachtungen von *Engelmann* anzuzweifeln, und muß mich dahin aussprechen, daß bei dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens die *Schwalbe'sche* Ansicht, dergemäß die Schrägstreifung nur auf der Anwesenheit zweier Substanzen, nicht auf zwei sich kreuzenden Systemen von Spiralfasern beruht, die bei weitem wahrscheinlichere, um nicht zu fagen, die allein richtige ist.

Glatte Muskulatur.

Schwalbe stellte die doppelt-schräggestreiften und die quergestreiften Muskelfasern wegen ihrer Sonderung in einfach- und doppeltbrechende Substanz als höher differenzirte Gebilde der glatten Muskulatur¹¹¹⁾ mit ihren unregelmäßig gelagerten Disdiaklasten (*Brücke*) und den von Disdiaklasten ganz freien Muskeln (z. B. bei *Stentor viridis* nach *Kühlne*) gegenüber. Die Ansicht, daß die Querstreifung als durch Differenzirung von ursprünglich glatten Fibrillen in einfache und doppeltbrechende Abschnitte entstanden zu denken ist, vertrat später auch *Engelmann*, welcher einen besonderen Werth noch darauf legte, daß dieser Differenzirung zugleich eine Arbeitstheilung entspricht, insofern nämlich die doppeltbrechende Substanz allein contractil sei, die isotrope Substanz allein die Reize in der Faser leite¹¹²⁾.

Ob diese Hypothesen sich aufrecht erhalten lassen, kann erst die Geschichte lehren; doch scheinen mir die Unterschiede, welche die glatten Muskelfasern bei ihrer Differenzirung in Mark- und Rindensubstanz aufweisen, von vornherein zu verbieten, sie insgesammt für gleichwerthig und als auf einer niederen Stufe der

Entwicklungen stehen geblieben zu betrachten. Die markfreien Muskeln der Bryozoën, der Ascidien, die markfreien fehnigen Schließmuskelfasern der Bivalven einerseits, die durch die Anwesenheit einer großen Menge den Kern umschließender Marksubstanz und durch eine in Fibrillen zerfallende contractile Rindensubstanz charakterisirten Nematoden- und Hirudineenmuskeln andererseits stellen sicherlich sehr ungleiche Grade einer Differenzirung vor, welche einige andere glatte Muskelarten (wie z. B. die aus einer kernreichen protoplasmatischen Substanz und einer inneren contractilen Fibrillenlage bestehenden Buccalmuskeln der Chitonon [Haller]) nur noch weit mannigfaltiger gestalten. Nach den Arbeiten von *Wagner* und *Engelmann* zu urtheilen, bleibt die Möglichkeit eines fibrillären Zerfalls das einzige, der gesammten glatten Muskulatur zukommende Merkmal, wennschon die Bedingungen für denselben nicht überall die gleichen sind und manche Verhältnisse die Lockerung des Gewebes zu Fibrillen sehr erschweren.

Bei Betrachtung der quergestreiften Muskeln (vgl. S. 354) wurde bereits darauf hingewiesen, daß die glatten Muskeln sich von den quergestreiften durchgängig durch das Fehlen einer richtigen, durch *sarcous elements* bedingten Querstreifung unterscheiden sollen (*Nasse*), und auch das, was von der Abgrenzung der glatten als organische Muskeln von den quergestreiften als animalischen Fasern zu halten ist, wurde schon früher (S. 360) gesagt. Jetzt erübrigt es, noch zweier Eigenthümlichkeiten der glatten Muskulatur zu gedenken, die zu Unterscheidungen in anderer Weise geführt haben. Die eine dieser beiden Eigenthümlichkeiten besteht darin, daß während bei den quergestreiften Fasern die erregte Contraction unter allen Umständen in den Fasern, welche wirklich gereizt sind, verbleibt, niemals auf benachbarte übergreift, bei den glatten Muskelfasern die an einer Stelle erregten Zusammenziehungen sich auch auf die benachbarten fortpflanzen. Der Grund für dieses abweichende Verhalten kann nach den Angaben verschiedener

Autoren (z. B. von *Gegenbaur*, *Engelmann*, *Haller*) aber allein darin liegen, daß die glatte Muskulatur während des Lebens gar nicht aus einzelnen muskulösen Faferzellen besteht, sondern eine gleichartige zusammenhängende Masse bildet, welche erst beim Absterben in einzelne spindelförmige Zellen zerfällt.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der glatten Muskulatur schien noch in ihrer besonderen Erregbarkeit durch plötzlich eintretende Temperaturänderungen zu liegen; die quergestreiften Muskeln sind für rasch einwirkende Kälte- oder Wärmegrade weit weniger empfindlich, und man bezeichnete sie daher als «athermofystaltische», während man die glatten Muskeln «thermofystaltische» nannte. Von jener Eigenthümlichkeit der glatten Muskelfasern kann man sich an den Muskeln der Haut, der Gefäße, des Darmes und des Magens bei den höheren Thieren leicht überzeugen, aber es fragt sich noch, ob wir darin eine Eigenthümlichkeit der glatten Muskulsubstanz und nicht vielmehr Reflexerscheinungen zu sehen haben.

Motorische
Nerven-
endigungen

Oft nicht weniger charakteristisch als der Bau der contractilen Substanz als solcher ist die Endigungsweise der motorischen Nerven¹¹³). Das knappe bestimmte Wissen über diese Nervenverästelungen an verschiedenartig functionirenden Muskeln gestattet zwar erst wenige vergleichend-physiologische Ausblicke; aber das, was sicherer Besitz unserer Wissenschaft geworden ist, läßt auf Unterschiede schließen, welche mehr den Thierclassen als den quantitativen Functionsdifferenzen entsprechen.

Wenn bei Verfolgung der vorausgegangenen Arbeiten anderer Autoren *Szpilman* und *Luchfinger* an höheren Thieren zu dem Schlusse gelangten, daß das Atropin als ein specifisches Gift für die glatte Muskelzelle oder deren Nervenenden anzusehen ist, so glaube ich diese Wirkung nur für eine mittelbare erklären und den *Luchfinger*'schen Ausspruch noch dahin ergänzen zu müssen, daß sich das Herz zum Atropin genau so wie die glatte Muskulatur verhält¹¹⁴).

Die sorgsam studirten Combinationsvergiftungen an Herz und Irismuskulatur¹¹⁵⁾ weisen darauf hin, daß die Atropinwirkung ausschließlich peripher gelegene ganglionäre Apparate ergreift und sich so, da die quergestreiften Muskeln vom gewöhnlichen Bau derselben nicht unterworfen sind, nur indirect zu einer typischen für Herz und glatte Muskulatur gestaltet. Im Herzfleische sind die bei der Atropinvergiftung in Frage kommenden Ganglien seit lange bekannt, in der glatten Irismuskulatur aber noch nicht gesehen; letzterer Umstand scheint selbst *Schmiedeberg* bestimmt zu haben, an dem obigen Satze nicht mehr in der Weise festzuhalten, als es früher von ihm geschehen ist. Ich bin indeß wie zuvor der Ansicht, daß wenn das Atropin im Herzen nur die ganglionären Hemmungsapparate lähmt, es auch auf die Iris nicht ganz anders wirken kann, und erwarte daher den Gangliennachweis in diesem Organe noch immer von der Zukunft. Die Wirkungen des Muscarins, des Nicotins und der Muskelgifte sprechen nicht weniger schlagend gegen die Annahme einer directen Atropinwirkung auf die Muskeln als gegen die einer directen Reizung des Muskelnerven durch das Gift. Immer bleibt aber zu berücksichtigen, daß hier Gebilde vorliegen können, welche durch ihre Kleinheit und eine geringe morphologische Consolidirung von den vorschriftsmäßigen Ganglienzellen abstechen¹¹⁶⁾. Wäre der Angriffspunkt des Nicotins nicht so sicher ermittelt, als es thatsächlich der Fall zu sein scheint, so würde vielleicht selbst daran gedacht werden können, die für die glatten Muskeln verlangten peripher-nervösen Apparate in den intramuskulären Nervenendigungen zu suchen. Leider ist von diesen zur Zeit noch wenig bekannt. Bei glatten Muskeln sah man den Nerven nur an einem hügelartigen Vorsprunge in die Faser eintreten und seinen inneren Theil, ohne Beziehung zu den Muskelkernen, in der Rindensubstanz der Muskelfaser verschwinden.

Auch bezüglich der quergestreiften Muskelfasern sind wir über die Endigungsweise der motorischen Nerven durch *Kühne's* Unter-

fuchungen des Bessern nur bei den Wirbelthieren unterrichtet. Bilder von *Eimer* deuten zwar an, daß die Nervenendigungen in den quergestreiften Muskeln der Medusen sich ebenfalls einem allgemeinen Schema einreihen werden, aber gerade deren Nervenendplatten waren es ja, welche sich bei den toxicologischen Versuchen¹¹⁷⁾ als ebenso empfindlich gegen Curare erwiesen als die der quergestreiften Vertebratenmuskulatur. An quergestreiften Evertebratenmuskeln liegen theilweise abschließende Beobachtungen sonst nur noch für die Käferbeine von *Rollett* vor.

Rollett zeigte, daß an der Eintrittsstelle der Nerven lediglich durch Anhäufungen des Sarkoplasmas (vgl. S. 352) Auftreibungen des Sarkolemmas, die sog. *Doyère'schen* Nervenbühl, zu Stande kommen, welche sich auch in Folge einfacher Contractionswellen, ohne daß ein Nervenbühl an der betreffenden Stelle vorhanden ist, an den Muskeln gewisser Käfer (z. B. der meisten Chrysomeliden) leicht zu bilden vermögen. Der zutretende Nerv breitet sich in der äußern Partie des Nervenbühls in dichotomischer Verzweigung aus und seine scheinbar festere Verbindung mit den sog. Zwischenfibrillen beruht nur darauf, daß diese Schichten Ausläufern entsprechen, welche das den *Doyère'schen* Bühl im Innern bildende Sarkoplasma als Verbindungsmaße für die einzelnen Muskelfibrillen abgibt.

Bei den Wirbelthieren¹¹⁸⁾ kleidet der an die Muskelfaser tretende (epilemmale oder präterminale) Nerv den gleichsam für ihn vom Sarkolemma frei gelassenen Hof durch das doppelttschichtige Telolemma (d. i. Endolemma + Epilemma mit den zwischen beiden Blättern gelegenen, dem Epilemma zugehörigen Epilemmal- oder Außenkernen) aus — indem er seine obere Decke (Perineuralscheide) als Epilemma, seine untere (*Schwann'sche* Scheide) als Endolemma dem Sarkolemma entgegenschickt, und beide Nervencheiden alsdann sich mit dem Sarkolemma durch eine Kittsubstanz (Borstensaum, Sublemmakitt) verbinden —, tritt bis auf den Axencylinder

mit feinem Axolemm, in welchem die fog. Endknospen (d. f. nach *Kühne* und *Engelmann* wahrſcheinlich die reſtirenden Kerne der ehemaligen Bildungszellen des peripheriſchen Antheils der Nervenfaſer) lagern, reducirt als hypo- oder ſublemmaler Nerv an die Muskelfubſtanz unmittelbar heran, verzweigt ſich zu dem Nervengeweiß (hypolemmale Nervenveräſtelung im Allgemeinen, auch motoriſche Nervenendplatte oder Arboriſation genannt), begiebt ſich aber hier nur an die Sarkoglia (identifch mit *Rollett's* Sarkoplasma), die wirklich contractile Subſtanz des Muskels (Rhabdoglia) nicht berührend. Eine derartige Verſchmelzung der Nervenhüllen mit dem Sarkolemm ſcheint auch bei allen Muskeln der Wirbelloſen, wo ſich ein ſolches findet, vorzukommen; bei den quergeſtreiften Wirbelthiermuskeln zeigen ſich die Löthlinien zwiſchen dem Telolemm und dem Sarkolemm aber erſt jenseits der Geweißausläufer (End- oder Terminalfaſern).

Das Geweiß, wie es durch die Vergoldungsmethode ſichtbar zu machen iſt, beſteht aus dem äußeren Stroma und dem inneren Axialbaume; wie die Frucht den Kern, ſo umgiebt das gewöhnlich weit dickere Stroma feinen axialen Einſchluß. Der Axialbaum ſtellt das ſeit *Remak's* Zeiten in jeder Nervenfaſer bekannte Fibrillenbündel vor, während das Stroma dem quellenden Beſtandtheile des Axencylinders entſprechen dürfte. An den Goldpräparaten erſcheint jeder Aſt des Axialbaumes wie ein dunkel purpurner Kern in dem rothen Fruchtfleiſche, und in gleicher Weiſe ſcharf ſetzt ſich daran das Stroma von der dunkler gefärbten granulirten Subſtanz der Plattenſohle ab, die entweder als breiter, körniger Schleier die eigentliche Nervenendigung umgiebt oder bald einen compacten Kuchen darſtellend, bald in Geſtalt eines von Inſeln gebildeten Rahmens, auch als blaſige Maſſe, deren Lücken in der Regel die Sohlenkerne enthalten, auftritt. Die Sohlenſubſtanz ſtimmt mit dem Muskelbildungsmateriale, der Sarkoglia, überein, und wo, wie bei den Amphibien keine beſondere Anhäufung der

Sarkoglia unter dem Geweihe zu Stande gekommen oder bei der Entwicklung des Muskels zurückgeblieben ist, findet sich die Sohle nur als feine Gliastreifen in den subnervösen Muskelcanneluren angedeutet.

Alle bis heute bekannten hypolemmalen Nerven der Wirbeltiere lassen als gemeinsames Princip eine unsymmetrische Abgabelung der Geweihäfte erkennen. Obschon bei Schildkröten (*Testudo*) jede denkbare Gestalt der Geweihbildung gefunden wurde, so lassen sich doch zwei Hauptformen derselben unterscheiden: Erstens die gestreckten, gradäftigen und bajonettartig geknickten «Stangengeweihe» des Frosches und Salamanders, welche sich bei letzterer Species noch durch das vollständige Fehlen der Endknospen weiterhin vereinfachen, und zweitens die gekrümmten Nervengeweihe der Eidechsen, Schlangen und Säugethiere, welche zu mehr oder minder labyrinthischen Platten auf kleinerem Raume (in den Nervenügeln) zusammengedrängt liegen und als «Plattengeweihe» bezeichnet werden. Als fernere Eigenthümlichkeiten des Plattengeäßtes fand *Kühne* 1. die gekerbten, viel unregelmäßiger als bei den Amphibien beschaffenen Ränder; 2. das Zurückkranken der Aeste; 3. plattenartige Verbreiterungen derselben, und 4. gelegentliche Bildungen von Anastomosen. Fast jedes Plattengeweihe läßt sich künstlich zu einer Figur ausbreiten, deren Grundform eine Wiederholung der einfachsten Gestalten der Platten in den Muskeln der Blindschleiche oder der Natter ist, und diese schließen sich durch wirkliche Uebergänge den übersichtlichsten gestreckten Formen des hypolemmalen Nervengeäßtes der Schildkröten und Amphibien an.

Die bei den Vögeln trotz aller sehr augenfälligen Verschiedenheit des Fleisches ziemlich übereinstimmend gefundenen Nervengeweihe sind von denen der Eidechsen, Schlangen und Säuger so verschieden als möglich, durch ihre gestreckte Form der Endigungsweise bei den Amphibien, besonders den Salamandrinen aber oft

zum Verwecheln ähnlich. Nur eines scheint die hypolemmalen Nerven der Vögel auszuzeichnen (obchon es bei *Testudo* vereinzelt vorkommt), nämlich daß manche Geweihe die Muskelfaser eine Strecke weit vollkommen umgreifen, ferner das den Amphibien gegenüber häufigere Vorkommen von Geweihen, deren Hauptäste, statt parallel der Muskelfaseraxe, dieser circular verlaufen.

Mit den Ergebnissen der chemischen Untersuchungen decken sich die Erfahrungen über die hypolemmalen Nervenverästelungen an den quergestreiften Wirbelthiermuskeln keineswegs. Den chemischen Eigenthümlichkeiten nach (hoher Harnstoff-, Harnsäureresp. Tauringehalt, Verbreitung des Inosits) gruppirt sich die quergestreifte Vertebratenmuskulatur, den Familien entsprechend, in der unter I. (s. die folgende Tabelle) verzeichneten Weise, bei ausschließlicher Berücksichtigung der Nervengeweihe resultirt dagegen die unter II. eingehaltene Reihenfolge.

I.		II.			
Reich an:					
Inositfrei	Selachier	Harnstoff	Stangen- geweihe	Salamander	
	Amphioxus			Frosch	
	Cyclostomen			Vögel	
	Ganoïden			Uebergangs- formen	Blindschleiche
	Teleostier				Natter
Amphibien	Taurin				
Inosithaltig	Crocodile	Harnsäure	Platten- geweihe	Eidechsen	
	Schlangen			Schlangen	
	Vögel			Säugethiere	
	Säugethiere				

Als Entladungshypothese¹¹⁹⁾ bezeichnete *du Bois-Reymond* die Annahme einer Auslösung der normalen Muskelcontractionen durch electrische Schläge, welche von der motorischen Endplatte aus die zugehörige Muskelfaser treffen. *W. Krause* hatte gemeint, daß die motorische Endplatte wegen ihrer concaven Form die Stromdichte

Ent-
ladungs-
hypothesen.

zu Gunsten der innervirten Muskelfaser verstärken müßte, *du Bois-Reymond* war der Ansicht, daß die negative Schwankung eines im hypolemmalen, ruhenden Nervenästchen präexistirenden Stromes den Reiz für die direct berührte contractile Substanz abgeben könne. Um die Unwirkfamkeit des Reizvorganges für benachbarte Muskelfasern zu erklären, verlangte aber *du Bois'* Hypothese eine leichte Umbiegung des äußersten hypolemmalen Nervenendes zur Muskelaxe, von der *Kühne* niemals Andeutungen zu Gesicht bekam. *Kühne* betonte vielmehr die unsymmetrische Abgabelung und ungleiche Länge der Geweihstangen, welche durch die Bajonnettknicke, resp. durch die beiden hypolemmalen Aeste zweier gegen einander rankenden Bögen nicht nur an den Stängengeweihen der Amphibien, sondern auch an den Plattengeweihen nachgewiesen wurden. In dieser unsymmetrischen Abgabelung und der dadurch bewirkten ungleichen Länge der parallel zur Axe des Muskels gestellten Geweihzinken sieht *Kühne* eine gesetzmäßige Einrichtung, welche sämmtliche, auf kürzestem Wege zu verbindenden und nur durch Muskelfsubstanz getrennten Punkte der Terminalfasern in allen Phasen der Wellen mit verschiedener electriccher Spannung versieht, die sich ihrerseits wieder quer durch die Muskelrinde ausgleichen muß. Es ist klar, daß an zwei senkrecht über einander liegenden Punkten der beiden ungleichen Gabelzinken die negative Stromschwankung nicht gleichzeitig eintreffen kann, sondern an dem entsprechenden Punkte der längeren Zinke um die Zeit verspätet, welche sie zum Durchmessen derjenigen Strecke bedarf, um welche die Wegslängen der beiden Gabeläste bis zu dem entfernter liegenden zweiten Punkte differiren. Dadurch wird der Punkt an dem längeren Gabelaste vorübergehend positiv, der an dem kürzeren negativ und die Muskelfsubstanz zwischen den Zinken somit electricch erregt.

Die nichts Doppeltbrechendes enthaltende Gallert-, Zwischen- oder Füllsubstanz vor der Nervenendplatte in dem electricchen

Organe der Zitterfische stellt bekanntlich den Rest des embryonalen Muskels dar, während in der sog. electricen Platte nur die Innervations Scheibe der um die Contractilität gekommenen Muskeln zu sehen ist. Verglichen mit dem Muskel sind die Verhältnisse bei dem electricen Organe derart, wie wenn eine sehr kurze Muskelfaser nicht am Umfange, sondern am Sehnenansätze und an Stelle eines Sehnenendes eine motorische Nervenendigung von der Ausdehnung ihres größten Querschnitts erhielte. Kühne glaubt, daß es nur an dem Innervationsvorgange und an der Anordnung der Muskeln liegt, wenn diese dem electricen Organe einiger Fische an äußerer Wirksamkeit so erheblich nachstehen, und daß, wenn wir «die motorischen Nerven mit ihren Enden durch die Septa an die Stellen der Muskelansätze, also an je ein Sehnenende der Muskelfasern führen könnten, die Schwankungswelle in allen Elementen des Muskels einseitig verlaufen würde, womit die erste Annäherung an den Ablauf der electricen Vorgänge im electricen Organe erzielt wäre».

Damit der Muskel zu einem electricen Organe wird, würde aber des weitern nöthig sein, daß die Innervation einer großen Anzahl von Muskelblättern eine geregelte und successive wäre, denn eine Innervation, welche erst mittlere, dann kopfwärts und schwanzwärts gelegene Fleischblätter trafe, müßte die Vortheile der Einseitigkeit des Ablaufs der electricen Vorgänge in den Elementen jedes Blattes ja nothwendig wieder vernichten. Ob die Natur uns wirkliche physiologische Uebergänge zwischen Muskeln und electricen Organen in der kurzfasrigen Fischmuskulatur und in den noch mäandrisch verwälzte Fleischprismenschichten einschließenden pseudoelectricen Organen erhalten hat und welchen Grades dieselben sind, läßt sich gegenwärtig kaum bestimmen, sondern ist erst durch speciell auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen zur Entscheidung zu bringen.

Formver-
änderliches
Proto-
plasma.

Um dem Ganzen die Ueberfichtlichkeit zu wahren, mußten wir fowohl bei unferen einleitenden Bemerkungen wie auch später bei der speciellen Betrachtung der Muskelfubstanz das Verhalten des formveränderlichen Protoplasmas¹²⁰⁾ mehrfach mitberücksichtigen; es empfahl sich nicht, diese Auseinanderfetzungen ganz bis an den Schluß zu verschieben. So erfuhren wir bereits, daß weder die Verbindung mit Nerven, noch eine faferige Structur, sondern nur beide Eigenschaften zusammengenommen, dem Muskelgewebe als contractiles Gebilde eigenthümlich sind, daß das formveränderliche Protoplasma mit der Muskelfubstanz auch das Gerinnungsvermögen bei verhältnißmäßig niedriger Temperatur als typisches Merkmal theilt und wie diese durch eine Anzahl gleicher Substanzen (durch Veratrin, Nicotin und durch die sog. Anästhetica) vergiftet wird. In der großen Empfindlichkeit des nackten Protoplasmas für Chinin erkannten wir dagegen eine Abweichung von den Muskeln, einen Unterschied zwar, der kein durchgreifender ist, da z. B. die innervirten Chromatoblasten der höheren Thiere deletären Einflüssen dieses Alkaloides weit weniger unterliegen als die Wanderzellen und die meisten Amöbenformen. Das Einzige, was uns noch nachzutragen übrig blieb, ist das Verhalten des formveränderlichen Protoplasmas gegen Reize und zwar vorzugsweise gegen solche electriccher Art.

Wo uns allein daran liegt, die unterscheidenden Merkmale des Protoplasmas als contractilem Gebilde von dem Muskelgewebe aufzufuchen, kann uns unmöglich die Aufgabe obliegen, die sämtlichen Bewegungen, welche durch eine Wirkung äußerer Reize auf die protoplasmatischen Antheile der lebenden Zellen auch die Wachstums-, die Fortpflanzungs- und Ernährungsercheinungen oft in so hohem Maße beeinflussen, in den Kreis unserer Betrachtungen hineinzuziehen. Das Irritabilitätsvermögen, welches jedem lebenden Theile zukommt, ist bekanntlich auch etwas ganz anderes als das Contractilitätsvermögen, und dieses andererseits wohl zu

untercheiden von den Bewegungserfcheinungen, welche durch einen Stoffanwachs, durch Anhäufung des lebenden Substrates an bestimmten Plätzen, den sog. Wachstumspunkten zu Stande kommen. Immerhin bleibt jedoch zu berücksichtigen, daß auf die membranlosen, leicht beweglichen Protoplasamassen, Kräfte als wirksam sich erweisen, welche ihre Macht bei den, in feste Bahnen gebannten Bewegungen der contractilen Substanz des Muskelgewebes vollständig eingebüßt haben. So werden viele Protoplasmen noch stark beeinflußt von der Schwerkraft, vom Lichte, von einer ungleichmäßigen Vertheilung der Feuchtigkeit in der Umgebung, und die als Geotropismus, Heliotropismus und Hydrotropismus bezeichneten Erfcheinungen sind noch besonders merkwürdig dadurch, daß sie entweder auf einem positiven oder gewissermaßen auf einem negativen Einflusse der Kräfte beruhen, die Bewegungen der protoplasmatischen Masse der Schwere, dem Lichte resp. der Feuchtigkeit zugerichtet oder denselben abgewendet verlaufen.

Nicht so diametral, sondern nur quantitativ verschieden sind die Abweichungen, welche an verschiedenen Protoplasmen bei electriccher Reizung zur Beobachtung gelangen; aber die Größe der Reizbarkeit, gemessen durch den schwächsten noch wirksamen Reiz ist je nach der Art des Protoplasmas auch in diesem Falle eine ungleiche. Um nur ein diesbezügliches Beispiel anzuführen, sei erwähnt, daß nach *Engelmann* das Protoplasma von Süßwasseramöben, Diatomeen, Vallisneriazellen u. A. auf sehr viel schwächere Inductionsströme reagirt als das der weißen Blutkörperchen. Außerdem ist auch der Effect der electricchen Reizung zu Anfang nicht überall derselbe; durch stärkere Ströme oder bei länger andauernder Reizung kommt es aber allgemein zu einem Einziehen der Fortsätze, zu Verkürzungen und Verdickungen, die binnen einigen Secunden zur Kugelgestalt führen können. Schließung eines beständigen Stromes wirkt dabei allemal stärker als Oeffnung desselben; denn letztere erfordert längere Schließungsdauer bezüglich

lich größere Stromdichte und ebenso wächst mit Steilheit und Umfang der Schwankung innerhalb gewisser Grenzen der Erfolg sehr merkbar. Inductionsschläge sind deshalb durchschnittlich auch weit wirksamer als Schließungen constanter Ströme.

Wir haben bereits früher (S. 373) erläutert, in welcher Weise man sich die Umwandlung eines ursprünglich als Muskel angelegten Organes in ein rein electrifches vorzustellen hat, jetzt tritt an uns die Frage heran, welche Momente erforderlich sind, damit aus einer contractionsfähigen Protoplasmamasse ein Muskel hervorgehe. *Sachs*¹²¹) hat jüngst in seiner sinnreichen Art entwickelt, wie sich bei einem Myxomyceten (*Didymium ferinoceum*) mehrere nackte Protoplasmakörper vereinigen, dann eine feste, hutpilzartige Form annehmen, sich mit einer Membran bekleiden und innere Theile röhrenartige Fasern der verschiedensten Form, das sog. Capillitium bilden, in welchem sich die Sporen entwickeln. Wäre das Myxomycetenplasmodium von Anfang an von einer Zellhaut umschlossen gewesen, so würden wir hier genau die nämlichen Gestaltungsverhältnisse als bei den Wachsthumsvorgängen der Cöloblasten zu verzeichnen haben, und «denken wir uns ferner innerhalb eines Cöloblasten, etwa einer *Caulerpa*, *Vaucheria*, *Bryopsis* u. f. w. mit fortsehreitendem Wachsthum eine im Innern stattfindende Zerklüftung der Protoplasmamasse durch quer und längs gestellte Scheidewände, so bekommen wir eine gewöhnliche, aus Zellkammern bestehende Pflanze». Sehr ähnlich würden nun auch die Differenzirungen von Statten zu gehen haben, wenn sich aus den Plasmodien eine veritabele Muskelzelle entwickeln sollte. Auch hier müßten die einzelnen contractilen Elemente eine geordnete Lagerung annehmen, zu einer organisch zusammenhängenden Masse verschmelzen, welche sich dann mit einer Membran zu umgeben, schließlicly aber noch mit einem Nerven in Verbindung zu treten hätte. Die Wahrung des organischen Zusammenhanges unter den einzelnen Plasmodien würde demnach die einzige Schwie-

rigkeit fein, welche sich der Herrichtung eines echten «künstlichen Muskels» entgegenstellt und welche voraussichtlich auch immer unüberwindbar bleiben wird.

Eine Zeit, in der die specielle Behandlung der Galle, des Speichel-, Magendrüsen- und Pankreassecretes einer allgemeineren Betrachtung der Verdauungsercheinungen gewichen wäre, hat es in der Physiologie nie gegeben. Stets war man bestrebt, die einzelnen Secrete als solche kennen zu lernen, hat kein Mittel unversucht gelassen, den gemischten Speichel in die Producte der einzelnen Drüsen zu zerlegen, und das Bild des Verdauungsprocesses als Ganzes setzt sich schon seit undenklichen Zeiten aus den Beschreibungen der Eigenschaften der einzelnen Secrete zusammen, welche successive daran betheiligt sind.

Ganz anders steht es in der Muskelphysiologie! Der Contractionsmodus, der histologische und chemische Bau bieten bei den, von uns unterschiedenen Muskelgattungen ein nicht weniger mannigfaltiges Gepräge dar als die verschiedenen Verdauungsdrüsen unter sich; aber noch immer gibt es nur eine einheitliche Muskelphysiologie, in welcher alle, doch in so vielen Beziehungen ungleichartigen Muskelgattungen im Grunde als ein und dasselbe betrachtet werden. Meist nur ein kurzer Nachtrag verräth uns in den neuesten Handbüchern der Muskelphysiologie, daß wir über die glatte Muskulatur erst sehr dürftig unterrichtet sind und unsere dem Texte eingefügten Tabellen zeigen durch ihre mannigfachen Lücken wohl zur Genüge an, wie schlecht es mit einer wissenschaftlichen, mit einer vergleichenden Physiologie der contractilen Gewebe thatsächlich noch bestellt ist.

Abgesehen von allen uns hinlänglich bekannt gewordenen Ausnahmefällen habe ich in beistehendem Schema versucht, die in ihrer Contraction, Structur oder in ihrem chemischen Baue mehr oder weniger von einander abweichenden Muskelarten nochmals

Die contractilen Gewebe.

Charakterisiert durch die Gerinnbarkeit bei 35°—50° C.

I. Muskelgewebe. II. Formveränderliches Protoplasma.

Außerst empfindlich gegen Chinin.

Muskeln der

Wirbelthiere.

- A. Quergefäßreife, willkürliche Muskulatur von gewöhnlichem Baue. Verhältnismäßig reich an Kreatin.
- bläß oder durch Lipochrome gefärbt. Mit rascherer Contraction, kürzerem Latenzstadium, leichter erregbar, schneller ermittelnd, erst durch eine größere Anzahl von Reizen in Tetanus zu versetzen, weit mehr den delectischen Empfinden ausgesetzt, gewöhnlich von größerer Faserdicke und glykogenreicher als die durch Hämoglobin geröthete.
 - durch Hämoglobin geröthete.
- B. Quergefäßreife, willkürliche Muskulatur in Gestalt verästelter, durch Hämoglobin gefärbter Fasern.
- Zungemuskeln. Dem Willen unterworfen und von ähnlichem Verhalten als die blasse, quergefäßreife Muskulatur von gewöhnlichem Baue.
 - Herzmuskulatur. Dem Willen entzogen, mit langsamem Zuckungsverlauf, nicht in wirklichen Tetanus versetzbar.
- C. Glatte, unwillkürliche Muskelmassen mit langsame Contraction, thermofastlich, frei oder arm an Kreatin oder Inosit. Durch Blei unaffairbar.

Muskeln der

Wirbellosen.

- Durchgängig kreatinfrei.
- A. Quergefäßreife, willkürliche Muskulatur von gewöhnlichem Baue.
- feinere blasse Fasern) welchen in ähnlicher Weise wie die blassen und rothen quergefäßreife Vertebratenmuskeln von einander ab, doch ist das Latenzstadium bei beiden Fasertypen das gleiche.
 - ärkere blasse Fasern mit trügerer Contraction) rapiderem Zuckungsverlauf, sehr dünnfaserig und rasch abfliegend.
- B. Gelbe Flugmuskeln der Insecten. Mit äußerst rapidem Zuckungsverlauf, sehr dünnfaserig und rasch abfliegend.
- C. Doppelsträngige Fasern. Mit sehr trüger Zusammenziehung (Dauercontraction), aber durch ihr Verhalten bei electricher Reizung und als dem Willen unterworfen mehr den quergefäßreifen als den glatten Muskeln entprechend.
- D. Quergefäßreife Muskeln in Form verästelter Faserzellen.
- E. Glatte Muskelmassen, dem Willen unterworfen oder demselben entzogen.
- blasse;
 - durch Hämoglobin-tingirte.

zusammenzustellen. Mit Hülfe dieser Zusammenfassung werden die übrigen Tabellen leichter zu überblicken sein und jene wird durch diese auch vielfach vervollständigt werden können.

Erinnern wir uns, daß bereits 1856 *Schloßberger*¹²²⁾ die Muskelphysiologie als dasjenige Feld bezeichnete, auf welchem «vielleicht mehr als irgendwo die comparative Physiologie die Deutung der geweblichen Forschungen an den Apparaten der höheren Thiere auf das wirksamste weiter bringen und vor Einseitigkeit und Irrthümern bewahren kann», daß aber trotzdem erst die Arbeiten der allerletzten Jahre uns in den Stand setzten, die Darstellung einer vergleichenden Physiologie der contractilen Gewebe in groben Umrissen durchzuführen, so dürfte die Hoffnung kaum als unberechtigt erscheinen, daß schon in kurzer Frist sich auch dieser Zweig der vergleichenden Physiologie von dem gegenwärtigen Standpunkte weit entfernt haben und der vergleichenden Physiologie der Ortsbewegungen, der Verdauungsvorgänge und der nervösen Apparate als ebenbürtig zur Seite stehen wird.



Anmerkungen und Literaturnachweise.

1) *L. Hermann*, Handbuch der Physiologie. Bd. 1. Th. 1. Leipzig 1879. S. 81.

2) Um Verwechslungen des Contractilitätsvermögens mit anderen Kraftäußerungen, welche am Muskelgewebe gleichfalls zur Beobachtung gelangen, zu vermeiden, seien einige hier in Betracht kommende Ausdrücke kurz erläutert.

Irritabilität ist die allen lebenden Gebilden ohne Ausnahme zukommende Reactionsfähigkeit auf Reize (d. f. locale Veränderungen des Gewebes [*Virchow*, Cellularpathologie. 4. Aufl. 1871. S. 199]), und zwar nicht nur auf diejenigen, welche den Geweben durch Nerven übermittelt werden (fog. Neuroerregbarkeit), sondern auch auf solche, welche die Gewebe direct treffen (*Cl. Bernard*, Leçons sur les phén. de la vie. T. I. Paris. 1878. p. 248).

Contractilität ist ein specieller Fall der Irritabilität; man versteht darunter das den Muskeln, dem formveränderlichen Protoplasma und außerdem noch einigen anderen lebenden Gebilden innewohnende Vermögen, sich auf Reizeinfluß zu verkürzen.

Elasticität ist die allen Körpern, lebenden wie toden, in mehr oder minder hohem Grade zukommende Eigenschaft, sich unter der Einwirkung von Druck (Druckelasticität) oder Zug (Zugelasticität) auszudehnen (Extensibilität) und beim Nachlassen der dehnenden Kräfte mehr oder weniger vollständig in die ursprüngliche Ruhelage zurückzukehren (Retractilität). *L. Hermann* (Handbuch der Physiologie. Bd. 1. Th. 1. 1879. S. 11) definirt «elastische Kräfte» als diejenigen, welche ein Körper von bestimmter natürlicher Gestalt äußeren formverändernden Kräften entgegensetzt, oder in Folge einer durch letztere bewirkten Gestaltsänderung als potentielle Energie entwickelt. — Einige Forscher (z. B. *Richet*, Physiologie des muscles. 1882. p. 181) betrachten Contractilität und Elasticität im Grunde als ein und daselbe.

Excitabilität ist die Empfänglichkeit der Gewebe für äußere Einflüsse; sie stellt, in Hinsicht auf die Irritabilität als dem Activen, die recipirende Seite der Reizeinwirkung vor.

Tonicität nennt man die Eigenthümlichkeit der contractilen Gewebe, unter den normalen, centralnervösen Einflüssen schwach contrahirt zu bleiben.

— Ist der normale Muskeltonus durch eine directe oder indirecte Ueberempfindlichkeit des Rückenmarkes pathologisch gesteigert, so spricht man von **Contracturen**.

3) Vgl. *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1. Reihe. 3. Abth. Heidelberg. 1880. S. 59—62 (Unterschied von Chromatoblasten und Chromatophoren).

4) *Th. W. Engelmann*, *Hermann's Handb. d. Physiologie*. Bd. 1. Th. 1. S. 380.

5) *Engelmann*, a. a. O., S. 379.

6) Vgl. *Krukenberg*, a. a. O., 1. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 78—106.

7) *Engelmann*, a. a. O., S. 395.

8) *Krukenberg*, a. a. O., 1. Reihe. 3. Abth. S. 1—22.

9) Wichtigere Literatur über die Neuromuskeltheorie:

N. Kleinenberg, *Hydra*. Leipzig. 1872. S. 10—27; *E. Hückel*, *Anthropogenie*. 3. Aufl. Leipzig. 1877. S. 660; *C. Gegenbaur*, *Grundriß der vgl. Anatomie*. Leipzig. 1874. S. 39; *Éd. van Beneden*, *De la distinction originelle du testicule et de l'ovaire*. Bull. de l'acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 37. Bruxelles. 1874. p. 24; *Eimer*, *Zoolog. Studien auf Capri*. I. Ueber *Beroë ovatus*. Leipzig. 1873. S. 78; *Huxley*, *Grundzüge d. Anat. der wirbellosen Thiere*. Deutsch von *J. W. Spengel*. Leipzig. 1878. S. 60—61 u. S. 115.; *C. Claus*, *Studien über Polypen und Quallen der Adria*. I. *Aculephren*. *Discomedusen*. *Denkschr. d. math.-naturw. Classe d. Wiener Acad.* Bd. 38. 1877. S. 28 u. 29; *O. u. R. Hertwig*, *Das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen*. Leipzig. 1878. S. 157—174; *W. Kühne*, *Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg*. Bd. 3. 1879. S. 107 u. 144; *C. Chaoi*, *Ctenophoren*. *Fauna und Flora des Golfes von Neapel*. Leipzig. 1880. S. 215—221; *Krukenberg*, a. a. O., 1. Reihe. 3. Abth. 1880. S. 124—146.

10) *F. E. Schulze*, *Zeitschr. f. wiss. Zoologie*. Bd. 30. S. 394, Bd. 32. S. 136 u. 628, Bd. 33. S. 17.

11) Wichtigere Literatur über die Eiweißstoffe der Muskeln:

Kühne, *Unterf. über das Protoplasma etc.* Leipzig. 1864 u. *Lehrbuch der physiol. Chemie*. Leipzig. 1866. S. 270; *Hoppe-Seyler*, *Handb. d. physiol.- u. path.-chemischen Analyse*. 5. Aufl. Berlin. 1883. S. 266; *E. Kügler*, *Ueber die Starre des Säugethiermuskels*. *Inaug.-Dissert.* Dorpat 1883; *J. Klemptner*, *Ueber d. Wirkung des dest. Wassers und des Coffeins auf die Muskeln u. über die Ursache der Muskelstarre*. *Dissert.* Dorpat. 1883; *O. Nasse*, *Zur Anat. u. Physiol. der quergestreiften Muskelfsubstanz*. Leipzig. 1882. S. 22—81; *A. Danilewsky*, *Zeitschr. f. physiol. Chemie*. Bd. 5. 1881. S. 158; *Bruns*, *Hoppe-Seyler's Medic.-chem. Untersuchungen*. Berlin. 1867. Heft 2. S. 260; *Schweigger-Seidel*, *Arb. a. d. physiol. Anstalt zu Leipzig*. Bd. 4. 1870. S. 121; *Krukenberg*, *Vgl.-physiol. Studien*. 1. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 2—14 u. 2. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 146 bis 147; *Heynflus*, *Arch. f. d. gef. Physiologie*. Bd. 3. 1870. S. 414—424;

J. Reinke u. *Rodewald*, Bot. Zeitung. 38. Jahrg. 1880. Nr. 48 u. Unterf. a. d. bot. Labor. d. Univ. Göttingen. Heft 2. Berlin. 1881. S. 49; *Melde*, Handb. d. gerichtl. Medicin. Leipzig. 1819 ff. Bd. 2. S. 278 u. Bd. 3. S. 405.

¹²⁾ *Kühne*, Lehrb. d. phyfiol. Chemie. 1866. S. 68.

¹³⁾ *Kühne*, Unterf. über das Protoplasma etc. 1864. S. 1.

¹⁴⁾ *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. 2. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 87—138.

¹⁵⁾ *Cl. Bernard*, Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses. Paris. 1857. p. 45.

¹⁶⁾ Literatur über die Säuerung der Muskeln:

J. Liebig, Chemische Unterf. über das Fleisch. Heidelberg. 1847; *E. du Bois-Reymond*, Monatsber. d. Berliner Acad. 1859. S. 288; *J. Bernstein*, De animalium evertibratorum musculis nonnulla. Dissert. Berolini. 1860; *C. Voit*, Zeitfchr. f. wiff. Zool. Bd. 10. 1860. S. 470—498; *Fredericq* u. *Vandevelde*, Bull. de l'ac. r. de Belgique. 2. Sér. T. 47. Bruxelles. 1879. p. 783; *Valenciennes* und *Fremy*, Ann. de chim. et phys. T. 19. 1822. p. 363 u. 3. Sér. T. 50. 1857. p. 171; *O. Nasse*, Zur Anatomie etc., S. 84—94; *R. Böhm*, Arch. f. d. gef. Phyfiol. Bd. 23. 1880. S. 44; *Ch. Richet*, Physiologie des muscles et des nerfs. Paris. 1882. p. 355.

¹⁷⁾ *Krukenberg*, Unterf. a. d. phyfiol. Infst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. Heft 3—4. 1880. S. 15. Anm. 5.

¹⁸⁾ *O. Nasse*, Zur Anat. etc., S. 94.

¹⁹⁾ *J. Cohnheim*, Vorlesungen über allg. Pathologie, Bd. 2. 2. Aufl. Berlin. 1882. S. 565 u. 566.

²⁰⁾ *A. Danilewsky*, Zeitfchr. f. phyfiol. Chemie. Bd. 7. 1883. S. 124. Vgl. auch *O. Nasse*, Biolog. Centralbl. Bd. 4. 1884. S. 726—731.

²¹⁾ Literatur über die Muskelenzyme:

Kühne, Verbreitung einiger Enzyme im Thierkörper. Sep.-Abdr. a. d. Verhandl. d. naturhist.-medic. Vereins zu Heidelberg. Bd. 2. Heft 1. 1876; *Brücke*, Sitzungsber. d. Wiener Acad. Math.-naturw. Classe. Bd. 43. Abth. 2. 1861. S. 601; *Th. Elcherich*, Deutsches Archiv f. klin. Medicin. 1885. S. 196 bis 200; *Piotrowsky*, *Kühne's* Lehrb. d. phyfiol. Chemie. 1866. S. 288.

²²⁾ *Brücke*, Vorlesungen über Physiologie. 3. Aufl. Bd. I. Wien. 1881. S. 305 u. 306.

²³⁾ *Krukenberg*, Unterf. a. d. phyfiol. Infst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 2. Heft 3. 1878. S. 273—286 u. S. 338—377.

²⁴⁾ *O. Nasse*, Zur Anatomie etc. S. 99.

²⁵⁾ *A. Haulen*, Arbeiten a. d. bot. Infst. d. Univ. Würzburg. Bd. 3. 1885. S. 278.

²⁶⁾ *Cl. Bernard*, Leçons sur les phénom. de la vie etc. T. II. Paris. 1879. p. 57—140. Vgl. auch *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. 1. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 52—64.

- 27) *E. Külz*, Arch. f. d. gef. Physiologie. Bd. 24. 1881. S. 64—70.
- 28) *Kühne*, Lehrbuch etc. S. 334.
- 29) *O. Naffé*, Zur Anatomie etc. S. 82—84.
- 30) *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 2. Reihe. 2. Abth. 1882. S. 59—62.
- 31) *Krukenberg*, *ibid.*, 1. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 58 u. 59.
- 32) *G. Schwalbe*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 5. 1869. S. 220.
- 33) *P. Ehrlich*, Zeitschr. f. klin. Medicin. Bd. 6. 1883. S. 33.
- 34) *D. Barfurth*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 25. 1885. S. 288—297.
- 35) *P. Ehrlich*, a. a. O., S. 44.
- 36) Allgemeines über rothe und blaffe Muskeln:
Gegenbaur, Grundriß d. vgl. Anat. Leipzig. 1874. S. 511; *Kühne*, Arch. f. path. Anat. Bd. 33. 1865. S. 79—94; *Runcier*, Laboratoire d'histologie. Travaux de l'année 1874; *E. Meyer*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875. S. 217—232; *Schloßberger*, Die Chemie der Gewebe. II. Leipzig u. Heidelberg. 1856. S. 151 bis 153; *W. Kraule*, Allg. u. mikrofk. Anat. Hannover. 1876. S. 80 u. 90; *Lavocat u. Arloing*, Revue d. scienc. médic. T. 8. 1876. p. 56 u. 57; *Luchlinger*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 18. S. 472; *Grätzner*, Breslauer ärztl. Zeitschr. 1883. Nr. 18. 22. Sept., Nr. 24. 22. Dec. u. Recueil zoologique Suisse. T. I. 1884. p. 665; *D. Barfurth*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 25. 1885. S. 290 u. 291; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1. Reihe. 4. Abth. 1881. S. 44—53.
- 37) *Schloßberger*, a. a. O., S. 151.
- 38) *O. Naffé*, *Hermann's* Handb. d. Physiol. Bd. 1. Th. 1. 1879. S. 271.
- 39) *Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. Heft 1—2. 1879. S. 57.
- 40) *O. Naffé*, Biolog. Centralbl. Bd. 4. 1884. S. 729.
- 41) Ueber den Fleischezucker vgl. *O. Naffé*, *Hermann's* Handbuch. Bd. 1. Th. 1. 1879. S. 289.
- 42) *Limpricht*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 133. 1865. S. 293; *Kühne*, Lehrbuch etc. S. 307.
- 43) Vgl. *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1880. S. 197—220, Bd. 4. 1881. S. 33—63 u. Vgl.-physiol. Studien. 2. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 143—147; *Th. Weyl*, Monatsb. d. k. Acad. d. Wiss. zu Berlin. 21. April 1881. S. 383.
- 44) *Frerichs u. Staedeler*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 73. S. 48.
- 45) Vgl. *Tanret u. Villiers*, Ann. de chim. et de physique. 5. Sér. T. 23. 1881. p. 389—397.
- 46) *H. Virchow*, Beitr. z. Kenntniß der Bewegungen des Menschen. Würzburg. 1883. S. 7—17.
- 47) *F. Miescher-Rüsch*, Statistische u. biolog. Beiträge z. Kenntniß vom Leben des Rheinlachs. 1880. Separatabdr. a. d. Schweizer Literaturammlung z. internationalen Fischereiausstellung in Berlin.

- 48) Vgl. *Kühne*, Lehrbuch etc. S. 309.
- 49) *Cohnheim*, Vorlef. über allg. Pathologie, Bd. 1. 2. Aufl. 1882. S. 653.
- 50) *Hoppe-Seyler*, Physiologische Chemie. Berlin. 1881. S. 637.
- 51) *Kühne*, Lehrbuch etc. S. 308 u. 309.
- 52) *O. Nasse*, Zur Anatomie etc. S. 82.
- 53) Vgl. *J. König* u. *B. Farwick*, Zeitschr. f. Biologie. Bd. 12. 1876. S. 497 u. *Peterfen*, ebenda, Bd. 7. 1871. S. 166.
- 54) *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1. Reihe. 4. Abth. 1881. S. 46.
- 55) *Krukenberg* u. *H. Wagner*, Zeitschr. f. Biologie. Bd. 21. 1885. S. 39 u. 40. — Ausgedehntere Versuchsreihen über den Gehalt verschiedenen functionirender Muskeln ein und deselben Thieres an Fett, Wasser, Aschen- und festen Bestandtheilen sollen demnächst ausführlichere Mittheilung finden.
- 56) *Richet*, Physiologie des muscles et des nerfs. Paris. 1882. p. 301..
- 57) *Krukenberg* u. *Wagner*, a. a. O., S. 35.
- 58) Literatur über das Muskelhämoglobin:
Vgl. Anm. 36; ferner: *Henle*, Allg. Anatomie des menschl. Körpers. Leipzig. 1841. S. 587; *Simon*, Handb. d. angewandten medic. Chemie. Bd. 2. Leipzig. 1842. S. 524; *E. v. Bibra*, Arch. f. physiolog. Heilkunde. Bd. 4. 1845. S. 536; *Kölliker*, Mikrosk. Anatomie. Bd. 2. Leipzig. 1850. S. 248; *Brozeit*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 3. 1870. S. 361; *Pouchet*, Journ. de l'anat. et de la physiol. par *Robin*. T. 12. 1876. p. 4; *H. Roerber*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1869. S. 452; *R. Grscheidlen*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 7. 1873. S. 547 u. 548; *Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. der Univ. Heidelberg. Bd. 2. 1878. S. 133—136.
- 59) *Richet*, a. a. O., p. 295.
- 60) *O. Nasse*, *Hermann's* Handb. d. Physiol. Bd. 1. Th. 1. 1879. S. 271.
- 61) *B. Haller*, Die Organisation der Chitonen der Adria. II. Arbeiten a. d. zool. Inst. der Univ. Wien. Bd. 5. Heft. 1. 1883. S. 33.
- 62) Ueber die lipochromatischen Färbungen der Muskeln vgl.: *Fremy* u. *Valenciennes*, Compt. rend. T. 41. 1855. p. 738; *Krukenberg* u. *Wagner*, a. a. O., S. 37—40; *Schloßberger*, Die Chemie der Gewebe. II. 1856. S. 152.
- 63) *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 2. Reihe. 3. Abth. 1882. S. 139—143. — Ohne meine Untersuchungen über den grünen Belone-Farbstoff zu kennen, schließt *Raphael Dubois* (Compt. rend. de la soc. de biologie. Sér. 7. T. 5. 1883. p. 317—318) aus den Beobachtungen, daß das Pigment weder durch Kochen noch durch Fäulniß zerstört und von den Flüssigkeiten, welche viele organische Substanzen lösen, nicht gelöst wird, auf eine anorganische Beschaffenheit deselben. Dazu bemerkt *Maly* (Jahresb. üb. d. Fortschr. der Thierchemie. Bd. 13. Ueber das Jahr 1883. S. 317 Anm. 1), daß sich die grüne Wirbelsäule von Belone beim Glühen aber licht brennt.
- 64) *G. Pouchet*, Journ. de l'anat. et de la physiol. par *Robin*. 1876. p. 1 bis 90 u. p. 113—165.

65) Nach eigenen Untersuchungen an den gelben Flugmuskeln von *Melolontha vulgaris*.

66) Literatur über den Harnstoffgehalt der Muskeln:

Oesjannikow u. *Islomin*, citirt von *Nalle* (*Hermann's* Handbuch der Physiol. Bd. 1. Th. 1. S. 275); *P. Picard*, Compt. rend. T. 87. p. 533; *Demant*, Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 4. S. 419; *J. Liebig*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 62. 1847. S. 257; *C. Voit*, Zeitschr. f. Biol. Bd. 2. 1866. S. 225; *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 4. 1881. S. 33—63.

67) Literatur über den Harnsäuregehalt der Muskeln:

J. Liebig, Jahresb. der Chemie für 1849. S. 531; *Pagenstecher*, Heidelberger Jahrbücher der Literatur. Jahrg. 57. I. Hälfte. 1864. S. 347—351; *Meißner*, Zeitschr. f. rationelle Medicin. Bd. 31. 1868. S. 156; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 2. Reihe. 2. Abth. 1882. S. 84; *Krukenberg* u. *Wagner*, a. a. O., S. 36—37.

68) *Hoppe-Seyler*, Physiologische Chemie. 1881. S. 901.

69) *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 2. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 144—145.

70) Literatur über das Vorkommen des Taurins in Muskeln:

H. Limpricht, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 127. 1863. S. 185—189 u. Bd. 133. 1865. S. 293—305; *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 4. 1881. S. 63; *Fremy* u. *Valenciennes*, Ann. de chim. et de phys. 3. Sér. T. 50. 1857. p. 129—178; *Staedeler* u. *Frerichs*, Journ. f. pract. Chemie. Bd. 73. 1858. S. 51 Anm.; *Fredericq*, Bull. de l'acad. r. de Belgique 2. Sér. T. 46. 1878. p. 765; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 2. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 143; *Krukenberg* u. *Wagner*, a. a. O. S. 30.

71) *R. H. Chittenden*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 178. 1875. S. 266—274.

72) Vgl. *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Inst. der Univ. Heidelberg. Bd. 4. 1881. S. 43 u. 44.

73) Ueber Kreatin in Muskeln vgl. *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Inst. der Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1880. S. 197—220 u. Bd. 4. 1881. S. 33 bis 63; ferner: *C. G. Lehmann*, Zoochemie. Heidelberg. 1858. S. 478; *Sarokin*, Arch. f. path. Anat. Bd. 28. 1863. S. 544—551; *C. Voit*, Zeitschr. f. Biologie. Bd. 4. 1868. S. 77.

74) *Brillat-Savarin*, Physiologie des Geschmacks. Deutsch von *C. Vogt*. 4. Aufl. Braunschweig. 1878. S. 45.

75) Vgl. *Krukenberg*, Grundriß der medic.-chem. Analyse. Heidelberg. 1884. S. 61—64.

76) *Krukenberg* u. *Wagner*, a. a. O., S. 29—33.

77) Ueber Carnin handeln: *H. Weidel*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 158. 1871. S. 353—369; *Krukenberg* u. *Wagner*, Sitzungsbl. d. phys.-medic. Gesellsch. zu Würzburg. 1883. S. 58—63 u. Zeitschr. f. Biologie. Bd. 21. 1885. S. 25—28.

78) Neuere Arbeiten über die Xanthinkörper:

G. Salomon, Ber. d. d. chem. Gefellsch. Bd. 16. 1883. S. 195 (Paraxanthin); *E. Fischer*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 215. 1882. S. 253—320 (Xanthin u. Coffein) u. Ber. d. d. chem. Gefellsch. Bd. 17. 1884. S. 328—338 (Paraxanthin u. Methylpurin); *Strecker*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 131. S. 121; *Rochleder* u. *Hlasiwetz*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 93. S. 96; *Koffel*, Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 5. S. 152, Bd. 6. S. 422, Bd. 7. S. 7, Bd. 8. S. 404 u. Untersuchungen über die Nucleine u. ihre Spaltungsproducte. Straßburg. 1881; ferner Verhandl. d. physiol. Gefellsch. zu Berlin. 23. Jan. 1885 u. Ber. d. d. chem. Gef. zu Berlin. Bd. 18. 1885. S. 79—81 (Adenin); *G. Salomon*, Verhandl. d. physiol. Gefellsch. zu Berlin. 10. Juli 1885 (Heteroxanthin) u. 28. Dec. 1883 (Guaninartiger Körper aus Schweineharn); *Scherer*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 107. 1858. S. 314; *Almén*, Vierteljahrschr. d. naturf. Gefellsch. in Zürich. Bd. 6; *J. B. Enz*, Vierteljahrschr. f. pract. Chem. Bd. 4. S. 321; *Ph. Schreiner*, Ber. d. d. chem. Gefellsch. 1871. S. 763; *Krukenberg* u. *Wagner*, a. a. O., S. 26—28 (Hypoxanthin u. Guanin); *Reinke* u. *Rodewald*, Unterf. a. d. bot. Laborat. d. Univ. Göttingen. Heft 2. Berlin. 1881. S. 47 u. 48.

79) *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Infst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1880. S. 201.

80) Vgl. außer den unter 78 angeführten Arbeiten *Koffel's*: *G. Salomon*, Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 2. 1878. S. 65; *R. H. Chittenden*, Unterf. a. d. physiol. Infst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 2. S. 424—433; *H. Kraule*, Ueber die Darstellung von Xanthinkörpern aus Eiweiß. Dissert. Berlin. 1878.

81) Ueber Inosin säure handeln: *J. Liebig*, Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 62. 1847. S. 257; *Gregory*, ebenda. Bd. 64. 1847. S. 106; *Meißner*, Zeitschr. f. rat. Medicin. Bd. 31. 1868. S. 144; *Creite*, ebenda. Bd. 36. 1869. S. 195.

82) *Limpricht*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 127. 1863. S. 188.

83) Ueber die anorganischen Bestandtheile (Wasser-, Aschen- und Gasgehalt) der Muskeln vgl. die chemisch-physiologischen Handbücher; besonders die von *Schloßberger*, *Nasse* und *Hoppe-Seyler*.

84) Quantitative Fleischanalysen.

Gesamtmfleisch des Rindes nach <i>Lehmann's</i> Zusammenstellungen:		Fleisch von <i>Leuciscus rutilus</i> nach <i>Limpricht</i> :		
		I.	II.	
Wasser	74,0—80,0			
Feste Bestandtheile	26,0—20,0			
In Wasser unlösliche geron- nene Eiweißkörper (Myofin), Sarkolemma, Kerne, Gefäße und elastische Fasern	15,4—17,7	Wasser	77,89	78,18
Glutin		0,6 —1,9	Trockensubstanz . .	22,11
		Albumin	2,85	3,01
		Kreatin	0,11	—
		Prottsäure	0,70	0,69

Gefammtfleisch des Rindes nach
Lehmann's Zusammenstellungen:

Fleisch von *Leuciscus rutilus*
nach *Limpricht*:

Kalialbuminat, bei 45° C. gerinnender Eiweißkörper und Serumweiß	} 2,2 —3,0
Kreatin	
Fett	1,5 —2,30
Milchfäure	1,5 —2,30
Phosphorfüure	0,66—0,70
Kali	0,50—0,54
Natron	0,07—0,09
Chlornatrium	0,04—0,09
Kalk	0,02—0,03
Magnesia	0,04—0,05

	I.	II.
Milchfäure	0,06	—
Taurin	0,11	—
Anorganische Salze	1,35	—
In Wasser löslich	0,76	—
In Wasser unlöslich	0,58	—

1000 Gewichtstheile enthalten nach *G. Bunge* (Zeitfchr. f. physiol. Chemie.
Bd. 9. 1885. S. 60—62):

	Fettfreies Rindfleisch	Fettreiches Rindfleisch
K ₂ O	4,654	4,160
Na ₂ O	0,770	0,811
CaO	0,086	0,072
MgO	0,412	0,381
Fe ₂ O ₃	0,057	—
P ₂ O ₅	4,674	4,580
Cl	0,672	0,709
Präformirte SO ₃	—	0,010
Gefammt-S	—	2,211

⁸⁵⁾ *A. Valenciennes* u. *Fremy*, Ann. de chim. et de phys. 3. Sér. T. 50.
1857. p. 129—178.

⁸⁶⁾ *Regnard*, Recherches expér. sur les variations pathologiques des com-
bustions respiratoires. Thèse inaug. Paris. 1878. p. 30 ff.

⁸⁷⁾ Ueber Muskelgifte:

C. Binz, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. S. 308, Arch. f. mikr. Anat.
Bd. 3. S. 383, Exp. Unterf. über das Wesen der Chininwirkung. Berlin. 1868,
Das Chinin. Berlin. 1875, Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1885.

S. 146; *Krukenberg*, Vgl. physiolog. Studien. 1. Reihe. 1. Abth. S. 1—36 u. S. 77—159, 3. Abth. S. 1—65 u. S. 124—180, 2. Reihe. 3. Abth. S. 116—123; *Schmiedeberg*, Arch. f. exp. Pharmakologie. Bd. 2. 1874. S. 62; *Prevost*, Gazette médic. de Paris. 1867. Nr. 5. S. 10 u. 11; *C. Arnold*, Beitr. z. vgl. Physiol. Inaug.-Diss. Bern. 1881; *Grützner*, Breslauer ärztl. Zeitfchr. 1883. Nr. 18 u. 24; *Kühne*, Arch. f. Anat. u. Physiolog. 1859. S. 213; *Grützner*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 17. 1878. S. 250.

Auf Grund der Versuche an Fröschen und Säugethieren lassen sich die durch chemisch reine Substanzen hervorgerufenen Wirkungen auf die Muskeln folgendermaßen gruppieren:

A. Lähmende Wirkungen.

1. Der Muskel wird durch die Substanzen todtenstarr gemacht und in Folge dessen erfolgt Lähmung.

Coffein.

2. Es tritt vollkommene Erschlaffung des Muskels (charakteristische «Ernüdungscurve») ein und dadurch wird der Eintritt der Todtenstarre ebenso unmöglich wie die physiologische Thätigkeit. Die Muskelleistung wird durch gewisse Gaben aufgehoben, durch kleinere einfach abgeschwächt.

Kupfer, Antimon (bei großen Dosen), Helleborein, Kalium, Rubidium; Chloroform (bei Kaltblütern).

3. Die Contraction des Muskels ist die normale, aber derselbe erschlafft weit langsamer. Bei der Zuckung wird mehr Wärme entwickelt als normal, der Stoffumsatz ist demnach auch ein größerer. Die Contractilität erlöschet verhältnißmäßig früh, doch ist die Muskelleistung gewöhnlich nur sehr wenig herabgesetzt.

Veratrin.

4. Wahrscheinlich durch Behinderung der Starre wird der Muskel eigenthümlich steif, blaß und bleibt halb contrahirt. Die Form der Ernüdungscurve ist sehr erheblich verändert und so unregelmäßig geworden, daß die aufeinander folgenden Zuckungshöhen oft himmelweit von einander verschieden sind. Die Wirkung äußert sich an dem Herzen und den Skelettmuskeln, nicht aber an der glatten Muskulatur.

Blei; Cocain und Emetin (nur in großen Dosen).

B. Erhöhung der Erregbarkeit, aber nicht der Leistungsfähigkeit und Contractilität.

Phyostigmin, Kampher.

C. Ohne daß zugleich die Erregbarkeit oder die absolute Leistungsfähigkeit des Muskels gesteigert zu sein braucht, zeigt sich die Leistung desselben unter

Umständen erhöht (cf. *Kobert*, Arch. f. exp. Path. Bd. 15. S. 56—73 und *Harnack*, ebenda. Bd. 19. S. 180).

Kreatin, Hypoxanthin, Coffein (bei schwachen Gaben), Glykogen.

D. Die Elasticitätsverhältnisse des (Herz-) Muskels verändern sich in eigentlicher Weise, ohne daß zunächst die Contractilität beeinträchtigt und die absolute Leistungsfähigkeit erhöht oder vermindert wird.

Digitalin.

E. Die Muskelfsubstanz bleibt durchaus intact («indifferente» Mittel).

Chlornatrium, Natriumtartrat, Zinnoxidnatriumtartrat, Alkohol (in kleinen und mittelgroßen Dosen).

Vgl. hierzu: *E. Harnack*, Arch. f. exp. Path. Bd. 3. 1875. S. 44—66 (Emetica); *Harnack* u. *E. Dietrich*, ibid. Bd. 19. 1885. S. 153—184 (Rubid. u. Cäsium); *Harnack*, ibid. Bd. 2. 1874. S. 254—306 (Apomorphin); *Harnack* u. *W. Hafemann*, ibid. Bd. 17. 1883. S. 145—188 (Atropin, Kupfer, Blei, Phyostigmin); *Fick* u. *Boehm*, Verhandl. d. physik.-medic. Ges. zu Würzburg. N. F. Bd. 3. 1872. S. 198 (Veratrin); *Harnack*, Arch. f. exp. Path. Bd. 9. 1878. S. 152—225 (Blei); *R. Kobert*, ibid. Bd. 15. 1881. S. 22—80 (Muskelgifte im Ganzen); *Harnack*, ibid. Bd. 2. 1874. S. 307—333 (Atropin, Phyostigmin); *Harnack* u. *L. Witkowski*, ibid. Bd. 5. 1876. S. 402—454 u. *Harnack*, ibid. Bd. 12. 1880. S. 334—340 (Phyostigmin u. Calabarin); *Schmiedeberg*, Beitr. z. Anat. u. Physiol. zu *C. Ludwig's* Jubil. 1874. S. 222 (Digitalin).

⁸⁸⁾ Cf. *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1. Reihe. 1. Abth. S. 142.

⁸⁹⁾ Literatur über die Contractionsverhältnisse der Muskeln:

Ch. Richet, Archives de physiol. norm. et path. 2. Sér. T. 6. 1879, T. 7. 1880 u. Physiologie des muscles et des nerfs. Paris. 1882; *Fredericq* u. *Vandevelde*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 47. 1879. p. 771—797; *Ranvier*, Archiv de physiol. norm. et path. 2. Sér. T. 1. 1874. p. 5; *Marey*, Du mouvement dans les fonctions de la vie. Paris. 1868 u. Ann. des scienc. nat. Zoolog. 5 Sér. T. 12. 1869. p. 58; *H. Landois*, Zeitfchr. f. wiss. Zool. Bd. 17. 1867. S. 133 u. 178; *A. Rollett*, Zur Kenntniß des Zuckungsverlaufes quergestreifter Muskeln. Sitzungsber. d. k. Acad. zu Wien. Bd. 89. 3. Abth. 1884. S. 346—353; *Romanes*, Proc. r. Soc. T. 24. 1876. p. 143 u. T. 25. 1877. p. 464; *E. Fleischl*, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1875. S. 469—470; *A. Fick*, Beiträge z. vgl. Physiologie der irritablen Substanzen. Braunschweig. 1863; *J. Bernstein*, De animalium evertibr. musculis nonnulla. Dissert. Berolini. 1860; *H. Kronecker* u. *W. Stirling*, Arch. f. Physiologie. 1878. S. 1—18; *J. Th. Calfh*, ebenda. 1880. Suppl. S. 147—160; *Grützner*, Breslauer ärztl. Zeitfchr. 1883. Nr. 18 u. 24; *Luchfinger*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 28. S. 60; *A. Fick*, ebenda. Bd. 30. S. 596; *Fredericq*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. T. 46.

1878. p. 765; *W. Biedermann*, Ueber das Herz von *Helix pomatia*. Sitzungsab. der Wiener Acad. Bd. 89. 3. Abth. 1884. S. 30.

⁹⁰⁾ *Rollett* (a. a. O., S. 347 Anm. 1) bemerkt, daß ganz gleiche Muskeln wie in die Beine, sich auch in die Flügeldecken und die Flügel der Käfer inseriren, hier den gelben Flügelmuskeln gegenüber nur sehr zurücktreten. Dieses Vorkommen von zweierlei Muskeln steht in Beziehung zu zwei wesentlich verschiedenen Actionen. Die eine derselben ist die Entfaltung des Flugapparates, Stellung der Flügeldecken und Ausspannung der Flügel. Diese Action erfolgt ungefähr nach demselben Modus wie die Bewegung der Beine. Die zweite Action ist das Fliegen selbst, von welchem wir durch die Untersuchungen *Marey's* wissen, daß es bei den Insecten durch eine oft bis zu außerordentlicher Höhe gesteigerte Frequenz der Flügelschläge zu Stande kommt.

⁹¹⁾ Ein Blick auf die von *Rollett* gefundenen Werthe (vgl. Tabelle auf S. 331) zeigt uns, daß von ihm an Käfermuskeln ähnliche Verhältnisse angetroffen wurden als von *Calh* bei Wirbelthieren. *Rollett* vergleicht den Zuckungsverlauf der *Dytiscus*-Muskeln dem der weißen, den Zuckungsverlauf der *Hydrophilus*- und *Maikäfer*muskeln dem der rothen *Kaninchen*muskeln.

⁹²⁾ *L. Hermann*, Handb. der Physiologie. Bd. 1. Th. 1. 1879. S. 43.

⁹³⁾ *Richet*, Physiologie des muscles etc. p. 115.

⁹⁴⁾ *L. Hermann*, a. a. O., S. 56 u. 57.

⁹⁵⁾ *R. J. Anderson*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 4. 1882. S. 277.

⁹⁶⁾ *W. Biedermann*, Ueber die electriche Erregung des Schließmuskels von *Anodonta*. Sitzungsber. d. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 91. 3. Abth. 1885. S. 29—96.

⁹⁷⁾ Ueber die Elasticitätserrscheinungen an den Muskeln vgl.: *Roßbach* u. *Anrep*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 21. S. 240—249; *Fick*, Beiträge etc. a. a. O. u. Arch. f. d. ges. Physiologie, Bd. 4. S. 309; *Wertheim*, Ann. de chim. et de physique. 3. Sér. T. 21. 1847. p. 385.

⁹⁸⁾ *Richet*, Physiologie des muscles etc. p. 175 note.

⁹⁹⁾ Ueber absolute Muskelkraft und Hubhöhe vgl.: *Fél. Plateau*, Recherches sur la force absolue des muscles des invertébrés. Bull. de l'acad. r. de Belgique. 3. Sér. T. 6. 1883 u. T. 7. 1884; dazu ein Referat von *V. Graber*, Biolog. Centralbl. Bd. 4. 1865. S. 691—697; *Rosenthal*, Arch. f. Physiol. 1880. S. 187; *Richet*, Physiologie des muscles etc. p. 195—201; *Fick*, Beiträge etc. a. a. O., S. 53; *Heidenhain*, Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung u. Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. Leipzig. 1864. S. 114.

¹⁰⁰⁾ *A. Rollett*, Unterf. über den Bau der quergestreiften Muskelfasern. Theil I. Denkschr. d. math.-naturw. Classe der k. Acad. d. Wissensch. zu Wien. Bd. 49. 1885. S. 81—132.

¹⁰¹⁾ *B. Haller*, Unterf. über marine Rhipidoglossen. I. Morphol. Jahrbuch. Bd. 9. 1883. S. 66.

¹⁰²⁾ *Nallé*, Zur Anatomie u. Physiologie der quergestreiften Muskelfubstanz. Leipzig. 1882. S. 51—76.

¹⁰³⁾ *Grätzner*, Breslauer ärztl. Zeitfchr. 1883. Nr. 18.

¹⁰⁴⁾ *C. Suchs*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1872. S. 607.

¹⁰⁵⁾ *Engelmann*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 23. 1880. S. 571—590.

¹⁰⁶⁾ *Nallé*, a. a. O., S. 66.

¹⁰⁷⁾ Literatur über die gelben Flugmuskeln der Insecten:

Nallé, a. a. O., S. 6 u. 66; *G. R. Wagener*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. S. 231; *Leydig*, Lehrbuch d. Histologie. Hamm. 1857. S. 137 u. 142; *Kölliker*, Mikrok. Anat. Leipzig. 1850. Bd. 2. S. 263; *Kühne*, Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven. Leipzig. 1862. S. 32 Ann. 1; *V. Hensen*, Arb. a. d. physiol. Inst. zu Kiel. 1868. S. 8; *A. Weismann*, Zeitfchr. f. rat. Medic. 3. Reihe. Bd. 15. S. 72; *F. Merkel*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 8. S. 244; *Rollett*, a. a. O., S. 87.

¹⁰⁸⁾ *Fél. Plateau*, Sur la force muscul. des Insectes. Bull. de l'acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 20. 1865 u. T. 22. 1866.

¹⁰⁹⁾ *Richert*, Physiologie des muscles etc. p. 143.

¹¹⁰⁾ Ueber doppeltfchräggestreifte Muskeln vgl.: *G. Schwalbe*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 5. 1869. S. 205—247; *Engelmann*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 25. 1881. S. 551—564; *B. Uljanin* (Die Arten der Gattung *Doliolum* etc. Fauna u. Flora des Golfes von Neapel. Leipzig. 1884. S. 26, Taf. 1. Fig. 8 u. 9, Tafel 7. Fig. 3 u. Taf. 8. Fig. 7), der von doppeltfchräggestreiften Muskeln nichts zu wissen scheint, beschreibt und zeichnet von *Doliolum* einfachfchräggestreifte Muskelfasern, die der glatten Muskulatur zugezählt werden. Nimmt man dazu, daß die spitzen Enden der meisten spindelförmigen Muskelzellen häufig korkzieherartig gewunden sind, so erscheint die *Engelmann'sche* Auffassung der doppeltfchräggestreiften Fibrillen keineswegs schon von vornherein als unwahrscheinlich.

¹¹¹⁾ Ueber die glatte Muskulatur vgl.: *G. Schwalbe*, a. a. O.; *Engelmann*, a. a. O. u. Arch. f. d. gef. Physiologie. Bd. 11. 1875. S. 460 ff.; *B. Haller*, Die Organisation der Chitonen der Adria. II. Theil. Arbeiten des Zoolog. Instit. der Univ. Wien. Bd. 5. S. 29—35; *G. R. Wagener*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. S. 211; *J. Rosenthal*, Allg. Physiol. d. Muskeln u. Nerven. Leipzig. 1877. S. 97; *Richert*, Physiologie des muscles etc. p. 256.

¹¹²⁾ Ueber die Bedenken, welche sich dieser Annahme *Engelmann's* entgegenstellen, vgl. *Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1879. S. 49—50, und Ueber Nervenendigung in den Muskeln. Verhandl. d. naturh.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. 3. Heft 3. 1884. S. 238—242.

¹¹³⁾ Literatur über die motorischen Nervenendigungen:

An glatten Muskeln. *J. Szpilman* u. *Luchlinger*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 26. 1881. S. 459—463; *Schmiedeberg*, Grundriß der Arzneimittellehre. Leipzig. 1883. S. 56; *W. Wolff*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 20. 1882. S. 361—372; *B. Haller*, Morphol. Jahrb. Bd. 9. S. 53.

An quergestreiften Muskeln. *Th. Eimer*, Die Medusen. Tübingen. 1878. Taf. 3. Fig. 5 u. 12; *Rollett*, Unterf. über d. Bau der quergestr. Muskelfasern. Th. I. (a. a. O.) S. 106—110; *Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1879. S. 1—148, Ueber motorische Nervenendigung. Sep.-Abdr. a. d. Verhandl. des naturh.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. 3. Heft 2. 1882, Weitere Beobachtungen über mot. Nervenendigung, Die mot. Nervenendigung und Ueber Nervenendigung in den Muskeln. *ibid.* Bd. 3. Heft 3. 1884, Die Verbindung der Nervencheiden mit dem Sarkolemm. *Zeitschr. f. Biologie.* Bd. 19. S. 501—534.

¹¹⁴⁾ Der so eigenartige Einfluß des Atropins auf die Blutegelmuskeln (*Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1. Reihe. 1. Abth. 1880. S. 90—92) kann unmöglich in einer Wirkung des Giftes auf die Ganglien, welche, mit den Muskelnerven verbunden, den Muskelfasern so eng und zahlreich anliegen (vgl. *R. Gléhidlen*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. S. 321—332), begründet sein; die Unerregbarkeit der atropinifirten Muskeln lehrt vielmehr, daß es sich in diesem Falle um eine echte Lähmung der contractilen Substanz im Erschlaffungs-zustande handelt.

¹¹⁵⁾ Vgl. *Krukenberg*, Die eigenart. Methoden der chemischen Physiologie. Heidelberg. 1885. S. 10—15.

¹¹⁶⁾ Vgl. die Beobachtungen von *B. Haller* (Beiträge z. Kenntniß der Nerven im Peritoneum von *Doris tuberculata*. Arb. a. d. Zoolog. Inst. d. Univ. Wien. Bd. 5. 1884. S. 253—270) über die den Nervenfasern eingefreuten kleinsten Ganglienzellen bei *Doris*.

¹¹⁷⁾ *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1. Reihe. 3. Abth. 1880. S. 124 bis 146.

Herr *G. J. Romanes* (Jelly-Fish, Star-Fish and Sea-Urchins. London. 1885. p. 237) stattet mir für die Bestätigung (?) seiner Versuche und der Exactheit seiner Methoden Dank ab und bemerkt dazu, daß meinerseits ein fundamentaler Irrthum vorliege, wenn ich zur Prüfung des Contractilitätsvermögens der Muskeln die elektrischen Reize den mechanischen gegenüber bevorzuge. Herr *Romanes* scheint noch immer nicht eingesehen zu haben, daß seine Curareversuche an Medusen in der Weise, wie er sie vor dem Erscheinen meiner Arbeiten veröffentlicht hatte, schon deshalb vollkommen belanglos waren, weil sie über den Zustand der Muskeln nach der Vergiftung keinen Aufschluß ertheilten; nicht auf die Nerven, sondern vor allem auf peripher gelegene Gang-

lien galt es bei den Versuchen Rücksicht zu nehmen, und von letzteren ausgehende Reflexwirkungen heben sich nur dann als solche ab, wenn einfach mechanische Reize wirkungslos bleiben, Inductionsströme dagegen den Muskel noch zur Contraction veranlassen. Indem ich zum Nachweise der durch Curare vergifteten Organtheile *Bernard's* berühmte Methode — welche Herr *Romanes* zwar nicht ansteht für seine eigene auszugeben — in der, den *Eimer's*chen Erfahrungen entsprechenden, allein denkbaren und deshalb auch von Herrn *Romanes* befolgten Modification auf die Medusen anwandte, stellte ich zweifellos zuerst fest, daß bei diesen Thieren die motorischen Nervenendapparate durch das Curare in der gleichen Weise wie bei den Wirbelthieren gelähmt werden; denn so lange die Toxicologie an dem Axiome festhalten wird, daß die Nervenstränge als solche unvergiftbar sind, kann auch bei den Medusen der Angriffspunkt für das Curare nur noch in den motorischen Nervenendigungen gesucht werden. Die an den Medusen von mir klargelegten Verhältnisse lassen es ganz irrelevant erscheinen, ob die Nerven oder die Muskeln von den elektrischen Reizen in erster Instanz betroffen werden; aber Herr *Romanes* begreift es einmal nicht, weshalb hier elektrische Reize (entgegen den mechanischen) allein am Platze sind; ihm schweben nur Nerven vor und Reflexe, ausgehend von peripheren motorischen Ganglien, liegen seinen Vorstellungen so unendlich fern wie einstmals den Heroen des Mittelalters. Würde Herr *Romanes* über die «gut bekannten Principien der Nerven- und Muskelphysiologie», mit denen er so gern coquettirt, etwas besser orientirt sein, so würde er in meinem Schema der Innervationsverhältnisse bei den Medusen auch sicherlich etwas anderes als reine Willkürlichkeiten erblicken. Der mir zugeschriebene fundamentale Irrthum liegt allein auf Herrn *Romanes'* Seite.

Beiläufig sei bemerkt, daß die von *Luchfinger* (*Arch. f. d. gef. Physiol.* Bd. 28. 1882. S. 47) gewünschte Modification des Curareversuches an Medusen, die darin besteht, die entrandete Schirmhälfte uncurarirt zu lassen, die Hälfte mit intactem Schirmrande dagegen durch Curare zu vergiften, von mir an verschiedenen Species mit dem nämlichen entscheidenden Resultate ausgeführt ist, welches bei Vergiftung der entrandeten Hälfte zu erzielen war. Zuletzt führte ich derartige Versuche 1882 an *Aurelia aurita* aus und es zeigte sich dabei, daß bei öfters wiederholtem Wechsel frischen curarisirten Meerwassers die unvergiftet gelassene Hälfte noch Stundenlang fortzuschlagen kann, wenn an der vergifteten, mit erhaltenen Randkörpern jede selbständige Contraction erloschen ist. Demjenigen zwar, welcher die Innervationsverhältnisse bei den Medusen kennt, wird das Versuchsergebnis, welches meines Dafürhaltens zur Klarlegung der Vergiftungsercheinungen ausreichend war und auf dessen Mittheilung ich mich deshalb beschränken zu dürfen glaubte, beweiskräftiger erscheinen als das von *Luchfinger* verlangte. Daß die sensiblen Nervenendigungen

durch Curare nicht gelähmt werden, hatte bereits *Romanes* festgestellt, aber auch darin befindet sich *Romanes* im Irrthum, daß er glaubt, ich habe diesem Verfuche die Beweiskraft bestritten und ihm die Anwartschaft auf denselben streitig gemacht.

Die später ohne jede Literatur- und Sachkenntniß von *R. Dubois* (Compt. rend. de la soc. de biolog. 1883. p. 304—307) an Actinien und von *E. Staßana* (Mém. de la soc. de biolog. Paris. 1883. p. 59—66) an Medusen etc. ausgeführten Curarevergiftungen haben unfer Willen nach keiner Richtung hin bereichert.

¹¹⁸⁾ Die Darstellung der Innervationsverhältnisse bei den quergestreiften Wirbelthiermuskeln basiert ausschließlich auf den Untersuchungen von *Kühne* (f. unter Anm. 113); wo es zweckdienlich erschien, sind dessen Arbeiten die Sätze fast wörtlich entnommen.

¹¹⁹⁾ Ueber die Entladungshypothesen vgl. *W. Krause*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 13. S. 170—179; *Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1879. S. 1—148; *E. du Bois-Reymond*, Dr. *Carl Sachs'* Untersuchungen am Zitteraal. Leipzig. 1881. S. 222, 249 u. 417.

¹²⁰⁾ Ueber das formveränderliche Protoplasma vgl. die zusammenfassenden Arbeiten von *Engelmann*, Protoplasma und Flimmerbewegung. *Hermann's* Handb. der Physiologie Bd. 1. 1. Theil. 1879. S. 343—408 und *J. Sachs*, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig. 1882. Vorlesung 31, 34—40.

¹²¹⁾ *J. Sachs*, a. a. O., S. 101 u. 521.

¹²²⁾ *J. E. Schloßberger*, Chemie der Gewebe. Leipzig u. Heidelberg. 1856. Bd. 2. S. 265.



VI.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

NERVÖSEN APPARATE.



CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der nervösen Apparate.

Eine vergleichende Nervenphysiologie ist nur dann möglich, wenn die drei Elemente des Nervensystemes (die Nervenzellen, die Nervenfasern und die Nervenendapparate) zusammenbetrachtet werden¹⁾. Die anatomischen Verschiedenheiten, welche die Nervenfasern (markhaltige, *Remak'sche* und allein aus dem nackten Axencylinder bestehende Fasern) oder, richtiger gesagt, die Axencylinder hinsichtlich ihrer Umkleidung aufweisen, sind zwar denen der Muskelfibrillen an die Seite gestellt worden²⁾, gestatten aber nicht im Entferntesten jenen tiefen Einblick in die Functionsabweichungen, welchen uns der histiologische Bau der Muskelfasern gewährt hat. Sehen wir ab von den Complicationen der Nervenummcheidung und den Abweichungen, welche durch einen wechselnden Markgehalt bedingt werden, so walten zwischen den einzelnen Nervenfasergattungen (centrifugalleitende [motorische, secretorische, hemmende, trophische, electriche etc.], centripetalleitende [Empfindungs- und Reflexnerven] und intercentrale Nerven), zwischen den einzelnen Ganglienzellen (reflectorische, automatische [continuirlich oder rhythmisch thätig] und Willenscentren) nur greifbarere physiologische Unterschiede ob, welche bezüglich der Nervenfasern auch nur in der verschiedenartigen Einrichtung der Endapparate begründet sein können; weder das Mikroskop noch die chemische Prüfung ließen wesentlichere Unterscheidungsmerkmale erkennen, und auch bezüglich ihres Verhaltens gegen Reize, ihres Leitungsvermögens³⁾,

ihrer electromotorischen Eigenschaften gleichen die sensiblen Nerven den motorischen in allen wesentlichen Punkten. Kurz gefasst, eine der vergleichenden Physiologie der contractilen Gewebe nachgebildete vergleichende Physiologie des Nervengewebes ist, wenigstens gegenwärtig, eine wissenschaftliche Unmöglichkeit; nur die Darstellung einer vergleichenden Physiologie der Innervationsverhältnisse läßt sich versuchen!

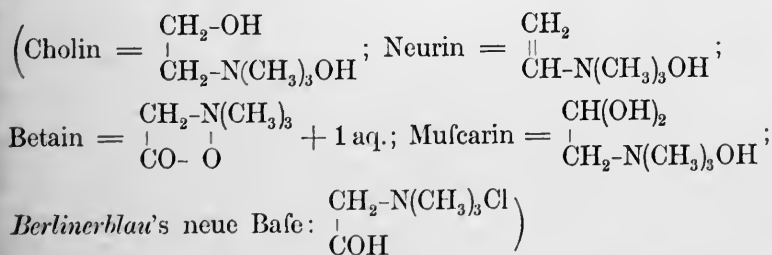
Chemisches
Verhalten
und
chemische
Vorgänge.

Noch eine andere Ueberlegung entrückt das Nervengewebe als solches einer vergleichend physiologischen Betrachtung. Die Fortschritte, welche die Verdauungslehre, unsere Kenntniß von den thierischen Gerüstsubstanzen, den thierischen Färbungen, den Respirationsvorgängen etc. in den letzten Decennien zu verzeichnen hatten, liegen ziemlich ausschließlich, die Errungenschaften der Lehre von den contractilen Geweben vornehmlich auf chemisch-physiologischem Gebiete. Nicht so ist es bei dem Nervengewebe! Was chemisch über dieses, und zwar ausschließlich an Wirbelthieren (meist am Säugergehirn) ermittelt wurde, läßt sich in wenigen Sätzen zusammenfassen und besitzt nur ein geringes speciell physiologisches, geschweige ein größeres vergleichend physiologisches Interesse, wenschon es auch diesem sicherlich zugänglich zu machen sein würde⁴⁾.

Nicht einmal die elementarsten Fragen sind in der Nervenchemie zum Austrag gelangt; bezüglich der Reaction der Nervenzellen bei den Wirbelthieren begegnen wir noch den widersprechendsten Angaben, weniger zwar für die markreiche weiße Substanz, welche auch nach dem Absterben ihre neutrale oder schwach alkalische Reaction bewahrt, als vielmehr für die graue Nervenparzellenmasse. *Lassaigne* hatte angegeben, daß die graue Substanz des Gehirns alkalisch reagire, nach dem Tode aber rasch säuere, während *Gscheidten* und *Edinger* sie immer sauer fanden; *Langendorff* neigte sich wieder der *Lassaigne*'schen Ansicht zu und sah die Alkalescenz an der Großhirnrinde bei Neugeborenen weit besser

sich erhalten als an der wasserärmern von Erwachsenen. Alle diese widersprechenden Angaben scheinen jetzt durch Tinctiousversuche, welche *Ehrlich* an verschiedenen Nervenfasern mit Methylenblau ausführte, ihre Erklärung gefunden zu haben. *Ehrlich's* Versuche ergaben, daß sowohl saure und alkalische wie neutral reagirende Nervenfasern vorkommen, und dementsprechend auch im Gehirn je nach dem Orte und der Function eine vieltönige Abstufung der Alkalescenzgrade stattfindet, die im Verein mit den Veränderungen der Sauerstoffättigung darüber entscheidet, ob und welche Körper in bestimmten Territorien des Nervensystems aufgenommen werden können. Daß das Cerebrin (nach *Geoghegan* und *Hoppe-Seyler* $C_{57}H_{109}NO_{12}$) der weißen, die Gährungsmilchäure und mehrere organische Extractivstoffe (Kreatin, Inosit, Xanthin, Hypoxanthin) dagegen der grauen Nervenzellenmasse allein oder fast ausschließlich zukommen, daß der Wassergehalt der weißen Substanz geringer und dafür ihr Cholesteeringehalt weit bedeutender als der der grauen Hirnsubstanz ist, dürfte nach *Hoppe-Seyler* jetzt ebenfalls sicher entschieden sein ⁵⁾.

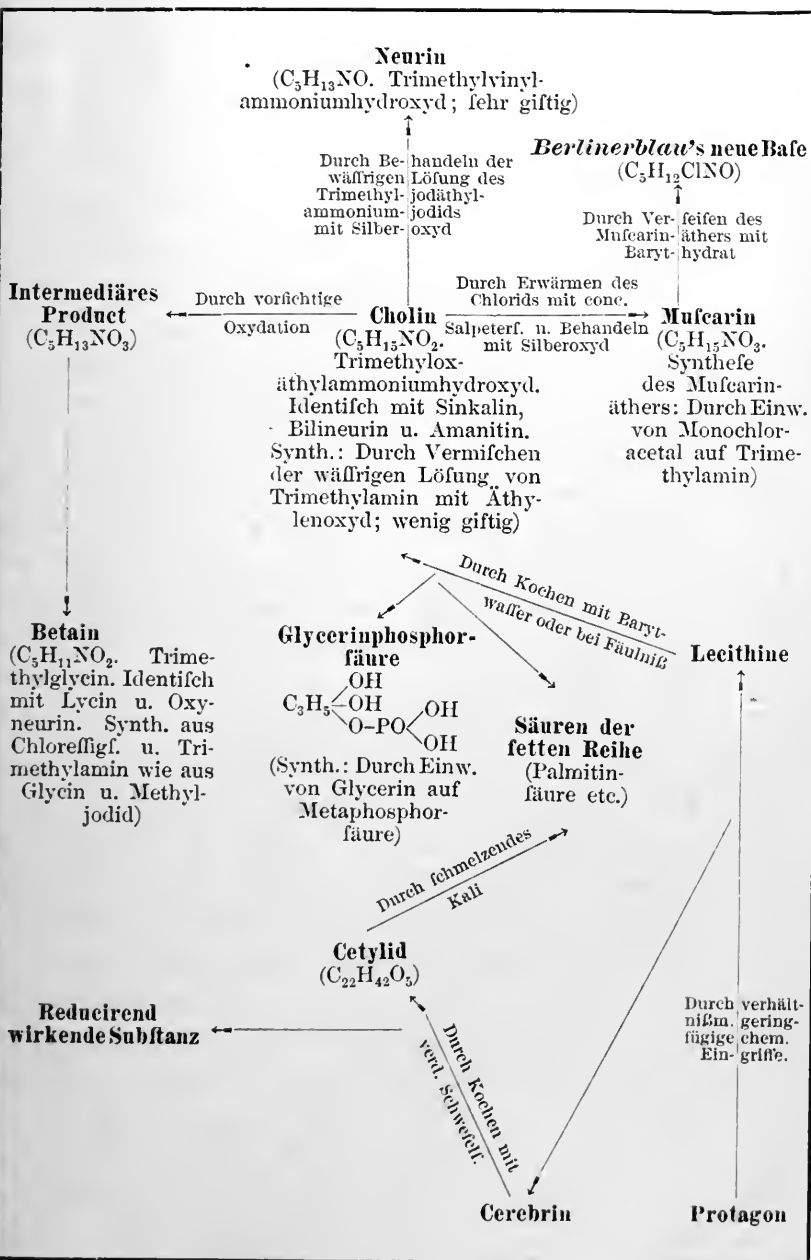
Von allen Bestandtheilen der Nervenzellen kommt nur dem Cholin, dem Protagon (nach *Gamgee* und *Blankenhorn* $C_{160}H_{308}N_5PO_{35}$) und den Lecithinen wegen ihrer gut bekannten Derivate



eine größere chemisch-physiologische Bedeutung zu, wenn schon auch letztere Stoffe, gleich den im Gehirn ebenfalls aufgefundenen Nucleinen, einen außerordentlich weiten Verbreitungskreis besitzen und so z. B. in dem Eidotter, welcher mit dem Gehirn eine auffallende

Uebereinstimmung in der qualitativen, nicht jedoch in der quantitativen Zusammenfetzung darbietet, reichlich vertreten sind. Das Protagon wie die Lecithine beanspruchen deshalb unfer Interesse, weil jüngst sowohl über ihre Beziehung zu dem giftigen, den Ptomainen zugezählten Neurin, wie auch zu dem einzigen bislang synthetisch dargestellten Alkaloide, dem Mufcarin⁶⁾, Licht verbreitet wurde. Ich habe mir nicht verfagen wollen, die zwischen diesen Körpern bestehenden Verwandtschaftsverhältnisse schematisch⁷⁾ zum Ausdruck zu bringen, was auf Seite 401 geschehen ist. Vielleicht werden sich demnächst für einen andern Hirnbestandtheil, das Cholestearin ($C_{26}H_{44}O + aq.$), nicht weniger wichtige Aufschlüsse ergeben. Wir kennen schon jetzt die genetischen Beziehungen der Cholestearine zu den Lipochromen (vgl. S. 86 und 88) und wissen, daß das Cholestearin mit Salzfäure und Eifenchlorid eine ähnliche Reaction als der Kampher und das Terpentinsel giebt, gleich den Gallenfäuren als Zerfetzungsprodukt Cholestearinfäure ($C_8H_{10}O_5$) liefert und sich ähnlich den Cholalfäuren mit conc. Schwefelfäure färbt; den bisherigen Erfahrungen über das Cholestearin läßt sich aber nur entnehmen, daß dasselbe ein einatomiger Alkohol ist.

Die chemischen Bestandtheile der Nervenfränge weichen von denen der Nervenzellen im Wesentlichen nicht ab, und die chemischen Wechsel, denen sie gleich diesen bei Ausübung ihrer Function unterworfen sein müssen, sind ebenfalls noch völlig dunkel oder controvers. Man nimmt an, daß der Nerv bei anhaltender Thätigkeit seine gewöhnlich alkalische oder neutrale Reaction mit einer sauren vertauscht (*Funke*), daß sich bei seiner Erregung, bedingt durch die ablaufenden chemischen Proceffe, Wärme entwickelt (*Schiff*) und sich dabei vielleicht auch das electriche Leitungsvermögen des Nerven ändert. Gleich der Hirnmasse gewähren den Nervenfrängen ein zartes Neurokeratingerüst und eine collagene Materie die nöthige Festigkeit wie Elasticität, und die Prädislection, sei es für einfach von außen aufgenommene oder für selbst gebildete



Pigmente, auf welche bei mehreren Hirntheilen (locus niger Soemmeringii, substantia ferruginea ventriculi quarti, substantia nigra pedunculi etc.) schon der Name hinweist, finden wir auch bei Nervenfasern wieder⁸⁾.

Die geringe Gewichtsabnahme des Gehirns und Rückenmarks wie die der Nervenstränge im Hungerzustande, die beschränkte Zahl der sie speisenden Blutgefäße und die außerordentliche Weite der Capillarnetze deuten schließlich auch einen trägen Stoffumsatz in allen nervösen Elementen an; dieser dürfte bei den Nervenfasern im Allgemeinen am geringsten sein und deren verhältnißmäßig große Resistenz gegen Gifte wie gegen Wärme erklärlich machen. Viele Forscher huldigen sogar der Ansicht, daß die zugehörige Ganglienzelle das nutritive Organ des Nerven sei und dieser nur von jener aus ernährt werden könne, daß z. B. die Ernährung der sensiblen Rückenmarksnerven durch die Nervenzellen in den Ganglia intervertebralia, die der motorischen Nerven von im Rückenmark selbst gelegenen Zellen besorgt werde. Beweiskräftiger scheinen uns indeß die Thatfachen zu sein, welche für eine lymphatische Ernährung der Nerven von ihren Flanken, den *Ranvier'schen* Schnürringen aus sprechen, und welche, speciell die motorischen Nerven betreffend, für eine Restitution der Lebenseigenschaften von den intramuskulären Nervenendapparaten aus in's Feld geführt sind⁹⁾. Zwischen Nervenzelle und Nervenstrang constatiren wir ebenso wie zwischen Nervenfafer und Sinneszelle nur ein functionelles Abhängigkeitsverhältniß, welches zwischen Nerv und Muskel allein besteht und durch die trophische Wirkungsweise gewisser Nerven hier nur scheinbar verwischt wird; denn auch im letztern Falle handelt es sich unseres Erachtens nicht um eine Zufuhr von Ernährungsmaterial seitens der centrifugaleitenden Nerven, sondern lediglich um Impulse, welche in den Endorganen selbst, ähnlich wie in den Secretionszellen, zu neuen Stoffmetamorphosen Anlaß geben.

Die von der Ganglienzelle aus dem Nerven zufließende Erregung kann nicht mit einer electricischen Spannungszu- oder -abnahme identificirt werden: dafür schreitet die Erregungswelle im Nerven viel zu langsam fort, die Zuckungshöhe am Muskel steht mit der Intensität der zur Nervenreizung verwendeten Inductionsströme in keinem proportionalen Verhältnisse (*Fick* und *Tiegel*) und bei directer electricischer Reizung des Muskels kommt es zu Contracturen, die man vom Nerven aus nie erhält. Trotzdem ist der Leitungsvorgang im Nerven mit einer electricischen Spannungsänderung verknüpft und diese «negative Schwankung des Nervenstroms» zeigen die sensibelen wie die motorischen Nerven aller Thiere, mögen sie chemisch, mechanisch, thermisch oder physiologisch gereizt werden. Für die Evertibratennerven beleuchten diese Verhältnisse die Versuche am Hummer von *Fredericq* und *Vandeveldde*¹⁰⁾.

Mit den Schwankungen, welche der Nervenstrom während der Erregung erfährt, müssen nothwendig moleculare Veränderungen in der Nervenfasern einhergehen, mit deren Auftreten sich die langsame Ermüdung der Nerven im besten Einklange befindet, und durch welche, wie wir sahen (vgl. S. 371 ff.), auch die physiologische Erregung der Nervenfasern zu erklären versucht ist. Eine Anzahl von Forschern betrachtet zwar, wie seiner Zeit *Claude Bernard*¹¹⁾, die electricischen Vorgänge als bei der Nervenerregung nebenher verlaufend und glaubt, daß es sich dabei um eine einfache Coincidenz handele, wie etwa an der secernirenden Submaxillaris bei der Erweiterung der Blutgefäße und der Reizung des Chordanerven; aber die von *Cl. Bernard* für seine Auffassung geltend gemachten Vergiftungsversuche sind völlig irrelevant, denn weder das Antiarin noch das Digitalin können als eigentliche Nervenfasergifte angesprochen werden.

An dem oben ausgesprochenen Satze von der physiologischen Identität¹²⁾ der motorischen und sensibelen Nerven vermögen die

Doppel-
sinnige
Nerven-
leitung.

Beobachtungen, daß die sensible Nerven thermisch leichter erregbar sind (*Grützner*), bei Contracturen, Spasmen, Choreaanfällen und bei Hyperkinesie leichter alterirt werden als die motorischen (*Richet*), nichts zu verändern¹³); denn die Ursachen dieses verschiedenen Verhaltens liegen nicht in den Fasern, sondern in deren verschiedenartigen Endorganen begründet. Die experimentelle Entscheidung der Frage nach dem doppelt sinnigen Leitungsvermögen der Nervenfasern ist von *du Bois-Reymond* durch die Fortpflanzung der negativen Schwankung des Nervenstroms an beiden Endquerschnitten des Nerven in reinster und unwiderleglicher Form geliefert; directe Beweise für eine perverse Leitung der Nervenfasern sind indeß nur wenige beigebracht und auch diese erfreuen sich keineswegs einer allgemeinen Anerkennung.

Die Versuche von *Philippeaux* und *Vulpian*, welche zu beweisen schienen, daß nach Durchschneidung des Nervus hypoglossus der gewöhnlich rein sensible Nervus lingualis motorisch werde, sind später von *Vulpian* in anderer Weise gedeutet und *Heidenhain* hat das große Verdienst, endgültig festgestellt zu haben, daß es sich bei diesem Versuche nicht um ein motorisch Werden des Lingualis handelt, sondern daß die nach der Hypoglossusdurchschneidung beobachteten Bewegungen der Zunge auf einem indirecten Wege durch die Chorda ausgelöst werden. Seitdem der bekannte Rattenchwanzversuch *Paul Bert's* durch ein Hineinwachsen sensibler Fasern ebenfalls seine Beweiskraft für die vorliegende Frage eingebüßt hat, würde ausschließlich noch dem sog. Zweizipfelversuche am Froschfartorius von *Kühne* und der Beobachtung von *Babuchin*, daß im electricchen Organe des Zitterwelses nach Zerstörung des von einem electricchen Nerven versorgten Bezirkes auf Reize des Nerven normal von diesem nicht versorgte electricche Loben auf centrale Wege erregt werden, ein Gewicht beizulegen sein.

Durch eine ganglionäre Verknüpfung sensibler und rein motorischer Nervenbahnen glaubte man bis vor Kurzem sämmtliche

nervösen Vorgänge im weiten Bereiche der Wirbellofen erklären zu können. Man war in Folge dessen gezwungen, Annahmen zu machen, welche die verschwommenen Ideen mancher moderner Hirnphysiologen von der Regeneration exstirpirter Ganglienhaufen, von dem Zusammenwachsen durchtrennter Centralorgane und von der Uebernahme centralnervöser Functionen durch Bindegewebszellen noch um ein Erkleckliches übertrafen; wir werden aber im Laufe unserer Betrachtungen noch wiederholt Erscheinungen begegnen, welche ohne die Mitwirkung sog. hemmender Nervenfasern gar nicht zu verstehen sind, wir werden Einrichtungen kennen lernen, welche unter den unmittelbaren Einfluß solcher Nerven gestellt sind, und deren Kenntniß die Annahme von Hemmungscentren und Hemmungsfasern hier nicht (wie etwa das Hemmungscentrum *Setchenow's* im Wirbelthiergehirn) als einen überflüssigen Ballast, sondern, da auf den Ablauf der nervösen Vorgänge einfach erschwerend wirkende Verknüpfungen der Reflexapparate mit anderen Ganglienzellen keine Erklärung bieten, als absolute Nothwendigkeit erscheinen lassen.

Der Nachweis von Ganglien in solchen Organen, welche offenbar dem Einflusse hemmender Fasern unterworfen sind (wie z. B. das Herz, der Darm und die Speicheldrüsen), hat die Vorstellung im Gefolge gehabt, daß die hemmenden Nerven¹⁴⁾ auf periphere Ganglien einwirken und im Reizzustande den von letzteren ausgehenden Erregungsreiz für motorische Nerven unterdrücken. Nach dieser Theorie müßte «das Ergebniß einer gleichzeitigen Erregung beider Nervenklassen die algebraische Summe ihrer Einzelwirkungen sein, sofern jede Classe die Wirkung der andern unmittelbar beeinträchtigt»; diese Auffassung hat sich jedoch nicht bewahrheitet!

So beobachtete *M. v. Frey* an der Submaxillardrüse des Hundes, daß der Verengungs-(Sympathicus) und der Erweiterungsnerv (Chorda) der Gefäße keineswegs in dem Sinne unmittelbar gegen einander wirken, daß der eine die durch den andern gesetzte Ver-

änderung verringert oder rückgängig macht, sondern daß vielmehr der Sympathicus die durch die Chorda hervorgerufenen Veränderungen der Gefäßmuskulatur fortbestehen läßt und nur die Aeüßerungen derselben unterdrückt. Einen weitem werthvollen Beitrag zur Lösung der Frage lieferte unter *Heidenhain's* Leitung *J. Pawlow*.

Dieser Forscher untersuchte bei *Anodonta* die Abhängigkeit der Schließmuskeln von den einzelnen Hauptganglien und fand, wie später noch ausführlicher zu referiren sein wird, daß die Muskeln unter doppeltem Nerveneinflusse stehen, daß zu ihnen zwei Classen von Nervenfasern treten, die einen motorische, die anderen hemmende, welche den verkürzten Zustand der Muskeln aufheben und Erschlaffung derselben herbeiführen. Da nun im Innern dieser Muskeln Ganglienzellen nicht vorhanden sind, müssen sowohl die motorischen als die erschlaffenden Fasern hier direct auf die Muskelfasern einwirken. Diese Thatfachen drängen aber ferner zu der Annahme, daß der sog. Erschlaffungszustand der Muskeln nicht bloß Aufhebung derjenigen inneren Veränderungen in der Muskelfaser ist, welche die Verkürzung bedingen, und daß der innere Vorgang der Verkürzung nicht ohne Weiteres diejenigen Veränderungen im Innern der Muskelfasern aufhebt, welche die Erschlaffung herstellen, sondern daß es «wohl besondere Theile im Innern der Muskelfasern sind, auf welchen die Verkürzung, und besondere, auf welchen die Erschlaffung beruht». — Es empfiehlt sich nicht, auf die Hemmungsvorrichtungen schon jetzt näher einzugehen, und wir wenden uns deshalb den trophischen Nerven zu, über welche hier gleich alles berichtet werden soll, was sich einer speciellen physiologischen und pathologischen Behandlung zu entziehen pflegt, aber von hervorragendem Werthe für die vergleichende Physiologie ist ¹⁵⁾.

Trophische
Nerven.

Die trophischen Nerven bilden ein viel umstrittenes Capitel der Nervenphysiologie, doch, wie mir scheint, betreffen die über

die Berechtigung ihrer Aufstellung sehr auseinandergehenden Meinungsverchiedenheiten wenigstens in mancher Beziehung mehr den Wortbegriff als die Thatfachen selbst. Indem man sich gewöhnte, bei Classification der centrifugalleitenden Nerven die physikalische Seite des Effectes der Nervenerregung an den Endorganen mehr als die chemische in's Auge zu fassen, gelangte man zur Aufstellung der motorischen, der vasomotorischen, der coloratorischen, der electricischen, der Licht erzeugenden Nerven u. f. w.; nur wo die Producte der chemischen Proceffe wie bei den Secretergüssen so offen zu Tage treten, wurden auch die chemischen Vorgänge berücksichtigt. Im Uebrigen war man sich bei den Unterscheidungen wenig bewußt, daß die Erregung jedes Organes durch Nerveneinfluß mit chemischen Veränderungen unabänderlich verbunden ist. Nichts erseheint aber plausibler als die Annahme, daß nicht in allen Endorganen centrifugalleitender Nerven die durch Nervenreiz ausgelösten chemischen Vorgänge von einer Contraction, einer beträchtlicheren Electricitäts- oder Lichtentwicklung begleitet zu sein oder sich gerade als Secretionen zu äußern brauchen. Der durch den Nervenreiz veränderte Stoffwechsel kann in dem Endorgane jedenfalls auch als solcher rein bestehen, und bei der Erregung eines Organes durch Nerveneinfluß sind die chemischen Veränderungen allemal das Primäre, die physikalischen allemal das Secundäre und sicherlich kein unbedingt nothwendiges Attribut der ersteren. Proceffe dieser Art, welche sich unter Nerveneinfluß abspielen, bei denen es aber weder zu ausgiebigeren Secretionen noch zu Muskelcontractionen u. dgl. m., sondern lediglich zu Veränderungen des gewöhnlichen Ernährungszustandes kommt, giebt es im lebenden Organismus voraussichtlich viele und die sie auslösenden Nervenfasern werden zweifelsohne die Bezeichnung «trophische» verdienen. Ich werde mich darauf beschränken, Ihnen zwei einschlägige, aber wie ich glaube, eclatante Beispiele vorzuführen.

Bei meinen vergleichend physiologischen Untersuchungen über den Stoffumsatz lenkten vor allen die nach dem Verfliegen der Lebensvorgänge erfolgende colossale Wasserabgabe (wie z. B. bei den Medusen) resp. Wasseraufnahme (so z. B. bei dem Froscheileiter) der Gewebe und der unter Umständen sehr rapide eintretende hyaline Zerfall der die Zellen constituirenden Eiweißstoffe meine Aufmerksamkeit auf sich. Beide Erscheinungsreihen lehren, daß die Stoffwechselvorgänge in lebenden Organen oft wesentlich anders verlaufen als in abgestorbenen, daß in ersteren Reize, trophische Erregungen bestehen, welche die chemischen Prozesse in ganz bestimmte Bahnen lenken, und daß beim Erlöschen derselben eine Lockerung des organischen Zellenverbandes resultirt, welche mit dem Ablauf der Lebensvorgänge unvereinbar bleibt.

Die hyaline Metamorphose der Gewebe ist als krankhaftes Phänomen beim Menschen lange bekannt und wird, wie früher, unter der sehr unzeitgemäßen Bezeichnung der «schleimigen resp. colloiden Entartung» in der Pathologie fortgeführt. Ein vortheilhaftes Object, diese Vorgänge zu studiren, machte erst *Semper* auffindig. Dieser Forscher wies darauf hin, daß sich die Haut einiger Stichopusarten auf sensible Reize in kurzer Zeit verflüssigt, unter ungünstigen Lebensbedingungen *Stichopus naso* sich durch heftige Bewegungen sogar selbst aus seiner ausnehmend dicken Haut herauschält, und daß von dem ausgechnittenen Hautstücke eines *Colochirus quadrangularis* nach kurzer Zeit nichts als parallele Fibrillenzüge, die ganz unverfehrten Muskeln der Füßchen und sehr schöne, zusammenhängende Nervenetze übrig geblieben sind. Es erinnern diese Erweichungen in hohem Grade an jene, bald in Vereiterung übergehende phlegmonöse Entzündung, welche *R. Koppe* nach subcutaner Injection selbst noch von 0.1 mgr. *Digitoxin* bei Hunden (von der Applicationsstelle aus) regelmäßig eintreten sah. Ich habe den Auflösungsproceß an der Holothurienhaut zuerst experimentell weiter verfolgt und die Ueberzeugung

gewonnen, daß derselbe mit der tryptocollagenen Materie, welche sich in der Haut der meisten Holothurienformen vorfindet, nicht in Beziehung zu setzen ist, sondern vielmehr in einer Hyalinification eiweißartiger Substanzen begründet liegt, und daß diese abnorme Zeretzungsweise in der nämlichen Art durch nervöse Erregungen ausgelöst wird als die Saccharificationsproceße nach Verletzung des Bodens des vierten Hirnventrikels beim Kaninchen.

Nicht nur experimentell lassen sich derartige fog. schleimige Entartungen hervorrufen, nicht nur unter pathologischen Verhältnissen treten dieselben klarer in die Erscheinung, sondern bei den Reptilien kehren sie ganz regelmäßig wieder. Sie kennen bereits (vgl. S. 216 ff. u. S. 258) die Gründe, welche es diesen Thieren ermöglichen, sich ihrer keratinösen Hülle jährlich ein oder mehrere Male zu entledigen. Sie wissen, daß es sich auch in diesem Falle um Vorgänge handelt, welche in einem hyalinen Zerfalle eiweißartiger Hyalogene bestehen, und Sie werden gewiß mit mir die Ansicht theilen, daß dieselben ebenso wie die intermittirenden Secretionen (z. B. der Milchdrüsen bei den Säugern, der Kropfdrüsen bei den Columbiden) und viele periodische, durch einen Ernährungswechsel und ein verändertes Wachstum der Zellen bedingte locale Umgestaltungen des äußern Habitus (z. B. der Schuppenwarzen am Hochzeitskleide der Fische, der Rückenkämme und der Zehenfransen der männlichen Tritonen zur Begattungszeit) auf nervösen Wege zu Stande kommen. Ganz besonders für die bilateral symmetrischen Functionen¹⁶⁾, als welche sich die Umbildungen letzterer Art zu äußern pflegen, erheben die Untersuchungen von *Bury*, *Charcot*, *Westphal* u. A. die Annahme einer Mitbetheiligung centrifugalleitender Nervenbahnen über jeden Zweifel und sprechen so indirect nicht weniger schlagend gegen die von *Sigmund Mayer* weitläufig ausgeführte Anschauung, dergemäß Centralapparat, peripherer Nerv und innervirtes Organ lediglich eine einzige Erregungseinheit bilden und in ihrem Ernährungszustande sich schon

ohne Weiteres gegenseitig beeinflussen sollen¹⁷⁾. *Mayer's* Vorstellung vermag weder den periodischen, gewöhnlich dem Gesetze der bilateral symmetrischen Functionen unterworfenen Ernährungswechsel an den Epidermoidalgebilden vieler Vögel und Amphibien verständlich zu machen, noch uns irgendeinen plausibeln Grund für den postmortalen Wasserwechsel und den hyalinen Zerfall der Gewebe zu geben und stößt auch bei den pathologischen Veränderungen an den Muskeln (z. B. der *Dystrophia muscularis*), bei den durch psychische Affecte plötzlich hervorgerufenen Ernährungsstörungen anderer Gewebe (z. B. den Haaren) auf widersprechende Erfahrungen. — Von hervorragender Bedeutung für das Verständniß des hyalinen Zerfalls der Eiweißstoffe in der Reptilienhaut scheinen mir neuere Untersuchungen von *Kühne* zu sein, bei denen es gelang, das Keratinmolecül durch Abspaltung eines, vielleicht der Chondroitinsäure verwandten Hyalins soweit zu vereinfachen, daß dasselbe weder die *Millon'sche* Reaction noch beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure als Zeretzungsproduct Tyrosin gab.

Functionseigenthümlichkeiten der Ganglien.

Obgleich einerseits die Versuche, bestimmte Functionen der Ganglienzelle darzulegen, einer strengen Kritik kaum Stand halten dürften und andererseits bei Wirbelthieren Ganglien existiren, für welche (wie z. B. für das Gangl. mesentericum inferius und für die in der Nähe der Nieren gelegenen Ganglien, welche der Nervus splanchnicus durchsetzt) jede Prüfung auf etwaige Functionen fruchtlos blieb¹⁸⁾, so erwächst doch aus der vielseitigen Erfahrung, daß in allen Nerventheilen —, an denen wir Wirkungen wahrnehmen, die wir nach den uns bekannten Eigenschaften der Nervenröhren an sich nicht zu verstehen vermögen, — viele Ganglienzellen gefunden werden, eine gewisse Berechtigung zu dem Schlusse, daß die verschiedenartige Wirkungsweise ganglienhaltiger Nerventheile die Thätigkeit von Ganglienzellen darstellt und die Lehre jener sich mit der von den Ganglienzellen durchaus deckt. Die den Ganglienzellen zugetheilten Functionen haben somit noch nicht

allen Charakter des Hypothetischen verloren, und es wird nützlich sein, sich dessen immer bewußt zu bleiben. Man würde sich aber doch zu sehr von der gegenwärtigen Zeitrichtung entfernen, wollte man die Ganglienzelle als nervöses Centralorgan fallen und an ihre Stelle ein unbekanntes Etwas treten lassen; aus diesem Grunde sehen wir denn selbst die vorsichtigsten Forscher trotz allem Skepticismus die über die Ganglien gang und gäbe gewordenen Anschauungen in vollem Umfange acceptiren.

Wir deuteten bereits in der Einleitung zu diesem Vortrage an, daß die von den Ganglien ausgehenden Impulse dreifacher Art sind, daß es sich um reflectorische, um automatische, welche entweder continuirlich oder rhythmisch verlaufen, und schließlich auch um Willensimpulse (um spontane oder psychische Erregungen) handeln kann. Die Willensimpulse, die seelischen Thätigkeiten gehen bei den Wirbelthieren ausschließlich von dem Gehirn aus, während bei diesen die meisten reflectorisch und tonisch automatisch wirkenden Centren im Rückenmark ihren Sitz haben. Automatisch wie reflectorisch thätige Ganglien sind jedoch selbst bei den höheren Thieren nicht auf das Cerebrospinalsystem im Vorkommen beschränkt, sondern peripher gelegene Ganglienhaufen wirken in genau entsprechender Weise.

Sehen wir ab von den gewöhnlich sehr unregelmäßigen (z. B. an Spinnenbeinen) oder nur kurz andauernden (z. B. am Eidechsenfchwanz) Zuckungen, welche von ihrem natürlichen Organverbände abgetrennte ganze Körperstücke zeigen, so wüßte ich als ein schlagendes Beispiel für die rhythmische Automatie peripher gelegener Ganglien außer den, in dieser Art innervirten Herzen der Wirbelthiere und Wirbelloser allein noch den flossenartig umgestalteten Theil des Fußes von *Carinaria mediterranea*¹⁹⁾ namhaft zu machen. Ich habe nachgewiesen, daß dieses Organ von dem, am Anfange der Flossenbasis gelegenen Ganglion pedale aus jene Impulse empfängt, welche es in den Stand setzen, in einer Minute

30—36 Ruderbewegungen auszuführen, und daß diese Bewegungen von denen des Herzens ganz unabhängig sind, obschon sie nach *Costa's* Angabe mit diesen vollkommen isochron verlaufen sollen. Weit weniger gesichert scheint mir die von *Brown-Sécard* und *Vulpian* mitgetheilte Beobachtung, daß das mit dem Hirnrückenmarke außer Verbindung gesetzte Zwerchfell eines Säugethieres fortfährt, rhythmische Contractionen auszuführen.

Auf Grund des *Brondgeell'schen* Versuches (einseitige Durchschneidung des Plexus ischiadicus am decapitirten, aufgehängten Frosche) wird allgemein angenommen, daß der Tonus der Skelettmuskeln wie auch wohl der Tonus der Sphincteren durch äußere Reize vom Rückenmark aus unterhalten wird. Unseren Erfahrungen über die durch den Oculomotorius dem Sphincter pupillae vermittelten tonischen Erregungen genügt aber die Annahme eines centralen Tonus nicht, sondern dieselben verlangen außerdem die Anwesenheit eines peripher gelegenen, tonisch wirkenden Centrums (vgl. S. 367), und Vorrichtungen dieser Art müssen auch, wie uns die Erfolge einer combinirten Muscarin-, Atropin- und Physostigminvergiftung zu schließen erlauben, an der Darmmuskulatur wirksam sein. Es ist nicht unsere Aufgabe, zu untersuchen, ob die Beibehaltung automatischer Ganglien eine vollkommen berechnete, ob die Auslösung der Impulse nicht vielmehr auch bei ihnen eine rein reflectorische ist; nach dem *Brondgeell'schen* Versuche, der für die Lehre vom Muskeltonus so entscheidend war, ist sie es jedenfalls nicht und ebenso wenig nach einem andern Versuche, der in kaum geringerem Maße die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich zog. Ich meine den sog. *Goltz'schen* Quakversuch²⁰).

Schon *Paton* beobachtete, daß Frösche, denen die Großhirnhemisphären genommen waren, quaken, wenn man ihre Rückenhaut in der Inter-scapularregion berührt. *Goltz* machte diesen Versuch zum Gegenstand eines besondern Studiums und stellte fest, daß für sein Zustandekommen die Reizung der Rückenhaut zwischen

den Vorderfüßen das Wesentlichste ist; wird die Rückenhaut unter dieser Stelle durchschnitten, so gelingt das Experiment von tiefer gelegenen Regionen des Rückens aus nicht mehr, ebenso wie es von den Extremitäten und von der Bauchseite aus alsdann verfaßt. Derartige reine Reflexcentren werden wir bei unseren späteren specielleren Betrachtungen mehrfach extracerebrospinal gelagert finden; es liegt deshalb kein Bedürfnis vor, Beispiele für deren Existenz hier noch besonders anzuführen.

Unter unseren bejahrteren Zeitgenossen hat außer *Rudolf Virchow* kein einziger Biologe den unschätzbaren Werth und die Bedeutung einer vergleichenden Physiologie so klar durchsehend als *Claude Bernard*. Den Uneingeweihten wird es aber nicht wenig überraschen, wenn er aus dem Munde deselben Mannes, der in seiner hochbedeutenden Schrift²¹⁾, mit welcher er seine erfolgreiche Thätigkeit für immer abschloß, den Ausspruch that: «L'étude des êtres inférieurs est surtout utile à la physiologie générale, parce que chez eux la vie existe à l'état de nudité pour ainsi dire», wenige Jahre vorher²²⁾ die Worte vernimmt: «Dans l'étude, des diverses manifestations de la vie, nous commencerons par les phénomènes de mouvement et de sensibilité, en nous en adressant surtout aux organes des animaux élevés, qui présentent toutes les fonctions plus développées et mieux isolées». Ich sage für den Uneingeweihten; denn wer *Cl. Bernard's* unsterbliche *Leçons* gründlich kennt, wird nicht einen Augenblick darüber im Zweifel sein, daß letzterer Satz nur auf die animalen Functionen Bezug hat, während das Citat aus den «*Leçons sur les phénomènes de la vie*» *Cl. Bernard's* Ansicht über das Verhältniß der vergleichenden Physiologie zur speciellen im Allgemeinen, also nach Ausschluß der Nervenphysiologie, zum Ausdruck bringt; hat sich doch zu unserer ganzen Genugthuung selbst bei den contractilen Geweben der Schwerpunkt der Untersuchungen so sehr in's Bereich der Wirbel-

lofen verschoben. daß, um einen Ausdruck von *Rollett* zu gebrauchen, der Fernerstehende leicht zu der Meinung gelangen könnte, man habe sich einer neuen Art von Scarabäencultus hingegeben. Um aber den exclusiven Stand der Nervenphysiologie aufzudecken, dazu bedurfte es zu jener Zeit noch der Einsicht eines *Claude Bernard!*

Allgemeine
Physiologie
des Cerebro-
spinal-
systems der
Wirbel-
thiere.

Nehmen wir mit *Cl. Bernard* die Einrichtungen der höchstorganisirten Thiere zum Ausgangspunkte unserer vergleichenden Betrachtungen, so stellen sich uns keine geringen Schwierigkeiten in den Weg. Vor allem was die Physiologie des Gehirns anbelangt, ist die Masse der Autoren gewaltig und die Zahl der Hypothesen eine unersehöpflich zu nennen. Die kritische Sichtung der Beobachtungen ist somit ein ebenso unumgängliches Erforderniß als die Wahrung eines bestimmten Standpunktes bei Deutung der experimentell gefundenen Thatfachen. Ich glaube diesen Forderungen meinerseits nicht besser gerecht werden zu können, als wenn ich mich in den Cardinalfragen den Auseinandersetzungen von *Goltz*²³⁾ unbedingt anschliesse, und es soll nun versucht werden, ob sich in diesem Sinne durch die bei den Wirbelthieren aufgedeckten Verhältnisse die gewünschte Grundlage für eine vergleichende Physiologie der nervösen Apparate thatächlich gewinnen läßt. Beginnen wir mit dem Centralnervensystem und zwar mit dem Gehirn!

Der vordere Abschnitt der centralen Axe des Nervensystems legt sich bei den Cranioten entwicklungsgeichtlich in Gestalt von fünf, morphologisch aber nicht ganz gleichwerthigen Hirnblasen an, welchen entsprechend auch an dem ausgebildeten Gehirne fünf Abschnitte zu unterscheiden sind: 1. das Vorderhirn, 2. das Zwischenhirn, 3. das Mittelhirn, 4. das Hinterhirn und 5. das Nachhirn. Von diesen theilt das Hinterhirn keineswegs die Selbständigkeit der übrigen Hirnblasen, sondern stellt nur den vordersten Theil des Daches vom Nachhirne dar. Bei den auf niedrigster Entwicklungsstufe dauernd verweilenden Cranioten, den Myxinoiden,

erscheinen die einzelnen Gehirnabtheilungen hinter einander gelagert, gleichsam wie Perlen an einer Schnur, während bei den übrigen Classen gewisse Hirnabschnitte präponderiren und andere vollkommen überdecken. So verdeckt bei manchen Teleostiern das mit dem Zwischenhirn eng verbundene Mittelhirn die Medulla oblongata, bei den Vögeln überwölbt nicht nur das Vorderhirn das bei Batrachiern und Reptilien noch frei liegende Mittelhirn, sondern das Hinterhirn überdeckt auch das Nachhirn, und bei den Primaten überlagert das Vorderhirn sowohl das Zwischen- und Mittelhirn als auch das Hinterhirn.

Schon aus diesen knappen Bemerkungen²⁴⁾ wird ersichtlich sein, daß der relative Umfang und somit auch das relative Gewicht der einzelnen Hirntheile in der Thierreihe großen Schwankungen unterliegt, welchen sich beim Menschen noch individuelle hinzugesellen. Ist es erlaubt, aus den anatomischen Befunden Schlüsse auf die Leistungsfähigkeit der einzelnen Organtheile zu ziehen, so giebt die in der Säugethierreihe mit der Steigerung der Intelligenz einhergehende Volumszunahme der als große Hemisphären bezeichneten Theile des Vorderhirns gewiß kein unwesentliches Argument für die Auffassung ab, daß die Großhirnrinde das Organ der höheren geistigen Verrichtungen ist. Inwiefern sich dieser Schluß beim Experimente bewahrheitete, welche Functionen in ihrem Zustandekommen an das Großhirn und welche an andere Hirntheile gebunden sind, soll nun das Folgende lehren.

Flourens glaubte auf Grund seiner Versuche die Behauptung aufstellen zu dürfen, daß das Großhirn in allen seinen Abschnitten eine gleiche Bedeutung habe und ebenfowenig in Organe gesonderter Verrichtungen zu zerlegen sei als etwa die Lunge. *Flourens* dachte nicht daran, die Centren für einzelne Functionen in bestimmte Theile der Hirnrinde zu verlegen, wie vordem *Gall* gethan hatte und wie es noch heute, zwar in einem ganz andern Sinne,

als es den *Gall'schen* Lehren entspricht, mehrfach geschieht. Die Versuche, welche *Goltz* an Hunden ausgeführt hat, sprechen aber nicht wenig für die *Flourens'sche* Ansicht; es führten dieselben zu folgenden Ergebnissen:

Die verhältnißmäßig so geringen Störungen nach ausgedehnter und tiefer Vernichtung Einer Gehirnhälfte lassen sich nur so erklären, daß wirklich eine Hälfte des Gehirns die symmetrische andere Hälfte bis zu einem gewissen Grade vertreten kann. Derartige einseitige Verstümmelungen des Gehirns haben keine ausschließlichen Störungen an der gekreuzten Körperhälfte zur Folge, sondern machen es unzweifelhaft, daß jede Hälfte des Großhirns durch selbständige Bahnen mit allen Muskeln und allen empfindlichen Theilen des ganzen Körpers zusammenhängt; zuzugeben ist nur, daß die Verbindung zwischen jeder Halbkugel des Gehirns und der gekreuzten Körperhälfte inniger ist als die der gleichfönnigen Körperhälfte. Die Verstümmelung beider Hälften des Großhirns ist schon ein viel schwererer Eingriff als eine gleich große Verletzung, die sich nur auf eine Hälfte beschränkt, und die Gegenüberstellung der Erscheinungen, welche vorn resp. hinten an beiden Hemisphären verletzte Thiere darbieten, deutet an, daß die Masse des Großhirns in allen ihren Abschnitten nicht gleichwerthig ist. So ist bei den Hunden mit ausgedehnter Verstümmelung des Hinterlappens die Intelligenz außerordentlich geschwächt, fast erloschen, und es stehen in dieser Beziehung solche Thiere tief unter den am Vorderlappen Operirten. Ebenso bildet die Veränderung der Gemüthsart nach ausgedehnter Verstümmelung der hintern Hirnhälfte den vollständigen Gegensatz zu der Aenderung des Charakters, welchen die vorn operirten Thiere erfahren; erstere sind zutraulich und harmlos, gehen langsam, ruhig und bedächtig umher und sind kaum dazu zu bringen, eine schnellere Gangart einzuschlagen, letztere sind leicht in Zorn zu versetzen, von einer wunderbaren Aufgeregtheit und Lebhaftigkeit und zeigen die Nei-

gung stets umherzulaufen. Diese, die vorn Operirten, neigen zur Rauflust, jene erdulden Gewaltthätigkeiten, ohne Rache zu nehmen. Manche dieser Abweichungen (z. B. die besonders deutlich hervortretenden Störungen der Bewegung und Empfindung nach Verstümmelung der Scheitellappen, die schweren Sehförungen und der höhere Grad von Blödsinnigkeit nach Verletzung der Hinterstatt der Vorderlappen) werden zweifellos auf eine Mitverletzung der im Hirnstamme mitverlaufenden Nervenbahnen bezogen werden müssen, wie jedoch die Veränderungen des Charakters nach Wegnahme gewisser Hirnlappen zu erklären sind, wagt *Goltz* nicht zu entscheiden, und gerade diese Erscheinungen dürften am meisten verlocken, die Centren für einzelne Fähigkeiten in der Hirnrinde als mehr oder weniger localisirt zu betrachten. Die allerdings nicht für alle Fälle als zutreffend erwiesenen Angaben von *Bouillaud* und *Broca*, denen gemäß als das eigentliche Rindenfeld der Sprache der hintere Theil des Gyrus frontalis inferior sinister und die *Reil'sche* Insel der linken Seite anzusehen sind und ausgiebigere Verletzungen dieser Hirnpartieen zur Aphasie führen, die Erfahrungen von *Jackson*, welcher fand, daß gewisse Formen von Lähmungen und Krämpfen, namentlich der Gliedmaßen, besonders häufig nach Verletzungen des Scheitellappens in der Nähe der *Rolando'schen* Furche vorkommen, scheinen, wie ähnliche klinische Befunde mehr, der *Flourens'schen* Ansicht von der Gleichwerthigkeit der Großhirnmasse ebenfalls entgegen zu stehen und werden der Lehre von der Localisation gewisser Centren in der Großhirnrinde gewiß noch viele Anhänger zu erhalten wissen²⁵⁾.

Vertreter nahe verwandter Thierklassen zeichnen sich bisweilen nicht nur durch eine sehr ungleiche Resistenz gegen Gifte²⁶⁾ aus, sondern derartigen Unterschieden begegnete man auch vielfach bei den Bluttransfusionen (vgl. S. 47), bei den Stoffwechselversuchen²⁷⁾ und lernte auch bei diesen den Verhältnissen gebührende Rechnung tragen, welche rein durch die Individualität bedingt sind.

Specifiche und individuelle Eigenthümlichkeiten treten aber bei den Verrichtungen der Centralorgane sicherlich noch weit mehr in die Erscheinung als bei den Veränderungen, welche chemisch reine Substanzen bei ihrem Durchtritt durch den Organismus durchzumachen haben. So äußern z. B. lang andauernde psychische Erregungen auf verschiedene Menschen oft eine ganz verschiedenartige Wirkung. «Wir sehen», bemerkt *L. Landois*²⁸⁾, «daß Nerveneinflüsse, welche längere Zeit deprimirend auf den Organismus einwirken, bei dem einen eine acute oder chronische Krankheit, bei dem anderen vielleicht Alteration eines einzelnen Organs, beim dritten Ergrauen der Haare oder andere Zufälle erzeugen. Daselbe gilt von denjenigen abnormen Nerveneinflüssen, von denen der Körper unvorbereitet, plötzlich betroffen wird. Der eine kommt mit dem bloßen Schreck davon, während der andere von der Katalepsie, von Krämpfen aller Art befallen wird und der dritte wieder plötzlich ergraut.» Vorzugsweise bei den Sprachstörungen ist den individuellen Dispositionen eine größere Bedeutung zuerkannt²⁹⁾, und specifische Unterschiede scheinen sich selbst noch nach Exstirpation des ganzen Großhirns bei einander so nahe stehenden Formen wie Taube und Huhn in der Ausführung der Bewegungen zu documentiren³⁰⁾. Trotz alledem gestaltet sich der Symptomencomplex nach Abtragung des gesammten Großhirns bei sämmtlichen Wirbelthieren im Wesentlichen ziemlich gleichförmig, und die Schilderung, welche *Goltz* von dem Benehmen des Großhirns beraubter Tauben giebt, kann geradezu als Paradigma für alle Wirbelthiere dienen. «Die in dieser Weise operirten Thiere», sagt *Goltz*, «besitzen noch Sinnesempfindungen, wissen diese aber nicht mehr zu ihrem Nutzen zu verwerthen; sie sind unfähig, durch Erfahrungen etwas zu lernen, haben kein Gedächtniß, und ebenso vermiffen wir bei ihnen alle Aeufferungen, aus welchen wir auf Gemüthsbewegungen und Leidenschaften schließen könnten. Ferner beweist uns keine ihrer Bewegungen, daß sie noch das besitzen,

was wir bewußte Ueberlegung nennen; sie bewegen sich noch, aber sie handeln nicht und scheinen nur noch lebendige Maschinen ohne alle höheren Bewußtfeinsvorgänge zu sein.»

Mit dem Ausfalle der Spontanität fehlen wir bei Ausschaltung des gesammten Großhirns weder die vegetativen Functionen geschädigt, noch regelmäßige und coordinirte Bewegungen unmöglich werden. Letztere kommen erst dann zum Ausfall, wenn beim Frosche die Lobi optici oder bei den höheren Wirbelthieren die Pons und das Kleinhirn, welche wir als das Centrum für die zusammenhängenden Ortsbewegungen anzusehen haben, entfernt sind. Erheblichere Bewegungsförungen stellen sich auch nach Verletzung der Corpora striata ein; diese Theile dienen ebenfalls der Bewegung, doch brauchen nicht nothwendig alle Bewegungsreize, die vom Großhirn ausgehen, die Corpora striata zu passiren. Ein Durchkreuzungspunkt sämmtlicher motorischen Nervenbahnen liegt dagegen in den Linsenkernen, und was schließlich noch die Fähigkeit des Sehens anbelangt, so erleidet dieselbe bei Fortnahme der Corpora quadrigemina resp. der C. bigemina vollständig, und wir schließen daraus, daß diese Theile jedenfalls Durchgangspunkte für das Sehen sind, wennschon das Centrum für dasselbe an einem andern Orte, wahrscheinlich in der Medulla [*Lussana*] zu suchen ist.

Wir können uns nicht verhehlen, daß bezüglich des Mittel- und Hinterhirnes noch viele Punkte fraglich sind, und ein tieferes Eingehen auf dieselben würde schon deshalb hier wenig ersprießlich sein. Neueren Untersuchungen von *Steiner*³¹⁾ zufolge verschwinden selbst die durch tiefere Verletzung des Kleinhirns verursachten Unregelmäßigkeiten der Bewegung nach einiger Zeit wieder vollständig, und dieser Forscher sieht deshalb auch nicht das Kleinhirn, sondern das Mittelhirn als das Centrum für die coordinirten Bewegungen an.

Nach Verletzungen des Kleinhirns, gewisser Abschnitte des Mittelhirns, der Medulla oblongata, kurz nach Verletzungen aller

Hirntheile, vorausgesetzt, daß dieselben einseitig erfolgten, kommt es zu Zwangsbewegungen, welche als Reitbahn- (Manège-) und als Rollbewegungen unterschieden sind. Erstere kommen beim Menschen nur andeutungsweise vor, bei Thieren treten sie besonders nach Verletzungen des Großhirns und der Pedunculi cerebri auf. Die Rollbewegungen bestehen darin, daß das Thier auf die rechte Seite fällt und sich dann um seine Längsaxe rotirend bewegt. Die Drehungen werden nach einiger Zeit gewöhnlich linksseitig, stellen sich hauptsächlich nach Verletzung des Kleinhirns, aber auch nach Schädigung der Pons wie der Medulla oblongata ein und kommen ebenfalls beim Menschen vor. Ueber das Zustandekommen dieser Zwangsbewegungen ist viel gestritten, und die Beobachtung ähnlicher Störungen nach beiderseitiger Entfernung der horizontalen Bogengänge hat ihr Verständniß wesentlich erschwert. Letztere Erscheinungen haben nun aber mit dem Hören an sich nichts zu thun³²⁾, sondern beruhen darauf, daß wir in den Bogengängen ein Organ besitzen, welches uns von der Haltung unseres Kopfes Kunde verschafft und nach dessen Verletzung uns das Gleichgewicht gestört erscheint. Die nicht absichtlich, sondern wie aus *Schiff's* Versuchen hervorgeht, nur mit Widerstreben von den Thieren ausgeführten Drehbewegungen, welche sich nach einseitiger Hirnverletzung einstellen, haben vielleicht zum Theil (z. B. bei Verletzung des Thalamus opticus) ihren Grund in einseitigen motorischen Lähmungen (*Schiff*).

Die Medulla oblongata reicht von der Decussatio pyramidum bis zur Pons und begreift beim Frosche noch letztere in sich. Sie spielt sowohl als Leitungs- wie als Centralorgan eine hervorragende Rolle. Die vorderen Stränge der Medulla dienen der Motilität, während die Durchschneidung eines Seitenstranges eine Ueberempfindlichkeit und eine Beeinträchtigung der Athmung an der entsprechenden Seite nach sich zieht. Aus diesen Versuchen schloß schon *Bell*, daß die Seitenstränge hauptsächlich der Athmung vor-

sehen, daß die rechts verlaufenden Fasern für die rechte Seite der Athmung bestimmt seien, die links verlaufenden dagegen die Athmung an der linken Körperseite vermittelten. Doch so einfach, wie *Bell* glaubte, liegen die Dinge hier nicht; denn gerathen die Thiere wirklich in Lebensgefahr, so athmen sie noch bei seitwärts eingeschnittener Medulla mit beiden Seiten, und vollständig abgesehritten können somit die beiderseitigen Bahnen in der Medulla nicht sein, sondern an der durchschnittenen Hälfte sind nur gewisse Hindernisse zu überwinden. Die vielfachen queren Commissuren in der Medulla bedingen wahrscheinlich ein symmetrisches Zusammenwirken der Organe, welches bei einigen Muskeln (z. B. den *Orbiculares palpebrarum*) sehr augenfällig und, wie wir sahen, auch nach einseitiger Verletzung irgend eines vorderen Hirnabschnittes nur graduell herabgesetzt ist.

Die Medulla oblongata enthält die Reflexcentren für den Schluck- und Brechact, für das Schreien und Saugen, für die Kaubewegungen, für den Schluß der Augenlider, für das Husten und Niesen etc.; daneben finden sich ein rhythmisch automatisches (Athmungscentrum) und zwei continuirlich rhythmische Centren, das eine für die Gefäße, das andere für das Herz. Alle diese Centren können aber zugleich reflectorisch in Thätigkeit verletzt werden und die Athembewegungen, wie bekannt, auch willkürlich beschleunigt und verlangsamt werden. Als der Sitz des Gefäßcentrums wird gewöhnlich eine umschriebene, nicht näher angegebene Stelle am Boden der Rautengrube bezeichnet; daß indeß die Functionen nicht so schematisch in den Centralorganen einzuschränken sind, lehren schon die Erfahrungen über das Athmungscentrum. Als solches betrachtete *Flourens* eine punktförmige Stelle (*nœud vital*) in der Spitze des *Calamus scriptorius*; bei *Flourens'* Versuchen erstickten die Thiere jedoch nur deshalb, weil durch den Stich die gesammte Umgebung miterstütert wurde. Leitete man nach der Operation künstliche Respiration ein, so begann das

Thier nach einiger Zeit wieder zu athmen (*Schiff, Brown-Sécard*), und Versuche dieser Art haben weiterhin gelehrt, daß das Athmungscentrum weit in die Medulla hinab, bis in das Rückenmark hineinreicht (*Rokitansky*).

Sämmtliche über die Verrichtungen der Medulla oblongata von uns mitgetheilten experimentellen Ergebnisse fanden in Beobachtungen an verstümmelten Neugeborenen ihre Bestätigung, während Erfahrungen an Mißbildungen mit rudimentärem Kleinhirn allerdings am besten mit den *Steiner'schen* Ansichten vereinbar sind. Es liegt uns jetzt allein noch ob, einiger entwicklungsgehistorischen Zustände zu gedenken, welche für eine richtige Deutung der Ausschaltungs- und Durchschneidungsversuche am Gehirn ebenfalls mit Vortheil zu verwenden sind.

«Während die Hühner- und Laufvögel, ferner die meisten Wad- und Schwimmvögel bereits bei ihrem Ausflüpfen ein vollständiges Flaum- und Dunenkleid tragen und in der körperlichen Ausbildung so weit vorgeschritten sind, daß sie als Nestflüchter alsbald der Mutter auf das Land oder in das Wasser folgen und hier unter geschickter Bewegung selbständig Nahrung aufnehmen, verlassen die guten Flieger und überhaupt diejenigen Vögel, welche vorzugsweise auf Bewegung und Aufenthalt in der Luft angewiesen sind, wie die Gang- und Klettervögel, Tauben und Raubvögel, sehr frühzeitig ihre Eihüllen; nackt oder nur stellenweise mit Flaum bedeckt, unfähig sich frei zu bewegen und zu ernähren, bleiben sie als Nesthocker, gefüttert und gepflegt von den elterlichen Thieren, noch geraume Zeit im Nest, bis sie fast ausgewachsen durch die Entwicklung der Schwingen zur Flugbewegung befähigt erscheinen³³⁾.» Diese auffallenden Unterschiede beruhen nun vorzugsweise darauf, daß bei den Nesthockern der Entwicklungsstand der Coordinationscentren weit hinter dem der Nestflüchter zurückgeblieben ist, daß besonders das Mittel- und Hinterhirn bei jenen noch wenig ausgebildet sind. Bei den neugeborenen Säugethieren

stehen die Hirntheile auf einer noch primitiveren Stufe. Für diese ist durch den experimentellen Nachweis der Abwesenheit sämtlicher psychomotorischen Rindencentren sowie durch Abtragung der Großhirnhemisphären, wonach an den Bewegungsäußerungen keinerlei Aenderung zu beobachten war, von *Soltmann*³⁴⁾, wie ich glaube, dargethan, daß sämtliche Actionen als unwillkürliche (reflectorische, automatische, instinctive) aufgefaßt werden müssen und somit im Mangel des Willens, als des mächtigsten reflexhemmenden Momentes, auch die erste Ursache für die «erhöhte Reflexdisposition» der Neugeborenen anzunehmen ist.

Das Rückenmark, von den Alten als «*crassissimus nervorum*» betrachtet, verknüpft wie das Gehirn centripetal- mit centrifugaleitenden Nervenbahnen und stellt somit ein selbständiges Centralorgan wie dieses dar. Gleich dem Gehirn setzt es sich aus markhaltigen Nervenfaserversträngen (weiße Substanz) und zellenreicheren Theilen (graue Substanz) zusammen und trägt in seiner histiologischen Gliederung in ausgesprochenem Grade die beiden Kategorien seiner Verrichtungen zur Schau: das Vermögen, nervöse Erregungen zu leiten, und die Eigenschaft, als automatisches und reflectorisches Centralorgan zu wirken. Die bei künstlichen Reizungen centralnervöser Abschnitte allein zulässigen mechanischen Reize haben bezüglich der directen Erregbarkeit der einzelnen Rückenmarkstheile das nämliche Ergebnis zur Folge gehabt als beim Großhirn: die graue Substanz ist unerregbar, die weiße hingegen erregbar, wenn auch weniger stark als die Nervenfasern.

Was Verlauf und Sonderung der motorischen und sensiblen Leitungsbahnen im Rückenmark betrifft, so cursiren darüber die widersprechendsten Angaben; berücksichtigen wir die beweiskräftigen Versuchsergebnisse, so ergibt sich etwa Folgendes: Zwei, in verschiedener Höhe des Rückenmarks ausgeführte contralaterale Durchschneidungen, bei welchen der Querschnitt beiderseits ein wenig über die Sagittalebene hinausgeführt wurde, heben Em-

pfung wie Bewegung an keiner der beiden Körperseiten vollkommen auf. Wir schließen hieraus, daß die sensible wie die motorische Leitung in der ganzen Quere des Rückenmarkes statt hat, daß sich einzelne Leitungsbahnen von rechts nach links und von links nach rechts hinüberziehen. Für die Leitungsfähigkeit der centralen Zone des Rückenmarkes ist dieser Versuch jedenfalls viel beweiskräftiger als die Fortnahme der Seitenstränge (*Ludwig's* Versuch), nach welcher (wegen der zahlreichen Nebenumstände) eine völlige Lähmung und Empfindungslosigkeit eintritt, und welche also genau das entgegengesetzte Resultat als der erstere Versuch zur Folge hat. Bei gleichzeitiger Ausrottung der grauen Substanz, der Vorder- und der Hinterstränge bleibt Empfindung wie Bewegung erhalten und daraus folgt, daß die weißen Seitenstränge motorisch wie sensible sind. Bei ausschließlicher Erhaltung der Vorderstränge zeigen sich die Bewegungen sehr beeinträchtigt, das Empfindungsvermögen aber unverfehrt, während wenn die Hinterstränge allein erhalten geblieben sind, Bewegung wie Empfindung vernichtet ist. Diese Befunde berechtigen zu der Annahme, daß in den vorderen weißen Strängen motorische wie sensible Bahnen verlaufen. In den Hintersträngen scheinen dagegen längere Leitungswege zu fehlen, und die heutige Ansicht geht dahin, daß hier die Fasern zwei Punkte der grauen Substanz in geringer Höhe mit einander verknüpfen; vielleicht haben sich aber einige längere sensible Bahnen doch noch in den Hintersträngen erhalten (*Schiff*).

Von den beiden Arten der automatischen Centren sind im Rückenmarke der Säugethiere nur die continuirlich wirkenden nachgewiesen; als solche werden die Centren für den Tonus der Gefäße und für den Tonus der glatten wie quergestreiften Muskeln angesehen³⁵). Für die Lymphherzen der Amphibien und Reptilien, für das Caudalherz des Aales giebt es im Rückenmarke auch rhythmisch automatische Centren, von denen sich das für die vorderen Lymphherzen bestimmte beim Frosche in der Höhe des

zweiten Brustwirbels, das für die hinteren in der Höhe des neunten Brustwirbels befindet. Größer ist die Zahl der in's Rückenmark verlegten Reflexcentren, von welchen wir nur die Centren für die Harn- und Geschlechtswerkzeuge, für den hintern Abschnitt des Darmtractus namhaft gemacht haben möchten. Die von diesen Organen ausgeübten Functionen verlaufen ebenso wie der Geburtsact unabhängig von dem Gehirn und der Medulla oblongata, und vielleicht werden auch die meisten Drüsen (Nieren, Pankreas, Schweißdrüsen etc.) nur vom Rückenmarke aus innervirt.

Der Ausbreitung der Reflexe im Rückenmark erwachsen aus dem ausgedehnten Zellenverbände, in welchen die Reflexcentren hineingezogen sind, gewöhnlich nicht unerhebliche Widerstände, welche nicht nur durch die den Reflexcentren vom Gehirne aus zugehenden willkürlichen Erregungen, sondern auch durch sensible periphere Einflüsse herabgesetzt oder gehemmt werden können. Sowohl durch bestimmte Gifte (Strychnin, Coffein) wie auch durch Erregungen, welche von sog. dynamogenen Elementen des Cerebrospinalsystems den Reflexcentren zufließen, werden diese Hindernisse anderseits aber wieder sehr beeinträchtigt, die Reflexenergie dadurch vielleicht sogar direct gesteigert; nach einem sinnreichen Vergleiche von *Cl. Bernard* unterliegt durch das Zusammenwirken dieser so ganz entgegengesetzt wirkenden Factoren der Erregungszustand eines jeden Reflexcentrums im Rückenmarke den gleichen weiten Intensitätsschwankungen als ein Lichteffect, welcher sich aus Lichtstrahlen verschiedener Schwingungsphasen zusammensetzt. Unter den Säugthieren ist die Reflexthätigkeit bei Jungen in der Regel größer als bei Erwachsenen; bei Vögeln ist aber gewöhnlich das Umgekehrte der Fall und beim Meerfchweinchen läßt sich eine Differenz in diesem Sinne kaum noch constatiren. Nach *Brown-Sécard* gruppiren sich die einzelnen Wirbelthierklassen hinsichtlich ihrer Reflexenergie folgendermaßen: 1. Vögel, 2. Amphibien und Reptilien, 3. Säuger und 4. Fische, von welchen aber mehrere Species (z. B.

Aal, Schleie, Karpfen) auszunehmen sind, da diese ein geringeres Reflexvermögen als die Säuger besitzen (*Richert*).

Für die Beziehungen der Rückenmarksreflexe zwischen Reizung und darauf folgender Bewegung gelten im Allgemeinen die von *Pflüger* aufgestellten Regeln, denen gemäß ein sensibler Reiz je nach seiner Stärke nur eine Bewegung durch den zugehörigen motorischen Nerven derselben Seite auslöst (einseitiger Reflex) oder gleichzeitig auch den motorischen Nerven der andern Seite in Mitleidenschaft versetzt (doppelseitiger Reflex). Werden die angewandten Reize noch mehr verstärkt, so bleibt es nicht bei einer transversalen Irradiation, sondern die sensiblen Reize pflanzen sich alsdann auch nach oben wie nach unten hin fort (longitudinale Irradiation) und wirken alsdann auf die motorischen Nerven nach beiden Richtungen hin gleich gut ein (*Cayrade*). Diese Gesetzmäßigkeit erscheint nur in solchen Fällen gestört, wo durch oft geübten Willenseinfluß die normalen Widerstände in gewissen Richtungen abgeschwächt und so zu entfernteren Bezirken des Rückenmarkes gleichsam gangbarere Wege eröffnet sind. Zu diesen Ausnahmefällen zählen z. B. die von *Luchfinger* an Tritonen, Eidechsen, Schildkröten etc. beobachteten sog. gekreuzten Reflexe, welche sich unter anderen darin offenbaren, daß auf Reizung eines Vorderbeines Bewegungen des diagonalen Hinterbeines erfolgen.

Ein von *Magendie* entdecktes und nur mit großem Unrechte³⁶⁾ nach *Bell* benanntes Gesetz besagt, daß die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven motorisch und die hinteren sensitiv sind. Die Richtigkeit dieses Lehrsatzes tritt bei Fischen, Batrachiern und Vögeln rein hervor, wird bei den Säugethieren indeß durch die *Sensibilité récurrente* maskirt, welche darin ihre Erklärung findet, daß an der Vereinigungsstelle der hinteren und vorderen Rückenmarksnerven Fasern, welche ersteren entstammen, umbiegen und in der motorischen Wurzel wieder rückwärts laufen (*Cl. Bernard*). Beide Wurzeln, mit denen alle Rückenmarksnerven entspringen,

vereinigen sich, nachdem die hintere Wurzel zu dem Ganglion intervertebrale angegeschwollen, alsbald zu einem gemeinschaftlichen Nervenstamme, in welchem motorische, sensible und auch wohl hemmende trophische und secretorische Nervenfasern innig gemischt vorhanden sind. So ist es wenigstens bei den Säugethieren, den Vögeln, den Reptilien und Amphibien; bei Selachiern (*Squalus*, *Torpedo*, *Raja*) findet dagegen nach *Armand Moreau*³⁷⁾ eine innige Vermischung sensibler und motorischer Fäden jenseits des Spinalganglions nicht statt, sondern die beiden Nervengattungen sind im Stamme nur an einander gelagert und lassen sich noch bis zu ihren Endigungen getrennt verfolgen.

Ist es mir gelungen, aus dem reichen Beobachtungsmateriale, welches über die cerebrospinalen Functionen der Wirbelthiere angehäuft wurde, das für uns Wesentliche auszuwählen und kritisch zu sichten, dann wird es keine größere Schwierigkeiten mehr haben, die Versuchsergebnisse an Wirbellosen mit jenen zu vergleichen und die Differenzpunkte, welche zwischen beiden bestehen, scharf hervortreten zu lassen. Daß sich in der Reihe der Wirbellosen das Bild weit bunter gestaltet als bei den Wirbelthieren, zeigt schon ein flüchtiger Blick auf die so ungleichen Beziehungen, welche Vertreter verschiedener Thierklassen zwischen den lebenswichtigsten Organen und dem Centralnervensysteme (als Ganzem oder seinen Theilen) uns darbieten.

Aus den oben erörterten Verhältnissen bei den Wirbelthieren Transplan-
tation
und Rege-
neration. ergibt sich für diese ohne Weiteres eine große Abhängigkeit der vitalen Vorgänge von den Nervencentren, eine Abhängigkeit, die zwar vielfach von dem höchst complicirten Baue der athmenden Apparate bedingt ist, aber in der ganzen Einrichtung des Organismus doch so tief Wurzel gefaßt hat, daß auch die Integrität der kleinsten und sehr unbedeutend erscheinenden Körpertheile an einen Zusammenhang mit functionell wie morphologisch inadäquaten Gebilden unbedingt gebunden ist. Hierzu kommt noch, daß bei den

höher organisirten Formen die Bildungsfähigkeit der Organe bald erlischt, und daß nach eingetretenem Organverlust somit an eine Neugefaltung nicht zu denken ist. Ausgenommen die Ganglien und Sinneszellen wohnt indeß den Geweben auch bei den Säugethieren noch ein ausgiebiges Regenerationsvermögen inne, welches dem der Wirbellosen in kaum einer Richtung nachsteht, da daselbe auch bei diesen von dem Gesetze der Constanz und Unveränderlichkeit der einmal differenzirten Gewebe regiert wird. — Betrachten wir nun, welche Verschiedenheiten sich in den beiden angegebenen Punkten: 1. in der Abhängigkeit der lebenswichtigen Functionen von den Centralorganen des Nervensystems und 2. in einer bleibenden Regenerationsfähigkeit der Organe zwischen Vertretern der einzelnen Thierklassen ergeben haben.

Enge Wechselbeziehungen zwischen den assimilirenden Organen und den ernährenden Säften beeinflussen die Ernährungs- und Wachsthumsvorgänge selbst im Pflanzenreiche derart, daß eine gelungene Copulation oder ein erfolgreiches Pfropfen und Oculiren³⁸⁾ nur dann zu Stande kommt, wenn Wildling und Knospe von Pflanzen verwandter Arten stammen. Es sind immerhin schon Seltenheiten, wenn es gelingt, einen Apfelsproß mit einem Birnenreis zur organischen Verschmelzung oder Himbeeren auf wilden Rosen zur Reife zu bringen. Gewiß mit Recht halten sich die Botaniker auf Grund vielfältiger Erfahrungen für berechtigt, die Verwandtschaft der den Oleaceen zugetheilten Species, trotz ihrer mannigfachen habituellen Unterschiede, dadurch als bewiesen zu erachten, daß alle Arten dieser Familie auf einander zu pfropfen sind. Pfropfversuche, ausgeführt an verwandten Arten oder Varietäten mit verschieden gefärbten Blüten oder Blättern (z. B. von *Cytisus purpureus* mit *C. Laburnum*, von weißen Moosrosen mit rothen Centifolien, von *Abutilon Thomsoni* mit seiner buntblättrigen Varietät, von verschiedenen Kartoffelforten) haben dann weiterhin sowohl den Einfluß des Pfropfreifes auf die Unterlage

als auch die Beeinflussung des Edelreifes durch die ernährenden Säfte des Wildlings dargethan.

Ganz ähnlichen Verhältnissen begegnen wir in der Thierwelt! Wohl Nichts hat die eminente Empfindlichkeit der lebenden Organ-elemente des Thierleibes für eine Veränderung ihrer normalen Säftezufuhr schlagender illustriert als die Transfusionsversuche (vgl. S. 47), bei welchen sich herausstellte, daß bei Säugethieren die durch das Blut einer andern Species ersetzte Blutmenge gar keine bedeutende zu sein braucht, damit der Tod erfolgt³⁹), und bei Wasserthieren, bei welchen die Structur der äußeren Hüllen den inneren Organen und Gewebssäften noch keine genügende Beständigkeit dem äußeren Medium gegenüber gewährt, wirken Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung des umspülenden Wassers nicht weniger störend auf die Lebensverrichtungen ein als bei den warmblütigen Wirbelthieren die Veränderungen des innern Mediums, des Blutes. Doch darf nicht übersehen werden, daß es dem Organismus gewöhnlich leicht gelingt, sich derartigen, bei einem plötzlichen Eintreten lebensgefährlich werdenden Schwankungen der Lebensbedingungen langsam anzupassen, und das Vorkommen vieler in ihrer Form äußerst constant bleibender Medusenformen, z. B. *Aurelia aurita*, in salzarmen und salzreichen Meeren, die Anpassung echter Parasiten an die Ernährungssäfte ihrer Wirthe veranschaulichen die Macht der allmählichen Gewöhnung nicht weniger gut als die künstlichen Züchtungsversuche in salzreichem und salzarmem Wasser, welche z. B. *Beudant* an Mollusken, *Czerny* an Amöben, *F. Plateau* und *Schmankewitsch* (vgl. S. 10) an Arthropoden ausgeführt haben⁴⁰). Bleiben die Ernährungsverhältnisse ungeändert, dann vermögen aber selbst bei den Säugethieren einige aus ihrem natürlichen Organverbande abgetrennte Körperteile weiter zu leben, ja zu proliferiren, und alle Thatfachen dieser Art, welche uns Aufschluß darüber ertheilen, in welcher Weise sich die Grenze dieser Productionsfähigkeit bei verschiedenen

Thieren verschiebt, besitzen für uns natürlich die größte Bedeutung; lehren dieselben doch, wie eng oder wie locker der Zusammenhang zwischen den einzelnen Organen und dem Centralnervensysteme gefügt ist. Die seit *J. L. Réverdin's* Erfolgen oftmals geübten Transplantationen⁴¹⁾ stellen zweifellos die einfachste und zuverlässigste Versuchsanordnung dar, wenn es gilt, die einzelnen Organe und Gewebe des Thierkörpers auf ihre nutritive und functionelle Abhängigkeit vom Nervensysteme zu prüfen. Diese haben für die Wirbelthiere in der That auch gelehrt, daß bei Erhaltung der Zufuhr normaler Ernährungsäfte nicht nur Perioft, Haut- und Schleimhautepithelstückchen eine Lostrennung und Verpflanzung an andere Plätze ohne Schädigung ihrer vitalen Eigenschaften erleiden können, sondern daß auch größere abgehauene Körperstücke (z. B. die Schwänze bei Ratten, abgehauene Stücke von Ohr, Nase und Fingern bei Menschen) wieder zur regelrechten Verheilung zu bringen sind. Die Zahl dieser Versuche ist aber eine noch sehr beschränkte; es sind dieselben meines Wissens auf niedere Thiere niemals ausgedehnt, und deshalb ist mit den Resultaten gegenwärtig nur wenig zu machen.

Glücklicherweise erhalten die Transplantationen eine wesentliche Ergänzung durch Versuche, welche die Erforschung der Regenerationsvorgänge an verstümmelten Körpertheilen⁴²⁾ zum Ausgang nahmen und an Vertretern ziemlich aller Thierklassen ausgeführt sind. Unser Interesse ist dabei weniger auf diejenigen anaplerotischen Prozesse gerichtet, bei welchen es sich bei Erhaltung aller wichtigeren Nervencentren zu einer mehr oder minder vollständigen Wiedererfetzung verloren gegangener Extremitäten (wie bei Fischen, Amphibien und Krebsen), abgesehnener Antennen (wie bei Insecten) oder Schwänze (wie bei den Eidechsen) handelt, sondern wir fassen vor allen diejenigen Regenerationen in's Auge, welche noch nach tiefgreifender Verletzung centralnervöser Organe von Statten gehen und selbst zu einer Regeneration dieser führen

können. Da scheint nun durch neuere Untersuchungen von *Carrière* u. A. für die Pulmonaten sicher erwiesen zu sein, daß diese Thiere nach Verletzung ihres Schlundringes ausnahmslos zu Grunde gehen und eine Regeneration abgechnittener Tentakeln (mit ihren Augen), Lippen und auch größerer Theile des Kopfes nur bei Erhaltung des Schlundringes möglich ist. Eine gründliche Ausbesserung des Verlustes nach tiefgreifender Schädigung der Nervencentren glückt erst solchen Formen, deren Körper in der Anordnung der Nervencentren eine gleichmäßige Segmentirung aufweist; so z. B. mehreren Anneliden (*Lumbricus*, *Nais* u. dgl. m.), welche *Bonnet* zu seinen Versuchen benutzte. *Bonnet* fand, daß wenn er einen dieser Würmer halbirt, jede Hälfte weiter lebte und sich zum ganzen Thiere ergänzte; am Vorderstücke bildete sich ein neues Hinterende, an dem Hinterende entwickelte sich ein neuer Kopf. Ganz analoge Resultate erzielte *Bonnet*, wenn er einen dieser Würmer statt in zwei in vier, ja wenn er eine *Nais* in 24 Stücke zerlegte; fast alle Fragmente lebten fort, ergänzten sich und ein jedes gleich schließlich einem vollständigen Thiere. Diese Versuche sind später mehrfach wiederholt, zum Theil mit widersprechendem Erfolge. So fand u. A. *J. d'Udiken*, daß sich bei Flußwasserformen der Gattung *Tubifex* zwar der vordere Körperabschnitt durch Neubildung eines Schwanzstückes completirt, daß aber dem Hinterende die Fähigkeit, einen Kopf anzubilden, fehlt; ähnliche Verhältnisse walten bekanntlich auch bei den Cestoden ob. Sowohl die vielfach bestätigten Versuche *Bonnet's* an *Lumbricus*, wie auch die an Borstenwürmern, namentlich Oligochäten (*Myriacida*, *Nais*, *Chaetogaster*), eingehend studirten Sprossungsvorgänge lassen indeß schließen, daß wenigstens bei mehreren Anneliden-species auch der Schlundring von Nervenknotten der hinterliegenden Ganglienreihe aus wiederersetzt werden kann, und daß somit bei diesen Würmern die gleichen Verhältnisse realisirt sind, welche für Turbellarien, Asteriden, Zoophyten und Protozoen als Regel gelten.

Theilungsversuche an Planarien wurden von *Pallas*, *Draparnaud*, *Moquin-Tandon* und von *Dugès* angestellt. Letzterer sah, wenn er bei mehreren Planarien den Körper, sei es in der Quer-, sei es in der Längsrichtung theilte, jedes Fragment sich derart entwickeln, daß bald ein vollkommenes Individuum neu entstanden war. An Asteriden beobachteten bereits 1741 *Bernard de Jussieu* und *Guettard*, daß ein einziger abgelöster Arm im Stande ist, die ganze Mittelscheibe nebst den vier übrigen Armen zu reproduciren; *Du-jardin* und *Hupe* bestätigten die Angaben, und *Haeckel* erkannte in dieser Thatfache einen schwer wiegenden Beweisgrund für die Auffassung der Echinodermen als echte Stöcke gegliederter Würmer. Gleich vielen Anneliden zerstückeln sich auch die Synapten, wenn sie unter ungünstige Lebensbedingungen versetzt werden; doch ist es ebenso unwahrscheinlich, daß sich solche Fragmente zu vollständigen Thieren wieder ergänzen, als die Versicherung von *Dalyell*, daß Holothurien ihre ausgeworfene Eingeweidemasse neu zu bilden vermögen.

Ausgedehntere Versuchsreihen über die Theilbarkeit der Medusen stellten in neuerer Zeit *Haeckel* und *Eimer* an. Bei mehreren Arten aus der Familie der Thaumantiaden konnte *Haeckel* den Medusenschirm in mehr als hundert Stücke zertheilen und aus jedem Stück, sobald es nur einen Theil des Schirmrandes enthielt, erwuchs in 2 — 4 Tagen eine vollständige kleine Meduse. Noch überraschender war das Resultat, welches *Haeckel* bei anderen Hydromedusen erhielt. Hier konnte er den kugeligen, nicht differenzirten Zellenhaufen (oder die wimpernde, kugelige Larve), welche aus der Eifurchung hervorgegangen war, in mehrere Stücke zer schneiden und aus jedem Stück entwickelte sich eine selbständige Larve. *Eimer*, der vorwiegend an *Aurelia aurita* experimentirte, gelangte dagegen zu der Ansicht, daß «kein Medusenkrüppel, der sämmtlicher Contractionscentren beraubt ist, dauernd zu leben vermag, und daß eine Erholung der dieser Centren entbehrenden

Thiere nur eine vorübergehende Erscheinung sein kann». Ueberdies ist aber zur Genüge bekannt, daß die Strobiliformen gewisser Acalephen sich spontan in eine große Menge discoider Stücke spalten, von denen jedes zu einer neuen Meduse auswächst, und auch bei *Actinia lacerata* sah *Dalyell* kleine Fußstücke sich zum ganzen Thiere ergänzen. Bei dem Süßwasserpolypen *Hydra (Trembley)*, bei Spongien (*Laurent*), bei mehreren Protozoen (z. B. bei Vorticellen [*Trembley*], *Diffugia enchoelis [A. Schneider]*, *Urnula epistylidis [Claparède und Lachmann]*) kennt man die Reproductionsfähigkeit solcher minutiöser Theilstücke schon seit einer geraumen Anzahl von Jahren.

Mit den Ergebnissen der Transplantations- und Regenerationsversuche, mit den Beobachtungen über die natürlichen Theilungsvorgänge und Knospenbildungen ist eine große Fülle anderweitiger Thatfachen in Einklang zu bringen, von welchen die wichtigeren jetzt besprochen werden sollen. Wir gehen dabei zweckmäßig von einer Eintheilung der Nervenverhältnisse aus, welche wir zugleich als ein Resultat unserer bisherigen Betrachtungen ansehen dürfen, und welche sowohl diese wie auch die folgenden Auseinandersetzungen übersichtlich zu gruppiren gestattet. Wir unterscheiden:

1. Die sarkoplastischen Formen, bei denen es weder zu einer Ausbildung echter Muskelsubstanz, noch zu der Entwicklung selbständiger nervöser Leitungsbahnen und gut umschriebener nervöser Centren im physiologischen Sinne gekommen ist.
2. Die Thiere mit differenzirtem Nerven- wie Muskelsysteme, bei welchen die centralnervösen Organe noch diffeminirt, einander ziemlich gleichwerthig sind, und bei denen die Functionen eines Centralorganes deshalb auch durch ein anderes mehr oder weniger vollständig übernommen werden können.
3. Die Thiere, bei denen alle wichtigeren centralnervösen

Verrichtungen gebunden sind an streng localisirte Ganglienanhäufungen, deren Verlust unabänderlich den Tod des Thieres nach sich zieht.

4. Die Thiere mit entwickeltem Cerebrospinalsysteme.

Untersuchen wir, welche weiteren Momente für die Berechtigung dieses Eintheilungsprincipes sprechen!

Die Sarkoplasten.

Bei allen der ersten Gruppe, den Sarkoplasten, anheimfallenden Lebewesen verbindet sich mit einer unbegrenzten Theilbarkeit und Reproductionsfähigkeit der Theilstücke nicht nur eine ausgesprochene Monotonie im histiologischen Baue, sondern auch eine auffallende Gleichartigkeit des Vergiftungsbildes, wenn die lebenden Theile mit irgendeinem deletär wirkenden Stoffe in innigeren Connex gerathen. Von Substanzen dieser Art, den sog. Protoplasmagiften, kennen wir bereits (vergl. S. 325) das Chinin, und diesem reihen sich weiterhin die Anästhetika, das Nicotin, das Veratrin und die Kalisalze an. Während alle sonstigen Stoffe, die nicht sogleich Eiweißgerinnung verursachen, auf Protozoen wie Spongien ziemlich wirkungslos befunden wurden und, was für uns ja das Wichtigere ist, an diesen keine prononcirte Vergiftungssymptome hervorrufen, tritt durch jedes der genannten Protoplasmagifte bald eine Lähmung ein, der ein Opakwerden und ein Zerfall der sarkoplastischen Masse nachfolgt.

Claude Bernard verfiel in einen schweren Irrthum, als er einst behauptete⁴³), die Anästhetika seien für die Flimmerzellen deshalb nicht als Gifte zu bezeichnen, weil keine schädliche Nachwirkung hinterbleibe, wenn die Zellen sich ihrer wieder entledigt hätten; so verhalten sich jedoch alle Gewebe allen Giften gegenüber. Kein Gift (weder das Strychnin und Curare, noch die Anästhetika) läßt beim Menschen, bei Arthropoden oder Medusen eine Nachwirkung bestehen, wenn es aus dem Organismus vollkommen wieder entfernt ist, und speciell den sarkoplastischen Giften gegenüber besteht kein qualitativer Unterschied zwischen den einfachsten

Lebewesen und den höchst entwickelten; es wirken diese Stoffe jedenfalls auf Prozesse störend ein, mit deren unbehindertem Verlauf im Thierreiche überall das Leben eng verknüpft ist.

Auf Grund unserer Vergiftungsversuche⁴⁴⁾ zählen wir den Sarkoplasten auch die Turbellarien zu. Wir sind uns dabei aber wohl bewußt, daß sich bei diesen eine Sonderung centralnervöser Organe physiologisch vielleicht nur deshalb so unvollkommen manifestirt, weil sich ihre Leibessubstanz zum größten Theil aus protoplasmatischem Materiale aufbaut, in welches selbst die kernhaltig angelegten Muskelfasern beim ausgebildeten Thiere wieder zurückgeschlagen sind⁴⁵⁾.

Weit weniger scharf begrenzt als die Sarkoplasten sind unsere zweite und dritte Gruppe. Als Repräsentant der zweiten Gruppe müssen wir diejenigen Oligochäten ansehen, bei welchen (wie z. B. bei *Lumbricus*) eine Regeneration des Kopfstückes am Hinterende beobachtet wurde oder bei welchen die Sprossungsvorgänge auf eine Gleichwerthigkeit der Ganglienknotten im Nervenstrang hinweisen, während für die dritte Gruppe die Pulmonaten das Paradigma abgeben würden. Es liegt jedoch auf der Hand, daß die zweite mit der dritten Gruppe verschmelzen würde, wenn die Thiere, bei welchen sich functionell gleichwerthige Ganglianhäufungen in regelmäßigen Abständen von einander differenzirt haben, als Thierstücke aufgefaßt werden und die Zahl der einzelnen Ganglienknotten auch als maßgebend für die Individuenzahl angesehen wird. In dieser Weise sind die Verhältnisse bei den Echinodermen und Medusen thatsächlich gedeutet worden, indeß liegt z. B. bei den Anneliden kein triftiger Grund für eine solche Auffassung vor, und zugleich sprechen auch viele morphologische Thatfachen dafür, dem Zustande eines consolidirteren Centralnervensystems ein in seiner Anlage mehr diffuses als Vorstufe gegenüberzustellen. Müßten wir demnach an einer Trennung der zweiten von der dritten Gruppe auch unbedingt festhalten, so empfiehlt es

Die acerebrospinalen Formen mit differenzirtem Nerven- und Muskelgewebe. *

sich andererseits aber ebenföhr bei einer speciellen Auseinander-
 fetzung von dieser Unterscheidung Abstand zu nehmen; denn
 Uebergänge sind, wie gefagt, hier zahlreich vorhanden und nach
 Abtrennung der Sarkoplasten kommen die sämmtlichen Wirbellosen
 mit alleiniger Ausnahme der Cephalopoden unter eine dieser beiden
 Gruppen zu stehen. Es scheint mir deßhalb rathsam, lediglich an
 der Hand der Systematik die Einrichtungen der centralnervösen
 Organe bei den Wirbellosen durchzugehen.

Bei Thierformen, welche nicht einmal über eine enzymatisch-
 secretive Verdauung verfügen, deren Körpermasse nahezu aus
 95 0/0, unter Umständen vielleicht aus mehr als 97 0/0 Wasser be-
 steht, treffen wir eine Einrichtung des Nervensystems an, wie solche
 in ihrer physiologischen Uebereinstimmung mit den Verhältnissen
 bei den Wirbelthieren von keinem sonstigen Vertreter eines andern
 Typus unter den Wirbellosen auch nur annähernd erreicht wird.
 Trotz allen Separirtbleibens der einzelnen Ganglienhaufen weisen
 nämlich die Medusen⁴⁶⁾ bezüglich der Anordnung und dem innern
 chemischen Gefüge ihres Nervenmuskelapparates die weitgehendste
 Analogie mit den Wirbelthieren auf, — eine Analogie, die sich
 selbst bei den Actinien⁴⁷⁾ noch erhält, bei diesen aber deshalb
 weniger deutlich hervortritt, weil die Ganglien den Endorganen
 dicht anliegen und so bei Abwesenheit längerer Leitungsbahnen
 der ganze Nervenmuskelapparat äußerlich mehr einen einheitlichen,
 ich möchte sagen, einen rein protoplasmatischen Eindruck macht.

Es ist unzweifelhaft das ausschließliche Verdienst von *Eimer*,
 experimentell festgestellt zu haben, daß bei den toponeuren Me-
 dusen (Acraspeden *Gegenbaur's*) die rhythmischen Contractionen
 angeregt werden von den «contractilen Zonen», und daß bei Er-
 haltung einer einzigen derselben sich das Thier noch wie ein nor-
 males contrahirt. Jedes Theilstückchen, welches eine contractile
 Zone enthält, contrahirt sich, während sämmtliche Stücke, die den
 Zusammenhang mit einer solchen eingebüßt haben, regungslos

erscheinen. Nach Verlust aller acht, bei normalen Thieren synchronisch thätigen contractilen Zonen vermögen sich die Medusen (*Aurelia aurita*) nicht mehr zu contrahiren, sind unbeweglich, wie todt; später zeigen sich aber wieder unregelmäßige, schwache Contractionen, welche anfangs mehr localer Natur sind, und nach 3—4 Tagen regelmäßigen, rhythmischen Bewegungen Platz zu machen pflegen.

Bei den cycloneuren Medusen (Craspedoten *Gegenbaur's*), z. B. bei *Sarsia*, sind die Ganglien im Schirmrande nicht in so hervorragender Weise localisirt wie bei den Toponeuren; bei jenen ist der ganze Schirmrand contractile Zone. «Ab schneiden des Schirmrandes hebt, und zwar ohne Ausnahme, die so äußerst lebhaften Contractionen der *Sarsia* sofort auf. Der Schirmrand selbst contrahirt sich nun munter fort, während sich der randlose Theil der Glocke nicht wieder erholt. Schneidet man drei von den vier, je einen Augenfleck tragenden verdickten Stellen, den sog. Ganglien, des Schirmrandes aus, so contrahirt sich die *Sarsia* weiter. Hat man aber auch das letzte Ganglion ausge schnitten, so fällt sie regungslos zu Boden, um sich jedoch gewöhnlich, wenn auch nicht immer, so zu erholen, daß sie späterhin wieder rhythmische Contractionen ausführt, die allerdings wenig kräftig sind.»

Schließlich führten Versuche von *Eimer* zu einem bemerkenswerthen Resultate bezüglich des physiologischen Zusammenhanges zwischen den contractilen Zonen und der quergestreiften Umbrellarmuskulatur. *Eimer's* diesbezügliche Versuchsreihen sind mit großem Geschicke von *Romanes* weiter ausgebildet, eröffneten diesem Forscher aber keine neue Gesichtspunkte, sondern bestätigten ihm nur das Ergebnis von *Eimer*, demgemäß eine sehr schmale Verbindungsbrücke, gleichviel in welchem Theile des Schirmes, die physiologische Verbindung der einzelnen Bezirke des letztern aufrecht erhalten kann.

Wie schwer selbst bei den Toponeuren der normale Verband

der Leitungswege bei möglichster Reduction der contractilen Zonen geschädigt sein kann, ohne daß die nervöse Leitung eine Einbuße erfährt, lehrt am schlagendsten folgender, von *Romanes* an *Aurelia aurita* ausgeführter Versuch: «Sieben Randkörper wurden ausgeschnitten, vom achten an wurde ein Schnitt spiralgig bis gegen das Centrum des Thieres hingeführt, sodaß der Körper deselben in ein langes Band geschnitten war, dessen eines Ende von dem letzten Randkörper, dessen anderes von dem Centraltheile der Scheibe eingenommen wurde. Es zeigte sich nun, daß die von dem Randkörper angeregten Contractionswellen sich durch die ganze Spirale bis zu deren Ende hin fortpflanzen konnten. Indessen hatten Länge und Breite des Bandes einen großen Einfluß auf das Resultat und es zeigten sich sehr große individuelle Verschiedenheiten. Der äußerste von *Romanes* beobachtete Fall ununterbrochener Leitung war der, in welchem die Spirale zwei und eine halbe Windungen machte. Der die Spirale bildende Gewebstreifen war dann ungefähr einen Zoll breit und nahezu eine Elle lang.»

Wir verzichten auf eine Auseinandersetzung der vielen sonderbaren Erklärungsversuche, durch welche *Eimer* seine schönen experimentellen Befunde entstellt hat, wir schweigen von *Eimer's* verfehlten Ideen bezüglich der will- und unwillkürlichen Bewegungen, von seinen «Erfatzconcentrationscentren» und seinen Neuro-muskelfasern, und untersuchen jetzt, welche theoretischen Schlüsse sich aus dem reichen Beobachtungsmateriale ableiten lassen.

Als ich 1878 versuchte, mir ein Bild von der Anordnung des Nervensystems bei den Medusen zu machen, bemerkte ich bald, daß ein Punkt nur sehr oberflächlich untersucht worden war, der für jede physiologische Erörterung von der allergrößten Wichtigkeit sein mußte; nämlich die Natur der Leitungsbahnen selbst. Wider Erwarten war ich so glücklich, die empfindliche Lücke nach jeder Richtung hin auszumerzen, indem mir der Nachweis gelang, daß bei allen von mir geprüften Medusen die contractilen Zonen mit

den Muskeln lediglich durch Nerven verbunden sind, und daß diese völlig analog den motorischen Endapparaten bei den Wirbelthieren in die Schirmmuskeln eintreten. Eine Klarlegung dieser Verhältnisse war nur mittelst combinirter Vergiftungsversuche möglich gewesen, und der entscheidende Beweis ergab sich dadurch, daß das Curare die Nervenendigungen in den quergestreiften Medusenmuskeln ebenso lähmt (vgl. S. 392 Anm. 117) als die motorischen Nervenendapparate in den willkürlichen Muskeln der Wirbelthiere, während es in jenem wie in diesem Falle die centralnervösen Organe und die Muskeln gänzlich unbeeinflusst läßt. Nehmen wir zu dieser Thatfache die Resultate der *Eimer'schen* Versuche hinzu, so ergibt sich für die Medusen Folgendes:

1. In dem Schirmrande finden sich eine bald größere, bald geringere Anzahl von physiologisch durchaus gleichwerthigen Nervencentren (*Eimer's* «contractile Zonen») vor, welche durch zahlreiche, vielfach mit einander verknüpfte Nervenfasern mit der Schirmmuskulatur im Zusammenhange stehen.

2. Nach Abtragung sämmtlicher contractilen Zonen erlischt die Bewegung kürzere oder längere Zeit vollständig, setzt aber später von Neuem ein. Daraus schließen wir, daß die Muskelcontractionen nicht nur von den contractilen Zonen aus direct, sondern auch noch von anderen rhythmisch automatischen Centren aus erregt werden, auf welche unter normalen Verhältnissen die contractilen Zonen einen hemmenden Einfluß ausüben. Diese oder noch eine andere Art secundärer Ganglien werden auch durch sensible Reize direct in Erregung veretzt.

3. Die Verbindungsweise der Nerven mit den Muskelfasern des Schirmes ist vollkommen analog derjenigen, welche wir durch *Kühne's* Untersuchungen bei den quergestreiften Vertebratenmuskeln kennen.

Bei den Ctenophoren⁴⁸⁾ wurden die Innervationsverhältnisse mit großem Erfolge bei jenen Arten studirt, bei welchen, wie z. B.

bei Beroe, die automatisch immer thätigen Schwingplättchen durch leistenartige Sperrvorrichtungen von dem Thiere nach Belieben zur Ruhe gebracht werden können. Bei jenen Formen hingegen, wo, wie z. B. bei Chiaja, diese Hemmungsvorrichtungen fehlen, und der Schlag der Schwingplättchen deshalb auch unter allen Umständen, ja noch lange nach dem Tode des Thieres fortbestehen bleibt, erwiesen sich alle Bemühungen, über den Mechanismus der nervösen Apparate Näheres in Erfahrung zu bringen, als aussichtslos.

Bei Beroe finden sich an dem Afterpole die sog. Sinneskörper, von welchen acht Züge von Ectodermzellen als Nerven zu den Rippen ausstrahlen. Diese Sinneskörper repräsentiren gewissermaßen das Centralnervensystem der Beroe und arbeiten an allen oder wenigstens an beiden Rippen ein und desselben Quadranten unter einander ebenso synchron wie die contractilen Zonen bei den Medusen, denen sie aber im Uebrigen keineswegs analog sind. Schneidet man eine Beroe der Quere nach durch, so steht die Schwingplättchenbewegung an der des Afterpols verlustig gegangenen Hälfte eine geraume Zeit still, während sie sich an der aboralen Hälfte sehr bald mit früherer Lebhaftigkeit wieder einstellt⁴⁹⁾. Reizt man bei Euplothamis an der oralen Hälfte, deren Schwingplättchen stillstehen, eine der Rippen mechanisch, so beginnen fast momentan die Schwingplättchen aller acht Rippen energisch an zu schlagen und rasch schwimmt das Theilstück davon (*Chun*). Durchtrennt man an einer unversehrten Beroe Eine der Rippen, so verhalten sich die beiden Theilstücke der durchschnittenen Rippe genau so wie die oralen und aboralen Hälften vollkommen durchschnittener Thiere, während die Flimmerbewegung an allen übrigen Rippen in normaler Weise fortbesteht.

Aus diesen Cardinalversuchen ergeben sich einige wesentliche Differenzpunkte zwischen den nervösen Einrichtungen der Medusen und denen der Beroe; denn wie ich gezeigt habe, müssen die

Beobachtungen an *Beroë* folgendermaßen gedeutet werden: Jene Sperrvorrichtungen an den Rippen, welche sich über die Schwingplättchenreihen hinüberlegen und so deren automatische Bewegungen stiften können, stehen durch Nerven mit Ganglien in Verbindung, von welchen den contractilen Elementen der Sperrleisten beständig tonische Erregungen zufließen, wodurch das Einschlagen der Flimmern gewöhnlich verhindert wird. Diese continuirlich automatisch wirkenden Centren, welche in großer Zahl vorhanden und den Flimmern sehr benachbart in den Rippen gelagert sein müssen, stehen mit den Sinneskörpern am Afterpole durch Nerven in directer Verbindung. Die spontanen Impulse, welche von den Sinneskörpern ausgehen, üben aber nur einen hemmenden Einfluß auf die automatischen Rippencentren aus, inhibiren den von ihnen normal ausgehenden Tonus der Muskeln an den Sperrvorrichtungen und stellen in Folge dessen den Schlag der Schwingplättchen still. Daß sich von den Sinneskörpern aus zugleich centrifugal leitende Nerven unmittelbar an die Muskeln der Sperrleisten begeben, ist nach dem Beobachteten höchst unwahrscheinlich, — sicher erwiesen indeß, daß eine Verknüpfung beider Organe durch centripetal verlaufende Fasern statt hat⁵⁰).

Wie die Durchschneidung Einer Rippe an der unversehrten *Beroë* lehrt, anastomosiren die von den Sinneskörpern zu den automatischen Rippencentren verlaufenden Nervenstränge bei *Beroë* nicht wie bei *Aurelia*; doch nach *Chun's* Versuche an *Euplathamis* zu schließen, bestehen hier nicht weniger ausgedehnte Nervenverzweigungen, welche die automatisch thätigen Centren verschiedener Rippen mit einander verbinden. Schließlich sei noch hervorgehoben, daß sämmtliche an *Beroë* geprüften Gifte (z. B. Strychnin, Curare) in erster Instanz reizend auf die Sinneskörper einwirken und wegen des bald eintretenden Absterbens der automatischen Rippencentren ein ständiges Erlöschen des Plättchenschlages herbeiführen, während bei *Chiaja*, wo die Sperrvorrich-

tungen fehlen, die Flimmern in der Strychnin- wie in der Curarelöfung außerordentlich lange in Bewegung bleiben.

Die Nervenphysiologie der Echinodermen⁵¹⁾ ist von verschiedenen Forschern zum Gegenstande experimenteller Untersuchungen gemacht worden; wir verfügen über Beobachtungen an Crinoiden, an Echiniden, an Asteriden, und nur für die Holothurioiden liegen keine präcisere Angaben vor.

Den Hohlraum des dorsoventralen Kelchhöckers (Quinquelocularorgan) bei *Comatula* betrachtet *William Carpenter* nicht, wie *Johannes Müller* und *Greiff* thaten, als Blutgefäß, sondern als das eigentliche Centralorgan des Nervensystems, von dem motorische Nerven zu den Armen abgehen und in den Pinnulae enden. *Carpenter* überzeugte sich, daß die ventrale Kelchfläche und die ganze Eingeweidemasse aus dem Kelche entfernt werden kann, ohne daß die Coordination der Armbewegungen gestört wird, daß dagegen Durchschneiden des Axenstranges die Muskelcontractionen an dem zugehörigen Arme zum Ausfall bringt. Auf die Ausbreitung der Arme hat die Nervendurchschneidung keinen Einfluß, denn diese ist keine Muskelwirkung, sondern geschieht durch elastische Ligamente, welche dorfwärts zwischen den Segmenten ausgespannt sind. *Carpenter* vermuthet auch, die homogene plasmatische Structur der Nerven möge in dem ausschließlich flectorischen Charakter der versorgten Muskeln begründet liegen, und hält die ventral verlaufenden Fasern *H. Ludwig's* für sensibele Nerven, die ihr Centrum in dem oralen Nervenringe finden.

Ich habe an derselben Form (*Comatula rosacea*) wie *Carpenter* experimentirt, bin aber zu einer von der seinigen sehr abweichenden Auffassung gelangt. Vor allen läßt sich die Anwesenheit eines motorischen Nerven in dem Axenstrange der *Comatula* nicht in der einfachen Weise experimentell darthun, wie *Carpenter* beobachtet zu haben angiebt. Schneidet man nämlich der *Comatula* von einem Arme Stücke (ohne den zugehörigen Basalanatz)

ab, so behalten dieselben ihre Empfindlichkeit und ihr Bewegungsvermögen noch stundenlang bei, und daraus geht, wie ich glaube, mit Evidenz hervor, daß auch in den Armen Reflexcentren vorhanden sind; hinsichtlich der Fortleitung sensibler Erregungen zeigt *Comatula* ein ähnliches Verhalten als das von *A. v. Heider*⁵²⁾ an Actinien beobachtete: Bei vorsichtigem Abschneiden einer Pinnula reagirt nur der zugehörige Arm, werden dagegen mehrere Pinnulae oder ein Stückchen der Armspitze oder endlich an verstümmelten Exemplaren das zu äußerst gelegene Brachiale entfernt, so antworten sämtliche Arme durch Abwehrbewegungen. Meine Ansicht geht demnach dahin, daß bei *Comatula* den Nerven überall ganglionäre Centren beigegeben sind, und daß der Nervenring, mag derselbe nun dorsal oder ventral liegen, nur als motorisches Coordinationscentrum von Bedeutung ist. Diesen Verhältnissen begegnen wir bei allen Echinodermen wieder.

Bei den Echiniden umgiebt den Mund ein Nervenring, welcher durch eine Furche in zwei concentrisch angeordnete Bänder getheilt ist, von denen das innere Band ausschließlich aus Fasern, das äußere aus epithelartig neben einander liegenden, sehr kleinen bipolaren Ganglien besteht und in die Ambulacralnerven ausläuft. Dieses ist nach *Fredericq* das Centralnervensystem der Echiniden, und es steht als solches der Coordination der Bewegungen vor, welche an allen Stücken fortfällt, deren zugehöriger Ambulacralnerv durchschnitten wurde. Durch Einkerbungen der Buccalmembran läßt sich der Nervenring am lebenden Thiere der Quere nach durchstechen, und diese Operation hebt die Coordination an allen Körperfsegmenten auf, welche durch den Nervenring nicht mehr unter einander in Verbindung stehen, während die Körperfsegmente, welche ihre Ambulacralnerven von ein und demselben Stücke des getheilten Nervenringes beziehen, noch wie zuvor harmonisch zusammenwirken.

Indem sich die Ambulacralnerven an der gesammten inneren

Schalenfläche reichlich verästeln, bilden sie den von *Ewart* entdeckten «inneren Nervenplexus», von dem weiterhin zahllose Fäden ausgehen, welche die Kalktäfelchen der Schale feitlich passiren, um sich mit dem, ebenfalls von *Ewart* aufgefundenen ganglienreichen Nervengeflechte an der äußeren Schalenoberfläche zu vereinigen. *Fredericq* kannte bereits die Thatfache, daß bei mechanischer Reizung der oberen Schalenhaut die Stacheln, die Saug- und Greiffüßchen sich sogleich der Reizstelle zukehren und die Haut vor dem Angriffe zu beschützen suchen. Wie *Romanes* nachwies, treten diese Abwehrbewegungen auch dann noch ein, wenn der innere Nervenplexus durch Salzfäure weggeätzt ist; ferner lassen sich diese Reflexe auch auf ganz bestimmte Bezirke dadurch beschränken, daß diese durch Schnitte, welche nur die Schalenoberhaut zu durchdringen brauchen, von der Umgebung infelartig abgegrenzt werden. Die vielfältigen Bewegungen, mit welchen die Stacheln, die Saugfüßchen und die Pedicellarien der Echinidenschale schwache Reize beantworten, scheinen durchgängig von den Ganglien des äußeren Nervenplexus ausgelöst zu werden; mit dem inneren Nervengeflechte ist gegenwärtig noch kein anderer Begriff zu verbinden als der einer Reizübertragung, welche sowohl von dem äußeren Plexus auf die Ganglien des oralen Nervenringes als auch umgekehrt erfolgen kann.

Wird ein *Echinus* (*Fredericq*), ein *Asterias* (*Vulpian*) oder eine Ophiuride (*Romanes*), bei welchen der Nervenring zwischen den Abzweigungen der Ambulacralnerven, also im Ganzen fünfmal durchschnitten ist, in die Rückenlage versetzt, so vermag keines der Thiere die normale Körperstellung wieder zu gewinnen. Jedes Zusammenwirken der Ambulacralanhänge und der Skelettmuskeln an den Antimeren ist durch die Operation unmöglich geworden, und Reize, welche einen beliebigen Punkt der Peripherie oder der Mundscheibe treffen, werden von den Säugfüßchenalleen an den fünf Ambulacralfeldern nicht mehr gleichsinnig beantwortet. Gleich

nach der Separation der fünf Centren im Nervenringe kommt es an dem auf den Rücken gelegten Astropecten zu einem tulpenartigen Zusammenlegen der Arme und bei den Ophiuriden stellt sich eine allgemeine Starre an den Armen ein; alle diese Erscheinungen, welche die unmittelbaren Folgen des experimentellen Eingriffes sind, verschwinden indeß bald, und jeder Arm, jedes Antimer vollzieht dann seine Bewegungen auf eigene Rechnung, unbekümmert darum, was an den übrigen vor sich geht.

Werden in Folge einer Durchtrennung des Nervenringes an den bezeichneten Stellen oder der versorgenden Ambulacralnerven nur einzelne Antimere aus dem Gesamtverbande ausgeschaltet, so resultiren stets Verhältnisse, welche nach dem Grundsätze, daß die Verbindungsstränge des Nervenringes nur Erregungen leiten, welche die Bewegungen an den einzelnen Ambulacren zu coordinirten werden lassen, mit vollkommener Sicherheit voraus zu bestimmen sind. Wird bei einem regulären Seeigel ein Ambulacrum, bei einem Asteriden oder einer Ophiuride ein Arm mit der im Basalende befindlichen zugehörigen Ganglienanschwellung des Nervenringes amputirt, so benimmt sich das Theilstück wie ein unverfehrtes ganzes Thier, indem es sich bei unbequemer Lage gleich jenem durch zweckmäßige Bewegungen der Stacheln und Füßchen die normale Körperhaltung wieder zu verschaffen weiß. Aber verschieden, je nach der Species, fällt das Resultat aus, wenn man ein Antimer ohne das zugehörige Ringganglion abtrennt. Ein solches Stück von *Asterias rubens* (*Vulpian*), von *Astropecten aurantiacus*, *A. pentacanthus*, *A. hispidus* und von *Ophioderma longicauda* vermag aus der Rücken- in die Bauchlage nicht zurückzukehren, während bei *Asteracanthion glacialis* und wahrscheinlich auch bei vielen anderen Asteriden nicht nur der am Ansatzende abgenommene ganze Arm, sondern auch jedes beliebige Querstück deselben sich dazu noch befähigt erweist. Durchschneidet man den Nerven eines amputirten *Asteracanthion-*

armes mitten in seinem Verlaufe, so ist die Coordination in den Bewegungen der Saugfüßchen zwischen der proximalen und distalen Hälfte des Armes gestört; an letzterer können die Bewegungen der Saugfüßchen z. B. nach oben gerichtet oder ganz eingestellt sein, während sie an dem proximalen Ende lebhaft darnach streben, den gewonnenen Befestigungspunkt an der Unterlage zu behaupten. Wir entnehmen diesem Versuche, daß bei *Asteracanthion* ein Ambulacrarnerv die gleiche Bedeutung für ein Zusammenarbeiten der einzelnen Armsegmente besitzt als der Ringnerv für ein Zusammenwirken der fünf Arme. Wenn nun aber bei mehreren *Astropecten*arten die Ergebnisse letzterer Versuche wesentlich andere sind als bei *Asteracanthion*, so glaube ich das lediglich auf die geringere Länge der Saugfüßchen und auf die glatte Form des Armerüftes, die dem isolirten Arme oder den Armstücken nicht die zu einer Umdrehung nöthige Fixation gewähren, statt auf einen grundverschiedenen histiologischen Bau der Armnerven schieben zu sollen. Ich muß zwar daran erinnern, daß an den Armgliedern der *Ophioderma* sog. zweckmäßige Bewegungen nach Abtragung des Basalganglions ebenso ausbleiben als bei den genannten *Astropecten*species; aber beide Erscheinungen lassen keinen Vergleich zu, denn an den *Ophioderma*armen erleichtert jede Bewegung deshalb so bald, weil die Armnerven außerordentlich ganglienarm sind und ihre Reflexcentren sehr rasch erlahmen, während sich die Saugfüßchen bei *Astropecten* durch peripheren Ganglieneinfluß sowohl an den einzelnen Armfragmenten als auch an curarifirten Thieren noch lange Zeit kräftig bewegen. Wir müssen nur bedauern, daß bislang nicht versucht worden ist, die Reflexcentren in den Armen der *Asteriden* durch Gifte verschieden zu beeinflussen und dadurch die Innervationsdifferenzen zwischen den Muskeln des Skelets und der Füßchen näher zu ermitteln, welche bei der Curarifirung in der Lähmung der ersteren und dem Intactbleiben der letzteren (*J. Steiner*) nur sehr oberflächlich hervortreten.

Was über das Nervensystem der Würmer⁵³⁾ experimentell erschlossen wurde, deutet auf zwei verschiedene Verhältnisse hin, welche sich auf die der Asteroiden ungezwungen zurückführen lassen. Ein mit dem Ringganglion in Verbindung gebliebener Ophiodermaarm wiederholt mit der geringen Lebensfähigkeit seiner peripheren Centren die Nervenordnung bei der einen Abtheilung der Anneliden und der Asteracanthionarm mit der großen Selbständigkeit seiner peripheren Ganglien die der andern Klasse. Zu letzterer würden die Würmer mit regenerationsfähigem Hinterstücke, vorzugsweise Oligochäten gehören, während bei den Hirudineen den Schlundganglien ein weit größerer Einfluß auf alle Segmente eingeräumt werden muß; nach *Kleinenberg*⁵⁴⁾, welcher an der Larve von *Lopadorhynchus* mit dem Flimmerkranze auch den Nervenring schwinden sah, und der dem entwickelten Wurme demnach fehlt, scheint außerdem bei einigen Würmerlarven der Innervationsmodus der Cölenteraten realisiert zu sein.

Nur an Hirudineen sind weitere Thatfachen aufgedeckt, die hier einer Erwähnung werth sind. Meine Vergiftungsversuche⁵⁵⁾ führten zu dem Resultate, daß bei *Hirudo officinalis* die Hautmuskulatur in analoger Weise innervirt wird wie die Schirmmuskeln der Medusen und die Skelettmuskeln der Vertebraten, indem in dem einen wie andern Falle die motorischen Nervenendapparate durch Curare gelähmt werden. Andeutungen dieser Nervenendigungen sind bei *Hirudo* später von *Armauer Hansen*⁵⁶⁾ gesehen. Gleichzeitig wurde von mir jedoch ermittelt, daß bei diesem Wurme das Verhalten der Muskeln zu den centralnervösen Organen dadurch ein ganz eigenthümliches wird, daß die Muskeln so außerordentlich empfindlich gegen die Anästhetika, besonders gegen Chloroform sind, weit empfindlicher noch als die Ganglien des Schlundringes. *Luchfinger* und *Guillebeau* glauben zwar, die *Luchfinger'sche* Idee⁵⁷⁾ von einem überall im Thierreiche gültigen Gesetze, nach welchem die centralnervösen Organe durch eine größere Empfindlichkeit für

die Anästhetika ausgezeichnet sind als die Muskeln, auch für *Hirudo* aufrecht halten zu können. Wer sich indeß die Mühe nimmt, aus den weitſchweifigen Mittheilungen dieſer Autoren die wenigen Thatſachen auszuleſen und kritiſch zu ſichten, erkennt ſogleich, daß dieſe Herren nicht einmal die Fähigkeit erlangt haben, periphere Wirkungen von centralen zu unterſcheiden, und daß ihre Verſuche an meinen Schläffen nicht das Mindeste verändern. Daß das ſog. *Luchſinger'sche* Geſetz rein aus der Luft gegriffen und unhaltbar iſt, werden wir auch ſpäter bei den Cephalopoden erfahren, wo Chloroform allemal zuerſt die Chromatophoren-muskeln in Lähmung verſetzt.

Das reichhaltige Beobachtungsmaterial, welches für eine Nerven-phyſiologie der Arthropoden⁵⁸⁾ beigeſchaftet wurde, wird am zweckmäßigſten zu ſichten ſein, wenn 1. die Verſuche Berücksichtigung finden, welche die Frage nach der Gültigkeit des ſog. *Bell'schen* Geſetzes betreffen, 2. der Verſuche gedacht wird, welche die Klarlegung der Functionen einzelner Ganglienknoten und deren Verbindungsſtränge verfolgen, und wenn ſchließlich 3. die analogen Beziehungen aufgeſucht werden, welche ſich zwiſchen dem Nervenſyſtem der Arthropoden und dem der Vertebraten experimentell ergeben haben. Bei dieſen Erörterungen verfahren wir in der Art, daß wir zunächſt die Cruſtaceen und darauf die Inſekten betrachten; auch werden wir dabei noch einiger Befunde an niederen Wirbelloſen zu gedenken haben, deren Erwähnung bis hierhin aufgehoben werden mußte.

Gegen 1833 veranlaßte *Bell* einen ſeiner Landsleute, *H. Newport*, das nach ihm benannte Geſetz auf ſeine Gültigkeit bei den Arthropoden zu prüfen. *Newport* verſuchte ſeine Aufgabe anatomisch zu löſen; er ſtudirte die Structur des Nervenſyſtems bei *Astacus marinus* und kam zu folgenden Ergebniffen: Der Bauchſtrang beſteht jederſeits aus zwei über einander liegenden Längsfaserzügen, die durch keine Quercommiſſur verbunden ſind;

der untere dieser beiden Stränge enthält gangliöse Anschwellungen, der obere hingegen nicht, und von beiden entspringen Nerven, die ebenfalls gefondert verlaufen. Nach *Newport* gehen aus dem oberen Nervenstränge die den vorderen Rückenmarkswurzeln der Wirbelthiere analogen motorischen Nerven, aus dem unteren die sensibelen hervor, und da *Newport* bei Arachniden (*Scorpio europaeus*), Myriapoden (*Scolopendra morsitans*) und Insekten (*Carabus*, *Sphinx ligustri*) die nämlichen Verhältnisse antraf, so hielt er auch den Schluß für berechtigt, daß die Insektenflügel von gefonderten, rein motorischen und rein sensibelen Ganglien aus innervirt werden. Somit würden bei den Arthropoden die motorischen und sensibelen Wurzeln umgekehrt gelagert sein als bei den Wirbelthieren, was mit *Geoffroy St. Hilairé's* Auffassung der Arthropoden als auf dem Rücken laufender Thiere im guten Einvernehmen stand.

Grant, *Joh. Müller*, *Valentin* wie *Blanchard* bestätigten die Angaben von *Newport*, ohne daß sich jedoch irgend einer derselben dazu verstand, die Frage experimentell in Angriff zu nehmen. Die ersten Versuche stellte *Longet* an *Palinurus quadricornis* an. Nach *Longet* entspringen von den Ganglien oder den interganglionären Cordons jederseits drei Nervenwurzeln; bei Reizung der obern Wurzel gaben sich keine Anzeichen von Schmerz zu erkennen, aber es erfolgten heftige locale Contraktionen, während Reizung der beiden unteren Wurzeln nur sehr schwache Bewegungen der davon direct innervirten Muskeln hervorrief, zugleich aber auch zu sehr schwachen allgemeineren Bewegungen führte, die als Schmerzäußerungen gedeutet wurden. *Longet* legte diesen Versuchen keine größere Bedeutung bei; er weist darauf hin, daß die Trennung seiner beiden unteren Wurzeln durch eine Ganglienschwellung vorgetäuscht sein könne, und daß seine Versuche somit nur die Bestätigung der *Newport'schen* anatomischen Befunde enthielten.

Vulpian war der erste, welcher die *Newport'sche* Lehre auf Grund seiner Untersuchungen bekämpfte. Er hatte sich beim Flußkrebs überzeugt, daß von jedem Ganglion des Bauchstranges rechts wie links zwei Nerven entspringen, welche vom Anfange an einfach sind und von denen keiner eine gangliöse Anschwellung besitzt, welche der hintern Wurzel eines Spinalnerven bei Wirbelthieren irgendwie vergleichbar wäre. Die Ursprungsstelle der beiden Nerven liegt im gleichen Niveau mit der der Verbindungsstränge; der eine Nerv entspringt etwas höher als der andere, aber beide sind motorisch und sensibel zugleich. Für die Connective gilt daselbe, und auch für die obere und untere Seite der Ganglien vermochte *Vulpian* keinerlei Unterschiede in dem motorischen und sensibelen Verhalten aufzufinden. Die eingehenden Untersuchungen von *Lemoine* und *Yung* bestätigten in allen Punkten die Angaben *Vulpian's*.

Yung wies nach, daß die von *Longet* dem Intervertebralganglion der Wirbelthiere verglichene Anschwellung des unteren Nerven keine Ganglien enthält und nur eine inconstante Verdickung des Verbindungsstranges darstellt. *Yung's* zahlreiche Experimente an den Abdominal-, Thoracal- und den beiden Schlundganglien, welche an ihrer Oberseite allemal die nämlichen zelligen Elemente wie an ihrer Unterseite führen, seine Versuche an den Connectiven und den peripher verlaufenden Nerven machen uns gewiß, daß die den beiden Nervenursprüngen an der Ganglienreihe ebenso wie die der obern und untern Ganglienfläche zugeschriebenen functionellen Unterschiede rein illusorische sind.

Anders steht die Sache bei den Insekten! Wir verdanken *Faivre* eine Fülle zuverlässiger Untersuchungen an *Dytiscus marginalis*, nach welchen die Verhältnisse folgende sind: Beim Opticus und den Antennennerven blieb *Faivre* im Ungewissen, ob ersterer nicht fast insensibel und ob der innere sehr sensible Antennennerv nicht zugleich auch wie der äußere motorisch ist; aber die Fußnerven erwiesen sich ausnahmslos als gemischter Natur und be-

kundeten an ihrer oberen Fläche keinen höheren Grad von Motilität oder von Sensibilität als an der unteren; aus Versuchen, welche an dem Verbindungsstrange zwischen dem Unterchlund- und dem Prothoracalganglion ausgeführt wurden, ergab sich für die Ganglienconnective ein gleiches Verhalten. Mit Ausnahme des oberen Schlundganglions, welches ähnlich der Großhirnrinde der Säugethiere nur an seiner unteren Seite schwach sensibel zu sein scheint, und den Ganglien, welche die Ursprungs- (Ganglion frontale) resp. die Ausgangsstätte (Ganglion stomachale) für das stomatogastrische Nervensystem abgeben und mehr oder minder deutlich nur eine motorische Function verrathen, sind sämmtliche Ganglien des Bauchstranges (Unterchlund-, meta- und prothoracales Ganglion etc.) an ihrer unteren Fläche rein und in ausgesprochenem Maaße sensibel, an ihrer oberen ausschließlich motorisch, während die mittleren und inneren Partien derselben beide Eigenschaften in sich vereinigen; selbst bei dem Unterchlundganglion, dem sensibelsten von allen, verliert sich die sensible Zone allmählig nach oben zu, indem die motorische dementsprechend langsam anwächst. Am prothoracalen Ganglion gelang es *Faivre*, durch tiefes Abtragen der oberen Fläche, die Bewegungsfähigkeit der davon innervirten Gliedmaßen aufzuheben, und ebenso durch oberflächliches Abtragen der unteren Seite des Ganglions deren Sensibilität zu vernichten. Wurden an dem Ganglion nicht nur die Ober- und Unterseite, sondern zugleich auch Seitenstücke fortgenommen, so war die Nervenleitung zwischen Kopf und Schwanz in keiner Weise unterbrochen, sondern nur die Gliedmaßen am Prothorax zeigten sich empfindungs- und erregungslos. Entfernte *Faivre* die obere, beziehungsweise die untere Fläche des Ganglions nur an der rechten oder nur an der linken Hälfte, so trat lediglich an dem Beine der correspondirenden Seite eine Lähmung der Motilität, resp. ein Erlöschen der Sensibilität auf; da die Muskeln aber oft noch auf einem andern Wege innervirt werden, so gelang es bei diesen Versuchen leichter,

das Verschwinden der Empfindung als das des Contractionsvermögens zu beobachten.

Berücksichtigen wir die Verhältnisse bei Batrachiern und Säugthieren, fernerhin die von *Moreau* entdeckte Thatfache, daß bei Fischen die sensibelen und motorischen Antheile der Rückenmarksnerven noch bis zu der Nervenendigung getrennt verharren, und endlich auch den Umstand, daß bei den Insekten die Theilung der Functionen in den nervösen Centren schon zum Ausdruck gekommen ist, so geben uns die Aufschlüsse *Faivre's* über den einheitlich functionellen Bau der Verbindungsstränge und der Fußnerven vielleicht einen leisen Fingerzeig, daß sich die motorischen und sensibelen Eigenschaften erst an den Ganglien, dann an den Nervenfasern differenzirten, und daß die Selbständigkeit beider an den Nerven der höheren Vertebraten schließlich wieder erloschen ist.

Wir wenden uns jetzt dem zweiten Punkte unserer Erörterungen zu, der die Localifation der Functionen in anatomisch scharf begrenzten Gangliengebieten zum Gegenstande hat. Die Nervenphysiologie der Krebse ist in neuerer Zeit von *Yung* und *Ward* bearbeitet. *Yung* hat mehrere Brachiuren wie *Macruren* in den Kreis seiner Untersuchungen hineingezogen, und seine Arbeit ist hinsichtlich der Krebse die vollständigste, die wir haben. *Ward* experimentirte ausschließlich am Flußkrebs, und seine Angaben beziehen sich nur auf die Functionen der Schlundganglien, stehen aber in vielfachem, wenn auch nur, wie ich vermuthe, in scheinbarem Widerspruche mit den *Yung's*chen Befunden. Beide Autoren sind darüber einig, daß Durchkreuzungen von Nervenfasern in keinem einzigen Ganglion, auch nicht im Oberschlundganglion vorkommen, daß bei einseitiger Verletzung der Ganglien die Verluste ausschließlich die correspondirende Seite betreffen, und es mag darnach auch berechtigt erscheinen, wenn *Yung* auf weniger schlagende Versuche hin annimmt, daß in dem Oberschlundganglion, welches mehrere Körperanhänge (Augenstiele, Antennen) inner-

virt, jedes Organ sein eigenes motorisches und sensibiles Centrum besitzt. Von den sechs Schwanz- und den fünf Thoracalganglien (excl. das Unterchlundganglion) functionirt jedes als einheitliches Reflexcentrum für das zugehörige Segment und seine Reflexwirkung steigert sich, wenn die Ganglienkette vorn durchschnitten wird und dadurch die Willensimpulse ausgeschaltet werden. Den hinteren Schwanzganglien und besonders dem Analganglion liegt, wie Reizung des letzteren ergab, zugleich die Function ob, die Darmbewegungen auszulösen und die Entleerung der Excremente zu besorgen. Das untere Schlundganglion verhält sich nach *Yung* nicht anders als die Schwanz- und Thoracalganglien; es versteht die Rolle eines Reflexcentrums für die Kaufüße und soll weder Spontaneität noch eine coordinatorische Bedeutung für die Bewegungen besitzen. *Ward* beobachtete indeß, daß nach Durchtrennung der beiden Schlundcommiffuren ein in die Rückenlage versetzter Krebs sich zwar nicht zu erheben oder in die Normalstellung zurückzukehren vermag, daß aber die Kaufüße, die Scheeren und die drei ersten Beinpaare noch in gleichem Tempo, alternirend, nicht synchron wie die Schwanzfüße, sich hin- und herbewegten; diese rhythmischen Bewegungen verwandelten sich ohne bemerkbare Ursache oder auf sehr geringfügige Störungen in eigenthümlich fressende und putzende. Auf ähnliche Erscheinungen an enthirnten Krebsen lenkte *M. Foster* bereits die Aufmerksamkeit von *Huxley*. Im Gegenfatze zu *Yung* betrachtet *Ward* das Unterchlundganglion nicht nur als ein den Thoracal- und Abdominalganglien ebenbürtiges Reflexcentrum, sondern auch als ein Centrum für die Coordination der Orts- und Freßbewegungen, sowie der rhythmischen Schwingungen der Extremitäten; nach *Ward* steht das obere Schlundganglion dem Willen und der Erhaltung des Gleichgewichts vor und vermag in Folge dessen auch die Reflexe in den übrigen Ganglien den Umständen gemäß abzuschwächen oder in festere Bahnen zu lenken. Ich schließe mich um so mehr der *Ward'schen* Anschauung an,

als auch *Yung* nach Durchschneidung des linken Schlundstranges geordnete Bewegungen an der operirten Seite fortbestehen sah, den Effect einer beiderseitigen Durchtrennung aber leider nicht abgewartet hat; es scheint mir zweifellos, daß sich bei *Yung's* Versuchen die Unterschlundganglien nicht unverletzt erhielten und seine Ergebnisse nur deshalb nicht mit denen der übrigen Forscher übereinstimmen.

Während noch 1857 *Leydig* dem Gehirn der Wirbellosen lediglich die Rolle des primus inter pares zuerkannte, so geht doch selbst bei den Insekten, wo die einzelnen Ganglien des Bauchstranges die größte Unabhängigkeit von dem Oberschlundganglion an den Tag legen, die Meinung aller Experimentatoren dahin, daß letzteres als der Sitz des Willens und der Direction der Bewegungen aufzufassen ist. Ich will nicht entscheiden, ob *Favre* sich im Rechte befindet, wenn er bei *Dytiscus* das metathoracale Ganglion für ein Centrum ansieht, welches nicht nur die Schwimfüße und die unteren Flügel beherrscht, sondern auch (indem die Abdominalganglien für die von ihnen ausgehenden Respirationsnerven nur Durchgangstationen sind) ganz allein die Respirationsbewegungen auszulösen, zu coordiniren und zu unterhalten hat, oder ob vielmehr *Baudelot* das Richtige getroffen, wenn er bei Libellen und *Dytiscus*larven ein bestimmtes Respirationscentrum in Abrede stellt und sich sämmtliche Abdominalganglien mit gleicher Stärke an den Athembewegungen betheiligen läßt⁵⁹), — soviel steht außer Frage, daß die Coordinationscentren bei den Insekten weit diffuser vertheilt sind als bei den Wirbelthieren und als auch bei den Krebsen. So richtet sich z. B. eine auf den Rücken gelegte kopflose Biene sofort wieder auf (*Dönhof*), eine kopflose *Blatta orientalis* fährt fort zu laufen und sich zu putzen (*Yerlin*), und die Durchschneidung des Bauchmarkes hat bei den Insekten meist nur die Aufhebung eines Zusammengehens der vorderen und der hinteren Körperhälfte zur Folge⁶⁰).

In einer Vertheilung von Centren für eine lange Reihe zweckmäßiger Bewegungen auf Gehirn und Bauchmark des Bruststückes

wie des Hinterleibes liegt immerhin ein auffallender Unterschied zwischen Insekten und höheren Wirbelthieren begründet; aber es fragt sich gewiß noch sehr, ob derselbe für eine Allgemeinbetrachtung nicht nur von untergeordneter Bedeutung ist. Ich bin der Meinung, daß von einer Coordination der Bewegungen, wie bei den Wirbelthieren, bei den Insekten überhaupt keine Rede sein kann, da bei diesen die Reflexe an sich schon in so hohem Maaße den Charakter des Coordinirten besitzen. Einerseits lehren die Gelenkverbindungen, daß die ausführbare Zahl der Bewegungen an den Insektengliedmaßen nur eine sehr beschränkte ist, und andererseits die von *Luchlinger* studirten Erscheinungen der gekreuzten Reflexe bei Abwesenheit sich kreuzender Fasern in den Ganglien, daß eine Reflexbewegung eine bestimmte andere unabänderlich nach sich zieht, wodurch jede besondere Regulation dieser Bewegungen, die keine willkürliche ist, überflüssig werden muß. Alle anderen Reflexcentren, deren Einfluß sich nicht auf die Beinmuskeln miterstreckt, wie z. B. das im Hinterleibe der Biene liegende für das Hervorstößen des Stachels und das bei *Dytiscus* im Ganglion frontale befindliche für den Schluckakt, finden in ihrer Unabhängigkeit von den Schlundganglien vollkommene Analoga auch bei den Wirbelthieren.

Wie bei den Säugethieren treten auch bei Arthropoden nach einseitiger Verletzung der wichtigsten Centren sog. Reitbahn- oder Rollbewegungen (vgl. S. 420) auf. Derartige Zwangsbewegungen sind bei Arthropoden lange bekannt. *Yung* beobachtete sie an Krebsen, bei denen ein Lobus des oberen Schlundganglions ausgeschaltet oder zerstört war; diese Thiere schwankten stets nach der verletzten Seite und drehten sich im inversen Sinne, z. B. bei Verletzung des linken Lobus von rechts nach links. Aehnliche Erscheinungen beobachtete *Yerlin* bei Insekten nach Verletzung des untern Schlundganglions, und *Faivre*⁶¹⁾ hat diese Störungen bei *Dytiscus* sehr genau untersucht. Nach einseitiger Verletzung des

unteren Schlundganglions beobachtete er eine entgegengesetzt verlaufende Rotation; war jedoch vor Ausführung dieser Operation das obere Schlundganglion entfernt, so stellten sich in Folge eines activen Zurückgehens der Beine an der verletzten Seite Manègebewegungen ein, welche nach Abtragung der Füße der entgegengesetzten Seite fortfielen, dagegen nach Abschneiden der Füße an der verletzten Seite repulativen und constanten Rotationen Platz machten. Andauernde Manègebewegungen im inversen Sinne traten regelmäßig auf, wenn ein Lobus des oberen Schlundganglions eine tiefere Verletzung erfahren hatte, und die Füße an der verletzten Seite amputirt worden waren; *Fairre* betrachtet diese Bewegungsstörungen als charakteristisch für eine einseitige Verletzung des oberen Schlundganglions. Nach Exstirpation eines Lobus des oberen Schlundganglions stellte sich eine attractive Rotation im inversen Sinne ein, die ebenfalls bestehen blieb, wenn an der verletzten Seite die Füße abgetragen wurden; wiederholte oberflächliche Reizungen des einen Lobus dieses Ganglions führten dagegen nur zu einer vorübergehenden gleichsinnigen Rotation. *Fairre* sagt nun: Weil nach tiefer Schädigung oder Abtragung eines Lobus des oberen Schlundganglions das Vermögen die Richtung zu wechseln bei Infekten erlischt, so folgt, daß das obere Schlundganglion der Sitz des Directionsvermögens ist. Der Einfluß des unverletzten Lobus äußert sich stets an den Gehfüßen derselben, niemals an denen der entgegengesetzten Seite, und jeder Lobus besitzt die Fähigkeit, die Direction der Gangbewegungen an der entsprechenden Hälfte für sich allein zu besorgen. So erscheint im Falle der oberflächlichen Reizung eines Lobus die attractive Rotation an der gleichen Körperseite, nach tiefer gehender Verletzung des Lobus und gleichzeitiger Abtragung der correspondirenden Gliedmaßen dagegen im inversen Sinne.

Solange grob anatomische Befunde mit physiologischen Thatfachen vermengt wurden, blieb ein Vergleich des Bauchstranges

der Articulaten mit Theilen des Nervensystems höherer Thiere wissenschaftlich unausführbar, und wir begegnen noch bis ins vorige Decennium hinein den abweichendsten Ansichten. *Reil*, *Ackermann*, *Bichat* sowie die Naturphilosophen hatten das Nervensystem der Evertebraten dem großen Sympathicus der Wirbelthiere verglichen. Von *Scarpa*, *Blumenbach*, *Cuvier* und *Gall* war die Idee einer Analogie zwischen diesen beiden Systemen aber wieder verworfen worden; sie deuteten die Ganglienkette der Arthropoden als dem Cerebrospinalsysteme der Wirbelthiere entsprechend. *Meckel*, *Walther*, *Dugès* und *Leuret* stellten den nervösen Apparat der Evertebraten nach Function und Structur dem Cerebrospinalapparate plus dem großen Sympathicus der Vertebraten an die Seite, während *E. H. Weber* die Ganglienknoten der Wirbellosen denjenigen Ganglien gleichsetzte, welche gewissen Hirnrückenerven der Wirbelthiere (z. B. den hinteren Rückenmarkswurzeln, dem Trigemini) eigen sind; nach *Treviranus* repräsentiren die Ganglienschwellungen der Evertebraten aber nicht nur jene letzt-erwähnten Ganglien der Wirbelthiere, sondern außerdem auch noch das Rückenmark.

In der neueren Zeit betrachteten die meisten Physiologen (so auch *Vulpian* und *Longet*) das Bauchmark der Articulaten als analog dem Rückenmarke der Wirbelthiere und verglichen, wie einst die Anatomen *Newport* und *v. Siebold*, das obere Schlundganglion dem Großhirn, das untere Schlundganglion nebst den Schlundcommissuren dem Kleinhirn und verlängerten Marke. In den auffallend starken gangliösen Anschwellungen des Rückenmarks, welche bei Fischen (*Trigla*, *Orthogoriscus*) vorkommen, vermuthete man, Anklänge an die Ganglienkette der Wirbellosen gefunden zu haben; doch man vergaß dabei, daß jene Bildungen nur die Ursprungsstätten stärkerer Nerven darstellen und als solche den Intumescenzen (Hals- und Lendenanschwellung) am Rückenmarke der Wirbelthiere entsprechen, deren Schwund bei Verkümmern der

Gliedmaßen (z. B. beider Anschwellungen bei Schlangen, der Intumescencia lumbalis bei Cetaceen und Chirotes) in der Wirbelthierreihe gut zu verfolgen ist.

*Gegenbaur*⁶²⁾ war der erste, welcher die morphologischen Uebereinstimmungen von den physiologischen scharf trennte und, indem er erstere gegen einander kritisch abwog, zu folgendem Schlusse gelangte: «Wenn auch am Rückenmarke der Wirbelthiere eine Aehnlichkeit mit der Ganglienkette gegliederter Wirbelloser nicht zu verkennen ist, so kann doch das Rückenmark von dieser keineswegs abgeleitet werden; vielmehr ist das centrale Nervensystem der Wirbelthiere als eine im hohen Maaße weiter entfaltete Ausbildung der oberen Schlundganglien wirbelloser Thiere anzusehen. Das wird durch die Uebereinstimmung in der ersten Anlage begründet, die in beiden Fällen aus einer Differenzirung des dem Ektoderm homologen äußeren Keimblattes erfolgt. Während aber die daraus entstehende Medullarplatte bei den Wirbellosern sich nicht in der ganzen Länge der Körperanlage ausdehnt, oder wenn auch anfänglich von solcher Länge, doch bald mit dem weiter wachsenden Körper nicht mehr gleichen Schritt hält, so findet bei der Wirbelthieranlage die Ausdehnung der Medullarplatte in einer dem Längenzwachsthum der Anlage adäquaten Weise statt und bedingt damit für das daraus entstehende Centralnervensystem eine der Gesamtlänge des Körpers entsprechende Ausdehnung.»

Unsere Aufgabe besteht ausschließlich darin, die analogen Verhältnisse, unbekümmert um die Homologieen, ins Auge zu fassen, und da gestaltet sich das Resultat wesentlich anders als in der vergleichenden Anatomie. Rufen wir uns die aufgezählten Thatfachen ins Gedächtniß zurück, so haben wir bei den Echinodermen den Nervenring dem Coordinationscentrum des Wirbelthiergehirnes, nach *Steiner* also dem Mittelhirn zu analogisiren, während die Ambulacralnerven bei der einen Speciesgruppe (z. B. bei *Asteracanthion*) functionell den Reflexcentren des Rücken-

marks, bei anderen Vertretern (z. B. bei Echinus) aber, wo dieselben mehr einfachen Nervensträngen gleichen, den Rückenmarksnerven an die Seite gestellt werden müssen. Für die Krebse schlossen wir uns der Auffassung von Ward an und erachten demgemäß das obere Schlundganglion als analog dem Großhirn nebst den angrenzenden Hirntheilen, das untere Schlundganglion als vergleichbar dem Mittelhirn, und das Bauchmark stellen wir in Parallele mit dem Rückenmark. Diese Verhältnisse verwickelten sich bei den Insekten insofern, als bei dem oberen Schlundganglion nur auf Spontaneität und auf ein Directionsvermögen für die Gliedmaßenbewegungen zu schließen war und die Coordinationcentren sich über die ganze Ganglienkette vertheilt fanden.

Es giebt eine Anzahl von Pflanzenstoffen, welche an Wirbelthieren eine excessiv gesteigerte Reflexreizbarkeit des Rückenmarks, der Medulla oblongata und des Gehirns hervorbringen, und in Folge deren es bei einer Vergiftung mit diesen Substanzen durch höchst unbedeutende, oft gar nicht mehr nachweisbare Reize, welche das Auge, das Ohr und insbesondere die Taftwerkzeuge treffen, zu Reflexkrämpfen kommt. Nach dem am besten und am längsten bekannten Repräsentanten dieser Gruppe bezeichnet man dieselbe als die des Strychnins. Die Strychninwirkung ist an zahlreichen Vertretern aller Evertibratenklassen studirt, und obsehon die Angaben der Autoren über den Erfolg derselben sehr verschiedenartig lauteten, so wissen wir doch jetzt, daß ein echter Tetanus durch das Strychnin an keinem einzigen Wirbellosen zu erzielen ist. Dieses Resultat ist den meisten Untersuchern sehr unwahrscheinlich vorgekommen, und sie entstellten deshalb ihre Beobachtungen in einer Weise, die jeden Unkundigen glauben machen mußte, daß die Strychninvergiftung bei Wirbellosen ebenso wie bei Wirbelthieren unausbleiblich einen Tetanus im Gefolge habe. Dem Strychnin gegenüber erweisen sich indeß schon mehrere Wirbelthiere (z. B. Hühner und Meerschweinchen) als außerordentlich widerstands-

fähig, und ich begreife deshalb die Sucht nicht, an Wirbellosen partout einen Strychnintetanus constatieren zu wollen, von dem hier einmal nirgends etwas zu sehen ist. An Echinodermen, Würmern, Krebsen und Mollusken beobachtet man bei einer Strychninvergiftung nur Lähmungsercheinungen; nur an Cephalopoden⁶³), wo dieselben nachweislich auch periphere Urfachen haben, und an Medusen gelang es mir⁶⁴), mich von einem Ueberempfindlichwerden der Reflexcentren bei der Strychninvergiftung zu überzeugen. Uns bestimmen diese Beobachtungen zu der Annahme, daß jener Hemmungsmechanismus, welcher am spinalen Reflexapparate der Wirbelthiere durch das Strychnin eine Ausschaltung erfährt, aber schon bei verschiedenen Species derselben sehr ungleich entwickelt ist, bei sämtlichen Wirbellosen nicht in einem irgendwie entsprechenden Grade zur Ausbildung gelangt ist.

Die großartigsten Differenzen, welche Vertreter ein und desselben Typus in der Anlage ihrer nervösen Apparate constatieren lassen, treffen wir bei den Mollusken⁶⁵) an. Das kann wahrlich nicht Wunder nehmen, da bei diesen die nervösen Centren in drei (Gehirn-, Fuß- und Eingeweideganglion der Lamellibranchiaten) resp. in vier (oberes Schlund-, Fuß-, Buccal- und Gastroöophagealganglion der Ctenophoren) paarweise oder selbst nur einfach angelegten Ganglienmassen concentrirt sind, welche ihrerseits durch reine Nervenfaferfränge mit den verschiedenartigsten Organen in Verbindung treten. Das grundverschiedene Verhalten einzelner Molluskenarten dem Curare⁶⁶) gegenüber deutet das schon an.

J. Steiner, welcher an unseren einheimischen Landpulmonaten Curarevergiftungen zuerst erfolgreich ausführte, gelangte zu dem leicht zu bestätigenden Resultate, daß eine *Helix pomatia* nach Injection von $2\frac{1}{2}$ mg Curare ihre selbständigen Bewegungen momentan vollkommen einbüßt, während die Reflexthätigkeit die normale bleibt. Bei einigen Meerwassergastropoden (z. B. bei *Aplysia*, *Doris*) scheint die Wirkung ebenfalls wie bei unserer

Helix eine centrale zu sein, aber dieselbe stellt sich lange nicht so plötzlich ein und bei anderen Formen, besonders bei Lamellibranchiaten (*Anodonta*, *Lithodomus*, *Mytilus*, *Arca*), erhalten wir selbst bei Anwendung großer Dosen von Curare nur ein ebenso unbestimmtes Vergiftungsbild als bei den Krebsen. Bei Cephalopoden ist kaum eine andere Giftwirkung so unsicher in ihren Erfolgen als die des Curare. Hiermit stehen die Ergebnisse der Vivificationsversuche in vollem Einklange.

Als die zuverlässigste Arbeit über die Nervenphysiologie der Pulmonaten ist noch immer die von *Vulpian* anzusehen, welche durch die widersprechenden Angaben *H. v. Jhering's* keine Einbuße an Anerkennung erfahren hat. Nach *Vulpian* kommt dem Gehirn- und dem untern Schlundganglion eine sehr ungleiche Bedeutung für das Leben der Helix zu. Die Operation ist in dem einen Falle durch Nebenumstände nicht mehr gefährdet als in dem andern, aber trotzdem überlebt die Schnecke die Exstirpation des untern Schlundganglions gewöhnlich nicht länger als 24 Stunden, die des Gehirnganglions dagegen 4—5 Wochen. Eine Helix, welche des untern Schlundganglions beraubt ist, oder bei welcher diese Ganglien auch nur in der Medianlinie durchschnitten sind, benimmt sich wie ein des Großhirns beraubtes Wirbelthier; sie vollführt keine willkürliche Bewegungen und bleibt tief in ihrem Gehäuse verborgen. Die electriche Reizung übt ebenfalls an beiden Ganglien eine sehr verschiedene Wirkung aus; denn während ein Reiz, der das Gehirnganglion trifft, nur schwach beantwortet wird, löst Reizung des untern Schlundganglions kräftige und allgemeine Contractionen aus. Einen mächtigeren Einfluß auf die respiratorischen Bewegungen scheint keines der beiden Ganglien zu besitzen; nach Entfernung des Gehirns bestehen dieselben unverändert fort, und nach Exstirpation des oberen und des unteren Schlundganglions verlaufen dieselben nur geschwächt und deshalb auch weniger normal.

Ueber die Function der einzelnen Ganglien bei den Lamelli-branchiaten belehren uns gegenwärtig ganz allein die bereits S. 406 erwähnten Untersuchungen von *Pawlow* an den Schließmuskeln großer Exemplare von *Anodonta cygnea*. Bei dieser Muschelspecies liegt jederseits unter dem Mantel und dem vorderen Schließmuskel benachbart ein Ganglion, die beiden fog. vorderen Ganglien. Diese befinden sich sowohl unter sich als auch mit dem hinteren, auf der Bauchseite des hintern Schließmuskels gelegenen Ganglion in directer Nervenverbindung, und das hintere Ganglion ist demnach mit jedem der beiden vorderen Ganglien durch Nerven (fog. Verbindungsnerve) verbunden. Zu den Schließmuskeln gehen nun zwei Klassen von Nervenfasern, die einen motorische, welche Verkürzung des Muskels veranlassen, die anderen, wie man heute noch sagen würde, hemmende, welche den verkürzten Zustand des Muskels aufheben und Erschlaffung desselben herbeiführen. Die motorischen Nerven entspringen für jeden der beiden Muskeln aus dem zunächst gelegenen Ganglion; die hemmenden oder erschlaffenden Fasern gehen insgesammt aus den vorderen Ganglien hervor; sie werden dem vorderen Schließmuskel durch die kurzen, ihm von den vorderen Ganglien zugesandten Nervenstämmchen, dem hinteren Schließmuskel durch die Verbindungsnerve zugeführt.

Das hintere Ganglion fungirt für den hintern Schließmuskel als motorisches Centrum, die vorderen Ganglien spielen dieselbe Rolle gegenüber den vorderen Schließmuskeln. Die motorischen Zellen der beiderseitigen Ganglien können sowohl von peripherischen Nervenfasern (des Mantels, der Kiemen) als durch gewisse Fasern des Verbindungsnerve in Thätigkeit versetzt werden. Die vorderen Ganglien sind überdies im Stande, in beiden Schließmuskeln Erschlaffung herbeizuführen. Bemerkt sei noch, daß die Schließmuskeln selbst nach ihrer Trennung von den zugehörigen Ganglien aus dem Zustande des Tonus in den der Erschlaffung übergehen und aus diesem in den Zustand des Tonus zurückkehren

können; aber beiderlei Veränderungen erfolgen an den sich selbst überlassenen Muskeln überaus langsam und erfordern Stunden.

Traten bei Infekten die specifischen Hirnverrichtungen den coordinirten Reflexen gegenüber dermaßen in den Hintergrund, daß man in diesen Thieren reine Rückenmarkswesen vor sich zu sehen glaubte, so sind hingegen bei den Mollusken die centralnervösen Functionen derart localisirt, daß man nur schwanken kann, den einen oder anderen Gangliencomplex seiner physiologischen Dignität nach einem gewissen Hirntheile der Vertebraten als ebenbürtig zu erachten oder denselben in die Klasse peripherer Centren zu verweisen. An ein Analogon des Rückenmarks kann weder bei Gastropoden noch bei Lamellibranchiaten irgendwie gedacht werden.

Die verdienstvollen Arbeiten von *G. Colasanti* lassen die Verhältnisse bei den Cephalopoden wesentlich anders erscheinen. Hier finden sich Nervenstränge, welche dem Rückenmarke der Wirbelthiere nicht nur functionell entsprechen, sondern auch in ihrer histologischen Anordnung ganz den Eindruck wie dieses machen.

Das Cerebrospinalsystem der Cephalopoden.

Wie uns *Vulpian* mittheilt, war schon von *Sharpey* beobachtet worden, daß in den Armen von *Octopus* zwei innig verwachsene Nervenstämme verlaufen, von denen der eine in regelmäßigen Abständen Ganglienanfchwellungen führt, während der andere derselben entbehrt. Aus dem Ganglien enthaltenden Faferzuge ließ *Sharpey* die Nerven für die Saugnäpfe der Arme hervorgehen, während aus dem andern Strange die für die Muskeln bestimmten Fasern entspringen sollten. Ohne *Sharpey's* Arbeit zu kennen, stellten *Chéron*, *Owsjannikow* und *Kowalersky* über denselben Gegenstand Beobachtungen an und gelangten zu derselben Auffassung wie jener. Erst *Colasanti*, welcher den Armnerven einer genaueren mikroskopischen Prüfung unterwarf, zeigte, daß die Vorstellung *Sharpey's* und aller übrigen Autoren von einem auf die Anfchwellungen beschränkten Vorkommen der Nervenzellen eine durchaus irrige ist, daß vielmehr der Nerv des Cephalopodenarmes in seiner

ganzen Länge, von der Basis bis zur Spitze des Armes, Ganglienzellen enthält und zwar in einer durchaus bestimmten Anordnung, die sich auf jedem einzelnen Querschnitte in identischer Weise und mit gleicher Regelmäßigkeit reproducirt, wie das bekannte schräge Kreuz auf dem Querschnitte des Rückenmarks der Wirbelthiere. Die Centralnerven der Arme haben mit peripherischen Nervenfasern demnach nichts gemeinsam, sie gehören den nervösen Centralorganen zu und werden daher wohl zweckmäßig als die «nervöse Axe» bezeichnet.

Betrachtet man das Querschnittsbild eines solchen Armnerven, so tritt sowohl in der bilateralen Symmetrie, zu welcher die von der in einer medianen Längsfurche der nervösen Axe eingebetteten Arteria brachialis ausgehende Raphe Veranlassung giebt, als auch in der Constanz des Bildes auf allen möglichen Querschnitten eine überraschende Aehnlichkeit zwischen dieser Bildung und dem Rückenmarke der Wirbelthiere hervor. Diese Uebereinstimmung gewinnt noch an Bedeutung dadurch, daß ganz wie im Rückenmarke so auch in der nervösen Axe das identische Bild bedingt wird durch eine bestimmte Abwechslung und Configuration von zwei Substanzen, die ohne den geringsten Zwang als graue und weiße bezeichnet werden können, da die erste ganz wie die des Rückenmarks ausschließlich aus Ganglienzellen und molekulärer Masse, die zweite ebenso ausschließlich aus Nervenfasern besteht, die ganz ebenso quer durchschnitten erscheinen wie die weißen Stränge des Rückenmarks.

Dieses stets wiederkehrende Querschnittsbild der nervösen Axe, welches zuerst, wenn auch ungenau, von *Chéron* beschrieben und abgebildet wurde, ist allerdings dem Querschnitte des Rückenmarks einigermaßen unähnlich. In der nervösen Axe umgiebt nicht eine Schale weißer Substanz den grauen Kern, sondern beide Substanzen erscheinen auf dem Querschnitt neben einander gelagert. Die weiße Substanz besteht aus zwei symmetrischen Strängen von

rundlichem Querschnitt, welche den der Außenfläche des Armes zunächst liegenden Theil der nervösen Axe einnehmen. Die graue Substanz liegt der Innenseite des Armes näher; sie zerfällt in einen Ganglienzellen-haltigen und in einen Ganglienzellen-freien Theil, welcher letztere in seinem mikroskopischen Aussehen die größte Aehnlichkeit mit der molekulären Außenschicht der Kleinhirnrinde zeigt. Das Verhältniß dieser beiden Theile der grauen Substanz ist ein durchaus constantes, indem die Ganglienzellenschicht die molekuläre Masse von außen in Hufeisenform umgiebt.

Die interessantesten Uebereinstimmungen zwischen der nervösen Axe und dem Rückenmark ergeben sich aber erst aus einer Betrachtung der einzelnen Querschnittsbilder; denn hier zeigt sich, daß in beiden Fällen die abändernden Factoren ganz die gleichen sind. Am Cephalopodenarme erklärt sich die abwechselnde Dicke des Nervenarmes unschwer daraus, daß in den Einschnürungen die graue Substanz allein für die Muskulatur und Haut des Armes die Nervenwurzeln herzugeben hat, während in den Anschwellungen noch die sensiblen und motorischen Nerven für die Saugnäpfe hinzukommen, und der allmälige Schwund der weißen Substanz von der Basis bis zur Spitze des Armes hat offenbar nur darin seinen Grund, daß je weiter man gegen das Ende vordringt, der durch die weiße Substanz mit den höheren Nervencentren in Verbindung stehende Körpertheil beständig kleiner wird und ein beständig geringer werdendes Nervengebiet in der weißen Substanz repräsentirt zu werden braucht.

Giebt sich in diesen, den anatomischen Bau modificirenden Momenten eine vollkommene Analogie zwischen der nervösen Axe und dem Rückenmark zu erkennen, so muß es andererseits doch auffallen, daß die graue Substanz an der Spitze des Cephalopodenarmes quantitativ ebenso mächtig entwickelt ist als an der Basis, während die dünne Armspitze viel weniger Nerven zu ihrer Verforgung brauchen sollte als die starke Basis. Indessen ist es

nicht schwer, eine ausreichende Erklärung für diesen scheinbaren Widerspruch zu finden: offenbar hat die dünne Armspitze eine ganz andere Function als die starke Basis; sie ist vorzugsweise Taftorgan, während die mechanischen Leistungen des Armes ausschließlich in der muskelkräftigen Basis ihren Sitz haben. Wenn daher auch die Spitze des Armes sehr viel weniger motorische Nervenfasern verbraucht, so hat sie dafür desto mehr sensitive nöthig, und es begreift sich leicht, daß der Ueberschuß an letzteren den Ausfall an ersteren vollkommen compensiren kann. Offenbar mit diesem Verhältniß hängt die charakteristische Verschiedenheit der Armspitze von denen der Basis zusammen. Die zelligen Elemente der ersteren sind fast durchweg äußerst klein, und ihr Ensemble hat sehr große Aehnlichkeit mit der Körnerschicht des Kleinhirns oder der Retina. An der Basis hingegen finden sich vorzugsweise große Ganglienzellen mit deutlichem Kern. Es scheint also, als ob auch innerhalb des Molluskentypus daselbe Verhältniß stattfindet wie bei den Wirbelthieren, daß nämlich die sensibelen Zellen stets kleiner gebildet sind wie die Ursprungszellen der centrifugalen Nervenfasern.

Während die nervöse Axe, als nervöses Centralorgan betrachtet, mehrere höchst bemerkenswerthe anatomische Uebereinstimmungen mit dem Rückenmarke zeigt, fehlen solche durchaus für die von ihr ausgehenden Nerven, für welche sich keinerlei derartige Beziehungen mit den Rückenmarksnerven nachweisen lassen. Die peripherischen Nerven entspringen von der nervösen Axe während ihres ganzen Verlaufes, reichlicher von den Anschwellungen, aber auch von den Einschnürungen. Ihre Ursprungsweise ist sehr inconstant: das einzige constante Factum ist, daß sie stets aus dem molekularen Theile der grauen Substanz hervorgehen und daher, um an die Oberfläche der nervösen Axe zu gelangen, die Ganglienzellenschicht durchsetzen. Von einem Entspringen mit gesonderten Wurzeln wie im Rückenmark ist niemals etwas zu sehen, wie überhaupt auf den Querschnitten der nervösen Axe nichts von einer

Scheidung oder Localisirung der motorischen und sensibelen anatomischen Elemente nachzuweisen ist. Ja, es scheint in Bezug auf Anzahl und Modus der Nervenursprünge nicht einmal auf beiden sonst bilateral symmetrischen Seiten der nervösen Axe eine Uebereinstimmung vorzuliegen.

Dieser hochorganisirten Natur der nervösen Axe entspricht in allen Punkten die physiologische Selbständigkeit des Cephalopodenarmes, welche allemal weit bedeutender ist als an irgend einem abgetrennten Körpertheile des zählebigsten Wirbelthieres. Bei einigen Cephalopoden (*Tremoctopus violaceus*, *Philonexis Carenae* und *Argonauta argo*) vermag sogar ein abgelöster Arm als selbständiger Begattungsapparat zu functioniren und wurde als solcher von *Delle Chiaje*, von *Cuvier*, ja selbst noch von *Kölliker* für ein volles Individuum, für einen Eingeweidewurm (*Hectocotylus octopodis Cuvier*) oder für einen vollständigen männlichen Cephalopoden (*Tremoctopus violaceus Kölliker*) gehalten. Ein solcher Arm ladet sich mit den merkwürdigen Samenpatronen, löst sich von dem Thiere los und begiebt sich dann selbständig auf die Frei.

Bei electriccher Reizung der nervösen Axe erhielt *Colasanti* Bewegungen des Armes, Action der Saugnäpfe und Farbenveränderung der Haut, doch war — da es nicht gelang, die Reizung, wie es das Thier vermag, auf einzelne Fasern zu beschränken, und auch die von den weißen Strängen erst nach Durchsetzung von grauer Substanz und von Ganglienzellen besorgte Innervation der Muskeln des Armes, der Saugnäpfe oder der Haut den Versuchen wenig günstig sich erwies, — kein constantes Resultat zu erzielen. In der Thatfache, daß die Bewegungen des Haft- und Saugraumes an den Saugnäpfen nach ihrer Lostrennung vom Arme oder nach völliger Zerstörung der centralen Axe noch in der normalen Weise, wenn auch mit sehr vermindelter Energie von Statten gehen, sieht *Colasanti* keine Reflexaction, sondern den Ausdruck für eine directe

Erregbarkeit der Muskeln, wie solche ebenfalls von *Engelmann*⁶⁷⁾ für den Ureter und von *Cohnheim*⁶⁸⁾ für die Arterienmuskulatur angenommen ist.

Weit sparsamer fließen die Thatfachen, wenn wir bei den Cephalopoden nach den Functionen der einzelnen Hirnabschnitte fragen; nur Versuche von *Klemeniewicz* geben uns hierüber einen etwas näheren Aufschluß.

Die Nervenmasse des Cephalopodengehirns besteht aus grauer und weißer Substanz, von welchen erstere als die Rindensubstanz aufgefaßt werden kann; diese ist entweder von großzelliger Beschaffenheit (Rinde des untern Halbringes, des Ganglion pedunculi, des untern Theiles des Gangl. cerebrale und die um dem Oesophagus liegende ringförmige Masse von grauer Substanz) und färbt sich alsdann mit Pikrocarmin wie mit Blauholzextract nur schwach, oder sie ist, ähnlich der Körnerschicht des menschlichen Kleinhirns, kleinzellig (graue Substanz des Gangl. opticum und des oberen Knoten des oberen Schlundrings [«Calotte» oder Haube *Chéron's*]) und nimmt in diesem Falle durch Pikrocarmin eine dunkelrothe, durch Blauholzextract eine dunkelblaue Färbung an. In der weißen Substanz sind eine große Anzahl von Faferzügen vorhanden, welche in den mannigfachsten Richtungen verlaufen und sich durchkreuzen. So sind z. B. durch die aus den Pedunculis ausstrahlenden Fasern die Gangl. optica und möglicherweise auch die Gangl. pedunculi nicht nur unter sich, sondern auch mit dem oberen und unteren Theile des Schlundrings in Verbindung, deren einzelne Knoten wieder durch Faferzüge zusammenhängen; aus den letzteren, den Knoten des unteren Halbringes, gehen aber in großer Menge die Nervenstämmе zu den verschiedenen Körperteilen ab.

Diesen anatomischen Verhältnissen entsprechen die Erfolge der physiologischen Versuche. Die electriche Reizung der kleinzelligen grauen Substanz, der Haube, ruft weder Bewegungen an den Körpermuskeln, noch eine Verdunklung der Haut hervor: Ver-

änderungen, welche sofort erfolgen, wenn das Ganglion pedale, die hintere Partie des Ganglion cerebrale, oder wenn die unmittelbar unter dem Ganglion cerebrale und dem Oesophagus liegenden Theile des Schlundringes gereizt werden. Setzt man die Electroden auf das Ganglion opticum, auf einen Pedunculus oder je eine Electrode auf je einen Pedunculus, so erfolgt wohl eine Extension der Chromatophoren und in Folge dessen eine Dunkelfärbung der Oberfläche, aber keine Contraction der Haut- und der Körpermuskulatur. Werden die Reizungen an den Pedunculis oder den Ganglien des Opticus einseitig ausgeführt, so bleibt der Effect nur bei schwachen Reizstärken auf die entsprechende Körperseite beschränkt, auf stärkere Reize reagiren (wegen der mannigfach sich durchkreuzenden Faferzüge) die Chromatophoren und die Muskeln beider Körperhälften. Ein hinter den Pedunculis und mit diesen parallel laufender Transversalschnitt durch den Schlundring scheidet das Thier in zwei getrennt innervirte Körperstücke, in ein vorderes mit Tentakeln, Kopf und Trichter, und in ein hinteres, dessen Wirkungssphäre von einer Reizung der Pedunculi und der Ganglia optica unabhängig geworden ist. Aehnliches läßt sich auch durch Anlegung eines analogen vorderen Querschnittes für die vordere Körperhälfte oder mittelst Durchtrennung der Basis eines Fangarmes für einen solchen erreichen.

Alle Autoren (*Bert*, *Klemeniewicz*, *Fredericy*) sind darin einig, daß das obere Schlundganglion der Cephalopoden dem Großhirn der Vertebraten entsprechend functionirt, während das untere Schlundganglion motorische Centren für die Athmung und für die Chromatophorenmuskeln, und Reflexcentren für die Bewegungen verschiedener Körpermuskeln enthält. *Bert* sagt von *Sepia*, *Fredericy* von *Octopus*, daß sich der des oberen Schlundganglions beraubte Cephalopode wie eine des Großhirns beraubte Taube benimmt; die Athmung, die Circulation und die meisten übrigen Functionen vollziehen sich wie normal, aber das Thier

verhält sich vollständig passiv, es führt keine willkürlichen Bewegungen aus und rührt sich, wenn es kein äußerer Anstoß zwingt, überhaupt nicht von der Stelle.

An der hinteren Fläche des unteren Schlundganglions entspringen paarig je zwei größere Nervenstämme, der große Eingeweidenerve und der Mantelnerve, von welchen sich letzterer an das Ganglion stellare begiebt. An diesen Nerven ist von *P. Bert*, *Chéron* und *Fredericq* experimentirt worden; letztere beiden Forscher haben aber die Angaben *Bert's* nur bestätigen und denselben nur wenig Neues hinzufügen können. Es ergab sich, daß beide Nervenpaare motorisch wie sensibel sind und in näherer Beziehung zu der Athmung stehen. Nach *Fredericq* werden die Respirationsbewegungen, welche bekanntlich vorzugsweise in rhythmischen Contractionen des Mantels bestehen, ausschließlich auf reflectorischem Wege ausgelöst und zwar durch Erregungen, welche von den großen Eingeweidenerven centripetal dem Unterchlundganglion zugeführt und hier auf die Mantelnerve als motorische übertragen werden. Nach Durchschneidung der beiden Visceralnerven stehen die Athembewegungen sofort still und nur energische Erregungen anderer sensibler Nerven (der Haut, der Arme, des Kopfes u. s. w.) lösen alsdann noch kurz andauernde Respirationen aus, während jeder Reiz, welcher das centrale Ende eines der beiden durchschnittenen Visceralnerven trifft, durch eine Reihe rhythmischer Respirationsbewegungen beantwortet wird. Durchschneidung der Mantelnerve vernichtet lediglich die respiratorischen Bewegungen der beiden Kiemenfächer, von welchen ein jeder von dem Mantelnerve der zugehörigen Seite versorgt wird, nicht aber die Contractionen des Trichters und seiner Seitenklappen. Ferner versehen die Visceralnerven bei den Pulsationen der Herzen und der großen Gefäße die nämliche Rolle als der Vagus am Herzen der Wirbeltiere, allein mit dem Unterschiede, daß die Wirkung eines jeden Visceralnerven sich auf die gesammten Kreislauforgane erstreckt

und nicht nur die Contractionen an den Gefäßen der entsprechenden Körperhälfte beeinflusst; eine Durchschneidung oder eine periphere Reizung beider Nerven hat natürlich eine energiereichere Wirkung zur Folge, als wenn es sich dabei nur um einen der Nerven handelt. Entsprechend dem herangezogenen Vergleiche mit der Vaguswirkung auf das Wirbelthierherz führt die Durchschneidung beider Eingeweidenerven eine schwache Beschleunigung der Herzschläge herbei, während eine electriche Reizung der peripheren Nervenenden, je nach der Stärke, die arteriellen wie die Kiemenherzen langsamer schlagen macht oder ganz zum Stillstande bringt. Sicher ist schließlich noch, daß beim Abtragen des gesammten Schlundringes, bei Durchschneidung der Mantelnerven oder bei Ausrottung der Sternalganglien, bei Operationen also, welche die Athembewegungen sofort sistiren, die Herzschläge keine Verlangsamung erfahren. *Friedericq* hat auch angegeben, daß mit der großen Hohlvene auf die Herzbewegungen beschleunigend wirkende Nervenfasern verlaufen, doch scheint es sich bei seinen Versuchen eher um eine directe Reizung der Gefäße als um eine nervöse Leitung gehandelt zu haben.

Die Wirkungsweise der Mantel- und Visceralnerven bei den Cephalopoden, deren Besprechung von der der Leistungen der Centralorgane nicht gut zu trennen war, führt uns unmittelbar zu dem dritten Theile unserer Aufgabe, zu dem Versuche einer vergleichenden Physiologie der Innervationsverhältnisse der vegetativen Apparate. Mit Aussicht auf Erfolg läßt sich eine vergleichende Betrachtung der nervösen Erregungen zur Zeit aber nur an zweien dieser Apparate unternehmen, an denen der Circulation und an denen des Farbenwechsels.

Unserm Vorfatze getreu, daß die Innervationsverhältnisse bei den höheren Thieren uns als Richtschnur bei den Wirbellosen zu dienen haben, wenden wir uns vorerst nochmals den Wirbelthieren zu und untersuchen, wie sich bei diesen die Nervenverbindung der

einzelnen Organe mit dem Centralnervensysteme gestaltet. Werden die Erfahrungen an den Wirbelthieren uns auch verhältnißmäßig Weniges bieten, welches sich schon gegenwärtig im vergleichend physiologischem Sinne weiter verwerthen läßt, so schaffen wir uns damit doch einen festen Boden, auf dem ersprißlich weiter zu bauen ist, und auf dem speciell die Eigenthümlichkeiten der Atheminnervation bei Infekten wie Cephalopoden klarer hervortreten werden, als es bei einer einfachen Erörterung derselben möglich war. Untersuchen wir also zunächst, wie die Respirationsercheinungen bei den Wirbelthieren vom Nervensysteme ausgelöst und regulirt werden.

Die Innervation der Athembewegungen ist am genauesten beim Kaninchen untersucht, und wir wissen schon (S. 421), daß das eigentliche Athemcentrum, doppelt und symmetrisch angelegt, in der Medulla oblongata wurzelt, hier sich aber jedenfalls nicht auf eine so punktförmige Stelle beschränkt, wie anfangs *Flourens* annahm, sondern bis in den Anfangstheil des Rückenmarks hinabreicht. - Dieses Centrum ist ein automatisches oder autochthones (d. h. ein an Ort und Stelle und nicht durch Vermittlung einer nervösen Leitungsbahn erregtes), welches seine normalen Erregungen von dem umspülenden Blute aus in genau derselben Weise wie das excitomotorische Centrum des Herzens empfängt, und dessen Thätigkeit sich mit dem Sauerstoffgehalte des Blutes ändert. Die Erregungen dieses Centrums äußern sich hauptsächlich in rhythmischen Bewegungen, welche durch Vermittlung des Phrenicus am Zwerchfell ausgelöst werden; gleichzeitig jedoch auch in abwechselnden Zusammenziehungen und Erschlaffungen der theils inspiratorisch wie das Zwerchfell, theils aber auch expiratorisch wirkenden Zwischenrippenmuskeln. Der rhythmische Charakter dieser Bewegungen ist uns in seinem Zustandekommen ebenso dunkel als der der Herzschläge und die Einrichtung des automatischen Athemcentrums nicht weniger complicirt als die des excitomotorischen

Inner-
vationsver-
hältnisse der
vegetativen
Organe bei
den Wirbel-
thieren.

Herzcentrums; zum Unterschiede von diesem steht ersteres aber unter directer Herrschaft zweier verschiedener Nervenfasern, von denen die einen die Wirkung des Phrenicus steigern, während die anderen dieselbe abschwächen oder unterdrücken. Da es vornehmlich im Vagusstamme verlaufende Leitungsbahnen sind, welche dieses Centrum beeinflussen, hat man dasselbe auch als Vaguscentrum bezeichnet.

Die Durchschneidung eines Vagus führt keine Veränderung der Athemzüge herbei, dagegen vertiefen sich dieselben und nehmen zugleich an Zahl ab, wenn beide Vagi durchschnitten sind; eine schwache electriche Reizung des centralen Endes eines oder beider Nerven führt alsdann eine Erhöhung der gefunkenen Athemzahl bis zur Norm, starke Reizung aber einen inspiratorischen Stillstand herbei. *Rosenthal*, welcher ermittelte, daß die in der Zeiteinheit geleistete Arbeit des Athmungsapparates nach der Vagidurchschneidung unverändert bleibt, nimmt auf jene Erfahrungen hin an, daß die normale Athmung durch ständige Erregungen, welche dem Centrum auf der Bahn der Vagi zufließen, regulirt wird, indem die autochthonen Reize des Centrums durch die schwachen, aber oft erfolgenden Reizungen von Seiten der Vagi zur Abgleichung gebracht werden. Mag es sich hiermit verhalten, wie es wolle, sicherlich verlaufen im Vagusstamme inspiratorische wie expiratorische Fasern, von welchen letztere gleichzeitig einen hemmenden Einfluß auf den Phrenicus ausüben und bei ausgedehnter, erstere dagegen bei collabirter Lunge in Thätigkeit treten. So erklärt sich die Selbststeuerung der Athmung durch den Nervus vagus. Beschleunigend und inspiratorisch wie die eine Gattung der Vagusfasern wirken auch der Opticus, der Acusticus (*Christiani*) und mehrere sensible Nerven auf die Athmung ein, während z. B. der Trigemini mit der andern Art der Vagusfasern die expiratorische Wirkung theilt.

Bei erschwerter Athmung oder Athemnoth, bei jenem Zu-

ftande, welchen die Kliniker als Dyspnoe bezeichnen, macht ſich neben dem eigentlichen Athemcentrum noch die Gegenwart accelforifcher Reflexcentren geltend, indem ſich nun auch die Intercoftalmuskeln, ja felbft die Bauchmuskeln in hervorragenderer Weiſe an der In- und Exſpiration mitbetheiligen. Außer bei der Dyspnoe giebt ſich die Anweſenheit der Hülfscentren, von welchen wir ein in- und ein expiratorifches unterſcheiden, befonders noch bei Reizung der Nervi laryngei superiores zu erkennen. Dieſe Nerven befinden ſich für gewöhnlich in keinem Erregungszuſtande, und ſo hat die Durchſchneidung eines oder beider Stränge nur ſehr geringfügige oder auch wohl gar keine Aenderungen der Athembewegungen zur Folge; reizt man aber einen vom Kehlkopf abgelöſten Laryngeus superior-Nerven an ſeinem centralen Ende mit electricſchen Inductionsſtrömen, ſo ſieht man bei ſchwacher Reizung Verlangſamung der Athembewegungen, bei ſtärkerer Reizung abſoluten Stillſtand ſämmtlicher vom automatiſchen Centrum innervirten Respirationsmuskeln zu Stande kommen, und ſchließlich bei noch ſtärkerer Reizung die accelforifchen Exſpirationsmuskeln in Tetanus verſetzt, die accelforifchen Inſpirationsmuskeln dagegen gelähmt werden. Letztere Erfcheinungen ſpielen ſich ſomit an den accelforifchen Reflexcentren ab, während erſtere auf Hemmungen der automatiſchen Erregungen des Phrenicus zu beziehen ſind.

Manche Aehnlichkeit mit der Innervation des eigentlichen Athmungscentrums zeigt die nervöſe Beeinfluffung des excitomotoriſchen Centrums im Herzen. Auch auf dieſes wirken zwei verſchieden functionirende Nervenfaſern (hemmende und beſchleunigende) ein, welche aber, wie die Unabhängigkeit der Wirkungen beider Faſergattungen (*Bowditch*, *Baxt*) anzeigt, erſt mittelbar in den Mechanismus des automatiſchen Herzcentrums eingreifen, indem ſie zwei mit dieſem verbundene ſecundäre Herzcentren (das Vagus- oder Hemmungscentrum und das acceleratoriſche oder Beſchleunigungscentrum) direct beeinflussen. Die Wirkungen der-

Herzgifte, welche diese Verhältnisse schlagend illustriren, sind von mir an einem andern Orte⁶⁹⁾ ausführlich behandelt; hier betrachten wir deshalb nur die Resultate der Durchschneidungs- und Reizversuche an den für die Herzbewegungen wichtigeren Nerven.

Unter Mitberücksichtigung der Beeinflussung der Gefäße durch das Nervensystem gelangen wir zur Annahme von vier cerebrospinalen Centren, eines Vagus- und eines acceleratorischen Centrums, eines Depressor- und eines vasomotorischen Centrums, von welchen die beiden ersteren ihren ausschließlichen Sitz in der Medulla oblongata haben, während Repräsentanten der beiden letzteren auch noch im Rückenmarke anzutreffen sind. Der Einfluß der Vagusfasern auf's Herz ist ein mehrfacher; es hängt davon ab, was für Fasern und in welcher Richtung (ob central oder peripher) dieselben erregt werden. Den hauptsächlichsten Einfluß auf das Herz äußert der Vagus ohne Frage durch die Hemmungsfasern, welche ihm vom Accessorius zugeführt werden, und welche sich nach Durchschneidung beider Vagi auf Reizung des peripheren Stumpfes eines oder beider Nerven in einem diastolischen Stillstande des Herzens zu erkennen geben (*E. H. Weber*). Auf diese im Vagusstamme verlaufenden Hemmungsnerven haben peripher erregbare Faserzüge, welche im Bauchsympathicus (*Alp*; *Goltz'scher Klopfversuch*), im Depressor (*Ludwig* und *Cyon*, *Stelling* und *Roever*), ja im Halsvagus selbst (*Aubert* und *Roever*) wie in vielen anderen sensiblen Nerven (*Ischiadicus*, *Brachialis*, Rückenmarks- und Hautnerven [*Lorén*]) verlaufen, einen reflectorisch erregenden Einfluß, der aber selbstverständlich nur bei wenigstens einem unverkehrten Vagus in Verminderung der Pulsfrequenz und Aussetzen des Herzschlages zum Ausdruck kommen kann. Außer diesen central verlaufenden Nervenbahnen wirken nach *Hering* periphere Reizungen des Lungenvagus auf das Vaguscentrum in der Medulla ein; wird dieser Nerv bei erhaltenen Vagi durch die ausgedehnte oder mit Kohlensäure gefüllte Lunge in den Erregungszustand versetzt, so tritt indeß keine

Verlangsamung der Herzschläge, sondern weil die Hemmungsfasern dadurch vom Centrum aus mehr oder weniger in ihrer Function geschwächt werden, eine bedeutende Beschleunigung der Herzschläge ein.

Neben den hemmenden und sensibelen Fasern ziehen mit dem Halsstamme des Vagus vereint auch beschleunigende Fasern zum Herzen hin, deren Einfluß besonders dann deutlich wird, wenn die hemmende Wirkung durch eine Atropin- (*Schiff*) oder Nicotivergiftung (*Truhart* und *Schmiedeberg*) ausgeschaltet ist. Diese Beschleunigungsfasern begeben sich vom Rückenmarke zum Ganglion thoracicum primum, gehen erst von hier zum Ganglion cervicale inferius und zum Vagus über, und ihre Reizung auf den Zwischenstrecken bringt eine Beschleunigung der Herzpulsationen mit sich, welche, ohne durch eine Veränderung im Blutdruck anderweitig complicirt zu sein, 30—70% betragen kann. Man bezeichnet diese im Vagusstamme mitenthaltenen accelerirenden Fasern kurz als Nervus accelerans und sah eine reflectorische Erregung derselben nach Reizung des centralen Stumpfes des Halslympathicus (*Roever*), welcher die bezüglichen Fasern wahrscheinlich aus den Herznerven empfängt, wie auch nach Reizung sensibeler Muskelnerven (*Alp*) erfolgen.

Wie schon jetzt das reiche Beobachtungsmaterial zu schließen erlaubt, erfahren die vorgetragenen Verhältnisse bei verschiedenen Wirbelthieren oft nicht unbeträchtliche Abänderungen, indem z. B. bei Durchschneidung beider Vagi die Frequenzzunahme der Herzschläge bei Vögeln gewöhnlich weit länger anhält (*Einbrodt*, *Eichhorst*) als bei Säugethieren, und bei Fröschen ganz ausbleiben kann, der Vagusstillstand bei Säugethieren die Dauer einer Minute nicht überschreitet, bei *Tropidonotus natrix* aber sich bisweilen über eine Stunde ausdehnt (*A. B. Meyer*) und die Hemmungsfasern auf beide Vagi bei *Emys lutaria* so ungleich vertheilt sind (*A. B. Meyer*), wie sonst nirgendwo beobachtet wurde; doch wir können

auf eine eingehendere Besprechung dieser Variationen um so lieber verzichten, als der neueste Compiler auf diesem Gebiete der Physiologie, *Aubert*⁷⁰⁾, dieselben angelegentlichst berücksichtigt hat.

Was die Innervation der Gefäße betrifft, so stehen dieselben ebenso wie das Herz unter der Einwirkung zweier ganz entgegengesetzt functionirenden Nerven, nämlich unter dem Einflusse von verengenden (Vasomotoren, Pressoren oder Vasoconstrictoren) und von erweiternden Fasern (Vasodilatoren, Depressoren, Hemmungsnerven). Noch ziemlich allgemein erklärt man sich diese doppelte Beeinflussung der Gefäße durch das Nervensystem in der Weise, daß man sich die Gefäßmuskeln nur in directer Verbindung mit den Vasoconstrictoren denkt und den erweiternden Einfluß der Depressoren durch eine Reflexhemmung der gefäßerregenden Nerven, sei es in cerebrospinalen oder in peripher gelegenen Ganglien, geschehen läßt. Als Nerven letzterer Art (Pressores), deren Durchschneidung eine Erweiterung der zugehörigen Gefäße zur Folge hat, während an durchschnittenen Nerven Reizung des peripheren Endes die Gefäße nothwendig verengen muß, betrachtet man die Nervi splanchnici für den großen Gefäßbezirk der Bauchhöhle (Mesenterialgefäße, Pfortader, Nierengefäße u. s. w.), die von dem Ganglion cervicale supremum stammenden sympathischen Fasern für die Submaxillar- und Ohrgefäße bei Hund und Kaninchen (*Cl. Bernard* u. A.) sowie die Nervi pudendi für die cavernösen Gewebe der Urethra (*Lovén*); viel weniger deutlich tritt der pressorische Charakter an den Gefäßnerven der Extremitäten (z. B. am Ischiadicus) und der meisten Skelettmuskeln hervor, da in diesen Stämmen stärkere gefäßerweiternde Fasern, wenn auch von geringerer Mächtigkeit als die pressorischen, in gleichgerichteter Erregbarkeit mitverlaufen.

Die genannten, rein gefäßverengenden Nerven können, wie gesagt, durch andere Faserstränge reflectorisch gereizt, — und dieses vermag ausschließlich durch centripetal leitende Nerven (sensibele

Preffores) in cerebrospinalen Centren zu geschehen, — wie auch in ihrer Wirkung gehemmt werden. Diese Hemmung kann sich vollziehen durch centripetal leitende Fasern in den cerebrospinalen deprefforischen Centren oder durch centrifugal leitende Nerven in peripher gelegenen Ganglien, und eine weitere Complication erwächst fernerhin noch daraus, daß in den beiden cerebrospinalen Centren, in den deprefforischen und den vasomotorischen Centren, zugleich Nervenbahnen münden, die Reize übertragen, durch welche Erregungen an den Hemmungsnerven ausgelöst werden. Eine hemmende deprefforische Wirkung auf den vasomotorischen Splanchnicus besitzen unter anderem Fasern, welche im Rückenmarke verlaufen und sich am durchschnittenen Lendenmarke bei Reizung des centralen Endes manifestiren (*Alp*), sodann der beim Kaninchen, Hasen, Igel, Pferde und bei der Katze, nicht aber beim Hunde gesondert verlaufende Nervus depreffor (*Cyon* und *Ludwig*), welcher im Endocardium zu endigen und durch dessen Ausdehnung gereizt zu werden scheint. Vom Darne her gehen dem Deprefforcentrum außerdem noch Splanchnicusfasern zu, welche die Wirkung des Nervus depreffor hemmen und demnach den centripetal leitenden Preffores beizuzählen sind. Zu einer directen vasoconstrictorischen Wirkung auf reflectorischem Wege kommt es bei einer Reizung anderer im Splanchnicus mitverlaufender centripetal leitender Fasern sowie auch wahrscheinlich bei einer Erregung vieler sensibelen Muskelnerven (*Alp*), während umgekehrt durch Reize, welche die sensibelen Nerven der Zunge (*Lingualis*) treffen, die gefäßerweiternden Chordafasern an der Submaxillaris (*Cl. Bernard*), und durch solche, welche die Empfindungsnerven der Eichel erregen, die gefäßerweiternd wirkenden Nervi erigendi an der Urethra in Thätigkeit versetzt werden (*Eckhard*). In den letzten beiden Fällen wird von cerebrospinalen Centren aus auf Vasodilatoren (*Chorda tympani*, *Nervi erigendi*) gewirkt, deren erweiternder Einfluß auf die Gefäße, wie bereits angedeutet wurde,

als eine Hemmung verengender Fasern in peripher gelegenen Centren aufzufassen ist. Schließlich sei bemerkt, daß *Goltz* auf Reizung sensibler Nerven auch einen erectionshemmenden Einfluß beobachtete, welcher sich selbst bei Hunden mit querdurchschnittenem Rückenmark erhalten zeigte und zu seiner Hervorrufung keiner bis zur Schmerzempfindung gesteigerter Reize bedurfte.

Die im Vorhergehenden mitgetheilten Innervationsverhältnisse des Wirbelthierherzens, seine Beeinflussung durch den Vagus als Hemmungsnerven einerseits, durch die accelerirenden Fasern andererseits, besitzen nur Gültigkeit für den völlig ausgebildeten Organismus; auf früher Entwicklungsstufe können die Dinge wesentlich anders liegen.

R. Wernicke beobachtete, daß am Herzen eines Hühnerembryo⁷¹⁾ vom vierten Bebrütungstage nach Zusatz von 0.1 cbc. einer auf 38° C. erwärmten 0.4 %igen Lösung von salzsaurem Chinin schon nach 1½ Minuten die Zahl der Pulsationen um die Hälfte sank und nach 5 Min. völliger Herzstillstand eintrat. In Verbindung mit den *Eckhard'schen* Beobachtungen, daß in dem pulsirenden embryonalen Vogelherzen keine Ganglien, ja überhaupt keine zellige Elemente vorkommen und nach dem Anlegen einer *Stannius'schen* Atrioventricularligatur am Herzen 12 tägiger Hühnerembryonen bei gewöhnlicher Temperatur zwar nur die Vorhöfe pulsiren, bei 37 — 40° C. aber auch der Ventrikel rhythmisch weiterflägt, war es durch den *Wernicke'schen* Versuch sehr wahrscheinlich geworden, daß das embryonale Vogelherz rein protoplasmatische Bewegungen⁷²⁾ ausführt und seine Schlagfolge weder von Muskelcontractionen herrührt, noch von nervösen Organen ausgelöst oder regulirt wird. Allein die den *Eckhard'schen* Angaben von der Abwesenheit der Ganglien im embryonalen Vogelherzen widersprechenden Befunde von *His* gestatteten eine solche Schlußfolgerung nicht zu ziehen, während jedoch andererseits combinirte Muscarin- und Atropinvergiftungen mich ebenfalls lehrten, daß

Der Herzschlag bei den Wirbelthierembryonen und den Wirbellosen.

selbst in späten Stadien der Bebrütung von einem hemmenden Vaguscentrum wie beim entwickelten Huhne nichts nachzuweisen ist. Meine Beobachtungen sind in neuester Zeit durch *Kobert's* schätzenswerthe Arbeit noch dahin vervollständigt, daß am Herzen des bebrüteten Hühnerembryo durch Helleborein bereits am vierten Tage ein charakteristischer, systolischer Stillstand bewirkt werden kann, während Muscarin noch zwei Tage vor dem Ausflüpfen selbst in großen Dosen fast ganz wirkungslos ist. Einen echten Muscarinstillstand des Herzens sah *Kobert* am Hühnerembryo überhaupt nicht eintreten, und deutliche, durch Atropin aufhebbare Pulsverlangsamung hat er nur in den letzten 24 Stunden der Bebrütung nach Application großer Dosen direct auf das Herz gesehen; nach dem Ausflüpfen nahm aber die Hemmungsvorrichtung rasch an Erregbarkeit zu und war beim Hühnchen schon am siebenten Tage von der beim ausgewachsenen Thiere kaum noch zu unterscheiden. Beim Sperling war dagegen noch in der zweiten Woche nach dem Ausflüpfen die Muscarinwirkung eine nicht ganz vollkommene und nur durch große Dosen zu erzielen.

Nicht so qualitativ (sondern mehr quantitativ) verschieden von dem Zustande des erwachsenen Thieres wie am embryonalen Herzen der Vögel, wo, wie beim Hühnchen, auf den oberen Herzabschnitt wie auf das ganze Herz Muscarin am zwölften Bebrütungstage ohne wahrnehmbare Einwirkung bleibt, stellen sich die Verhältnisse bei den Säugethierföten und den Batrachierembryonen. Aber auch bei jungen Katzen und Kaninchen kommt es einige Tage vor dem normalen Ablauf der Schwangerschaft noch zu keinem richtigen Muscarinstillstande, sondern nur zu einer Verlangsamung des Herzschlags, und erst nach der Geburt nimmt das Hemmungscentrum allmählig seine volle Function auf, während Hand in Hand damit die Empfindlichkeit der Herzmasse gegen Muskelgifte (Kupfer, Digitalis) entschieden abnimmt. An Kaulquappen, welche erst 20 mm lang und nicht über 14 Tage alt

waren, ließ sich der Muscarinstillstand prompt herbeiführen (*Kobert*). bei 50 bis 60 mm langen Larven von *Alytes obstetricans* Nervenstämmen mit anliegenden Ganglienzellen im Vorhof wie im Sinus venosus demonstrieren (*E. Ziegler*) und an solchen Thieren auch durch elektrische Reizung des verlängerten Markes, des Venenlinus und durch den *Stammius*'schen Schnittversuch das Vorhandensein eines vollkommen entwickelten hemmenden Vaguscentrums nachweisen. Ähnlich fielen die Versuche an Salamanderembryonen (*Jordan*) und an kaum 20 mm langen Exemplaren von *Rhodeus amarus* aus (*Kobert*); auch bei den letztgenannten Fischchen stellte sich ein durch Atropin zu beseitigender Muscarinstillstand am Herzen schnell und vollständig ein. Wenn demnach und im Hinblick auf die Versuchsergebnisse am Herzen ausgewachsener Aale (*A. B. Meyer*), Karpfen (*C. E. E. Hoffmann*), Hechte (*Rud. Wagner, Kafem-Beck* und *J. Dogiel*) u. s. w.⁷³⁾, bei welchen die Verhältnisse die für Wirbelthiere allgemein zutreffenden sind, die einzelnen Entwicklungsstadien am Herzen der Teleostier ontogenetisch weit weniger als bei den Vögeln hervortreten scheinen, so sind doch andererseits die phylogenetischen Abweichungen, auf welche *Kobert* gerade bei den Fischen stieß, für uns von einer um so größeren Bedeutung. Es zeigte sich nämlich sowohl bei Untersuchung von 84 bis 98 mm langen *Ammocoetes branchialis* wie auch an ausgebildeten *Petromyzon Planeri*, daß sich bei den Cyclostomen weder beim Einsetzen in muscarinhaltiges Wasser, noch bei directer Application einer 1%igen Muscarinlösung auf das freigelegte Herz am Herzfehlage irgend etwas ändert, und daß somit hier eine merkwürdige Ausnahme von der Regel zu constatiren ist, der gemäß alle Wirbelthiere auf Muscarinapplication mit Pulsverlangsamung oder mit Herzstillstand reagiren. Da nun aber, wie ich⁷⁴⁾ gezeigt habe, die *Petromyzonten* sich in dem chemischen Aufbau ihrer Organe von dem allgemeinen Verhalten der Wirbelthiere nicht entfernen und auch in solchen Punkten, wo

(wie z. B. bei den Verdauungsvorgängen) zwischen ihnen und den höheren Wirbelthieren auffälligere Differenzen bestehen, dieselben keineswegs Eigenthümlichkeiten der Petromyzonten sind, sondern sich auch bei einigen Teleostiern wiederfinden, so wird es, bevor eine physiologische Würdigung jener Erfahrungen am Cyclostomenherzen möglich ist, unbedingt nöthig erscheinen, auch noch die Ganoiden und Selachier in dieser Richtung zu untersuchen⁷⁵).

Trotz einer großen Anzahl von Abhandlungen sind wir bei den Mollusken und Crustaceen über das negative Resultat, welches sich bezüglich des Hemmungscentrums am Petromyzonherzen ergab, nicht sonderlich hinausgekommen⁷⁶). Beobachtungen über die Herznervation bei Mollusken sind von *Vulpian*, *Al. Brandt*, *Dew-Smith & Foster*, *Dogiel*, *Yung* und *Kobert* mitgetheilt; von diesen beziehen sich die *Yung'schen* Angaben auf Lamellibranchiaten, die der übrigen Autoren zumeist auf Gastropoden. *Dogiel* war der erste, welcher Ganglienzellen im Herzen von Mollusken gesehen haben wollte; er gab ihr Vorkommen in den Herzvorhöfen bei *Pecten*, *Aplysia* und anderen Species an, hielt dieselben aber für apolar. *Yung* glaubte ebenfalls, in der Herzwand des Muschelherzens nervöse Elemente für den activen Contractionsvorgang postuliren zu müssen, während dagegen *Dew-Smith & Foster* die Contraktionen am Herzen von *Helix pomatia* als protoplasmatische auffaßten. Alles in allem wird über das Schneckenherz hinsichtlich der Ganglien noch nicht endgültig abgeurtheilt werden können; «nur soviel steht fest, daß höchstens eine Sorte von Ganglien, nicht aber deren zwei darin vorhanden sind» (*Kobert*).

Vulpian, von dem ebenfalls die Angabe herrührt⁷⁷), daß am Herzen der Weinbergschnecke Reizung des unteren Schlundganglions oft einen diastolischen Stillstand, Reizung des oberen Schlundganglions bisweilen eine Beschleunigung der Herzschläge bewirkt, wollte beobachtet haben, daß das *Helix*herz ebenso wie das der Wirbelthiere in einen, durch Atropin zu beseitigenden Muscarin-

stillstand veretzt werden kann, und ich stand auf Grund dieser Aussage des sonst so zuverlässigen Forschers keinen Augenblick an, die Anwesenheit eines Hemmungscentrums im Molluskenherzen dadurch für bewiesen zu erachten. Aufmerksam geworden durch die Einsprache, welche *Yung*, *Ransom* und später *Kobert* gegen die Richtigkeit des *Vulpian'schen* Versuches erhoben, habe aber auch ich mich überzeugt, daß das Muscarin auf das Helixherz unwirksam ist und somit kein Grund mehr vorliegt, einen Hemmungsapparat (nach Art des Vaguseentrums bei den Wirbelthieren) in demselben anzunehmen. Die Beschleunigungen, welche *Yung* an Muschelherzen sowohl nach Reizung der von den Kiemenganglien abgehenden Nervenfasern wie nach Nicotin- und Veratrinapplication zu sehen bekam, können sehr wohl in einer directen Beeinflussung der Herzmuskulatur begründet liegen und scheinen mir keineswegs die Existenz eines Hemmungscentrums ohne Weiteres zu verbürgen. Das einzig Positive, was über das Molluskenherz (speciell an *Helix pomatia*) sicher zu ermitteln gelang, bleiben hiernach der in typischer Form zum Ausdruck kommende systolische Herzstillstand, welcher durch die verschiedensten Stoffe aus der Digitalisgruppe, besonders leicht aber durch Helleborein herbeizuführen ist, und die Herabsetzung der Leistungsfähigkeit des normalen Herzens durch Kupfer, welche durch Physostigmin wieder gesteigert wird (*Kobert*).

Daß ein dem Vaguseentrum im Wirbelthierherzen physiologisch gleichwerthiger Hemmungsapparat auch den Herzen der Krebse und Insekten mangelt, wird von allen Forschern zugegeben, welche Muscarin und Atropin auf Arthropodenherzen successiv einwirken ließen. Von Interesse ist fernerhin, daß auf diese Herzen auch das Helleborein seine Wirkung verliert (*Krukenberg*, *Kobert*), und für die Arthropoden hierdurch ein Unterscheidungsmerkmal von den Mollusken, eine Uebereinstimmung mit den Würmern (*Clepsine*, *Tubifex*, *Nais proboscidea* nach *Kobert*) angelehnt

wird. Was nun aber die Gegenwart eines, jedenfalls anders als bei den Wirbelthieren gearteten Hemmungsapparates im Herzen der Crustaceen und Insekten anbelangt, so entschied sich die Mehrzahl der Unterfucher für die Annahme eines solchen. Einschlägige Versuche hatten schon *C. G. Carus*, *E. H.* und *Ed. Weber* wie auch *Al. Brandt* angestellt; *Eckhard* erzielte, indem er am Herzen eines *Cancer pagurus* sämmtliche vom Gehirn nach dem Schlunde und zu den Seiten desselben ziehenden Nerven oder das Gehirn selbst electricisch reizte, einen Herzstillstand von zwei Minuten, und durch die Untersuchungen von *Lemoine*, *Dogiel*, *Yung* und *Fél. Plateau* dürfte für die Crustaceen wohl als endgültig festgestellt zu betrachten sein, daß der Herznerv (nerf cardiaque *Lemoine's*) ein accelerirender Nerv ist, dessen mechanische, electriche oder chemische Erregung den Rhythmus der Herzbewegungen erheblich beschleunigt, nach dessen Durchschneidung hingegen sich die Zahl der Herzschläge vermindert, während hemmende Fasern vorwiegend oder ausschließlich im Bauchstrange verlaufen. *Plateau* betrachtet letztere Nervenstränge als wahre Antagonisten des Beschleunigungsnerven, obchon er⁷⁸⁾, auf *Yung's* mündliches Urtheil gestützt, den von *Berger*, *B. Deszö* u. A. für das Krebsherz versuchten Gangliennachweis nicht als einen bindenden anzuerkennen vermag. Ohne mich über den Werth der histiologische Befunde von Ganglienzellen in den Krebsherzen äußern zu wollen, muß auch ich mich für die Gegenwart eines Hemmungscentrums in diesen aussprechen. Ich fand, was *Plateau* bestätigte, daß bei *Astacus fluviatilis* das Herz ungleich empfindlicher gegen Veratrin ist als die Skelettmuskulatur; der durch Veratrin geschaffene Herzstillstand ließ sich aber durch *Digitalis* leicht und vollständig wieder beseitigen, und da es sicherlich sehr unwahrscheinlich ist, daß dieser Effect der *Digitalis* in der Aufhebung eines durch das Veratrin bewirkten Reizzustandes der Herzmuskelfasern begründet liegt, so sehe ich darin ein weiteres Argument für die Existenz von Hemmungs-

apparaten im Aftacuserherzen. Ich werde jedoch wohl kaum des Näheren auszuführen brauchen, daß diese Hemmungsvorrichtungen dem Vaguscentrum des Wirbelthierherzens nicht als «substantiell analog»⁷⁹⁾ zu gelten haben, sondern sich in dieser Beziehung von jenem schon durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Muscarin zur Genüge unterscheiden. — Nach den Auslagen von *Al. Brandt* und *Kobert* liegen bei Insekten ähnliche Verhältnisse als bei den Krebsen vor, doch ist die Herzzinnervation der Insekten viel weniger sorgfältig studirt worden als die der Krebse.

Der Herzschlag bei den Salpen ist von mir zum Gegenstande einer besonderen Untersuchung gemacht. Jene merkwürdige Umkehr in den Pulsationen — so lebhaft erinnernd an jenes abwechselnde Wogen des sich bald in dieser, bald in jener Richtung hin fortwälzenden Menschenstromes auf dem Broadway von New-York, in der Rue de Rivoli von Paris, welche zu gewissen Tagesstunden der gewaltigen, sich vorwärts drängenden Volksmasse keinen freien Abzug mehr zu gewähren vermögen — ist keine Eigenthümlichkeit des Salpen- und Ascidienherzens. Bereits 1805, also 17 Jahre vor *van Hasselt's* Entdeckung der Umkehr des Blutstromes bei den Salpen, berichtete *J. F. P. Braun* über zwei große, vom Kopfe bis zum Schwanze beiderseits gefchlängelt verlaufende Gefäße bei *Nephelis vulgaris*, «in welchen sich das Blut so bewegt, daß das eine angefüllt wird, während das andere sich entleert». Erst 1828 wurde von *Joh. Müller* das Phänomen bei demselben Wurme wiederentdeckt, von *E. H. Weber* für junge Blutegel bestätigt, und bei *Serpulen* und *Sabellen* ein ähnlicher Wechsel in den Pulsationen an dem einheitlichen Gefäßstamme für die Kiemenfäden von *Grube* (1838) beobachtet; später nahmen auch *P. J. van Beneden* und *Windischmann* (1841), *Oscar Schmidt* (1851) und *Gegenbaur* (1870) analoge Erscheinungen' an den hämolymphatischen Räumen in den Embryonen nackter Pulmonaten (*Limax*) wahr⁸⁰⁾. Wir ersehen hieraus, daß eine ab-

wechfelnde Schlagfolge der automatifchen Herzthätigkeit fih bei Würmern wie bei Molluskenembryonen wiederfindet, doch tritt diefelbe nirgends fo klar in die Erfcheinung und ladet nirgends fo fehr zur Unterfuchung ein als bei den äußerft durchfichtigen und großen Salpenformen.

Die an dem Salpenherzen bald den Kiemen (advisceral, «courant cardio-branchiaque» *Lacaze-Duthiers'*), bald der Aorta (abvisceral) zu gerichteten Pulfationen fehwanfen in ihrer Zahl auch unter natürlichen Verhältniffen ganz ungemein, und das von mir als Norm angenommene Verhältniß, wo 12 adviscerale Schläge 15 bis 20 Secunden und die darauf folgenden 3 bis 6 abvisceralen Schläge einfchließlich der zwifchen beiden Schlagfolgen meift beftehenden Pause ungefähr die gleiche Zeit in Anspruch nehmen, ändert fih fofort fehr erheblich, wenn das Waffer der Umgebung feine natürliche Frifche und Befchaffenheit eingebüßt hat. Dann nehmen die einer Schlagreihe zugehörigen Pulfationen oft um's Vielfache an Zahl zu, die Schläge werden weniger kräftig, ohne daß aber ein Gefetz anzugeben wäre, nach dem fih beftimmen ließe, wann eine neue Umkehr erfolgen wird oder wie viele Contractionen bei den nächften Wechfeln den advisceralen und den abvisceralen Schlagreihen angehören werden. Noch mehr gefchwächt verlaufen die Pulfationen, wenn das Gefäßfyftem durch Verftümmelung des Thieres blutarm geworden ift, und zum Unterfchiede von dem Krebsherzen, deffen hinterer Theil auch nach querer Halbiring des ifolirten Herzens fortfährt zu pulfiren und erft dann zur Ruhe kommt, wenn diefer weiterhin in zwei fymmetrifche Hälften zerlegt wird, fchlägt das angeftochene und dadurch blutleer gewordene Salpenherz nicht mehr fort.

Es ift mir gelungen, einige Thatfachen aufzufinden, welche auf eine Auslöfung beider Schlagfolgen durch gangliöfe Apparate fehließen laffen, wennfchon meines Wiffens Ganglienzellen im Herzen der Salpen mikrokopifch noch nicht nachgewiefen find,

und deren Annahme zur Erklärung der automatischen Bewegungen des Herzens trotz der quergestreiften Beschaffenheit der Herzmuskelfasern manches Bedenkliche hat. Muscarin wie Atropin erwiesen sich auf das Salpenherz als durchaus unwirksam; durch Veratrin und Chinin waren nur incompenfirbare Herzlähmungen zu erzielen, und das Curare besitzt allem Anscheine nach eine lähmende Wirkung auf die Muskelfasern als solche, an denen alsdann Kampher die letzten Spuren einer Erregbarkeit deutlicher hervortreten läßt. Es glückte mir, wie gefagt, zwei Substanzen ausfindig zu machen, durch welche die Zahl der Pulschläge nach ein und derselben Richtung einerseits vermehrt und andererseits vermindert werden kann; ersteres gelingt durch Helleborein, welches die abvisceralen auf Kosten der abvisceralen Herzschläge auf mehrere hundert, ja über tausend steigert, letzteres durch Nicotin, welches nach zwei oder drei, oft aber schon nach einer einzigen Pulfation die Schlagfolge zur Umkehr zwingt. Ein Vergleich des Mechanismus am Salpenherzen mit dem am Krebsherzen lehrt demnach wenigstens soviel, daß das Herz der Salpen, ganz abgesehen von der periodischen Umkehr seiner Pulfationen, welche es auch dem Molluskenherzen functionell so unähnlich macht, normal anderen Impulsen seine Rhythmik verdankt als das der Crustaceen.

Daß die Farbenwechselapparate ⁸¹⁾ ebenso wie die Propulsionsorgane für die inneren Ernährungsfäfte eine Abgrenzung im physiologischen Sinne nothwendig machen, begründete *San Giovanni* ⁸²⁾ durch die eigene Lagerung und Structur, durch die functionelle Verkettung aller einem solchen Apparate zugehörenden Theile und durch die Eigenartigkeit, mit welcher sich deren Zusammenwirken äußert; ich ⁸³⁾ wies ferner darauf hin, daß sich nirgendwo die Begriffe einer functionellen und einer causalen Analogie schärfer präcificiren und deren Grundverschiedenheiten besser darthun lassen als gerade an diesen Organanlagen.

Die Innervation der Farbenwechselapparate.

Je nachdem der periphere Endtheil eines Farbenwechselappa-

rates protoplasmatischer Bewegungen fähig ist oder durch Muskeln in Thätigkeit versetzt wird, sprechen wir bekanntlich von Chromatoblasten oder von Chromatophoren, und wir wissen bereits (vgl. S. 274), daß auch jene gleich diesen nervösen Einflüssen unterworfen sind. Richtige Chromatophoren sind bei Mollusken die Regel, bei anderen Typen Ausnahmen. Die bei den Chromatophoren um die Pigmentkörper strahlenförmig gruppierten Muskelstränge wiesen *Kölliker* und *H. Müller* wie *Gegenbaur* bei mehreren Species der Gattung *Tiedemannia* nach⁸⁴⁾, und die contractile Natur der sich an die Pigmentkörper in der Cephalopodenhaut inserirenden Fasern ist durch die Beobachtungen von *Kölliker*, *Harleß*, *H. Müller*, *Boll* und vielen Anderen jedem Zweifel enthoben; bezüglich der Chromatophorenmuskulatur der Cephalopoden werden zwar immer wieder von neuem Stimmen gegen eine solche Deutung laut, und diese werden sicherlich auch nicht eher verstummen, als sich die Ueberzeugung allgemein befestigt haben wird, daß am lebenden Gewebe die contractile Beschaffenheit der Radiärfasern an dem Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung der Fasern leicht zu constatiren ist, während die abgestorbenen Muskelfäden ihre functionelle Bestimmung kaum noch errathen lassen.

Wenn ich mich nun zu einer Darstellung des Chromatophorenspieles bei den Cephalopoden wende, so muß ich vorausschicken, daß das Vorzutragende in vollem Umfange ausschließlich auf *Eledone moschata* paßt. Bei *Octopus*, *Loligo*, *Sepia* und *Sepiolo* scheinen die Verhältnisse zwar sehr verwandte zu sein, aber bei diesen Arten gelingt es keineswegs, sich über die Anordnung der einzelnen Organtheile in der einfachen Weise wie bei *Eledone* Gewißheit zu verschaffen; in Folge der von *Yung* ganz mit Unrecht behaupteten Identität der Apparate bei allen untersuchten Cephalopoden sind die von mir mit aller Sorgfalt ermittelten Thatfachen nur durch schlechte Beobachtungen entstellt und verwirrt worden.

Daß das Chromatophorenspiel bei den Cephalopoden dem Willen des Thieres unterliegt, lehrt schon die einfache Beobachtung, daß sich bei psychischen Erregungen die Eledone bräunt und daß andere Species (z. B. *Sepiola Rondeletii* nach *Fredericq*) sich der Unterlage und der Umgebung in ihrer Färbung anpassen. *Fredericq* glaubte annehmen zu sollen, daß das untere Schlundganglion das nervöse Centrum für den Farbenwechsel sei, doch war bereits früher von *Klemeniewicz* gezeigt, daß Reizung des Ganglion opticum ebenfalls den activen Zustand an den Chromatophoren auslöst und coloratorische Nervenstränge sowohl in den Pedunculis wie auch in dem unteren Theile des oberen Schlundganglions verlaufen, an welchem Reizungen des Haubentheiles allerdings sich als wirkungslos auf die Chromatophoren erweisen: Die centralen Erregungen werden durch die Pallealnerven, von denen ein jeder die zugehörige Körperhälfte innervirt, auf die Chromatophoren des Mantels, durch die Trichternerven auf die des Trichters, durch die Brachialnerven auf die der Arme übertragen und bleiben selbstverständlich ohne Einfluß auf die Pigmentkörper, wenn die sie indirect versorgenden coloratorischen Nerven durchschnitten werden. Jeder Reizzustand des nervösen Centrums äußert sich in einer Braunfärbung der Haut, während jede Lähmung ein Erblaffen des Thieres nach sich zieht. Ein Lähmungszustand an den Chromatophoren resultirt aber nicht nur, wenn das untere Schlundganglion entfernt wird, oder wenn die zu den Chromatophoren tretenden Nerven durchschnitten werden, sondern wir kennen im Chinin auch ein Mittel, welches ohne die mehr peripher gelegenen Theile des Farbenwechselapparates irgendwie zu beeinflussen, lähmend auf das coloratorische Centrum im Gehirn einwirkt und deshalb nicht weniger sicher eine Weißfärbung der Haut veranlaßt als die angeführten blutigen Operationen.

Kurz bevor die Nerven sich an die Radiärfasern begeben, treten sie in ganglionäre Gebilde ein, durch welche wir weit directer

auf die Chromatophoren einwirken können als von den Schlundganglien aus. Diese den Radiärfasern unmittelbar anliegenden Ganglien, welche als die Endigungen der coloratorischen Nerven aufzufassen sind, vermögen wir durch Nicotin zu erregen und so eine Braunfärbung herbeizuführen, durch Strychnin zu lähmen und so das Braun in ein reines Weiß zu verwandeln; äußerst verdünnter Nicotin- (1 : 100 000) oder Strychninlösungen (1 : 40 000) benöthigt es, um an den lebenden Thieren oder an frisch abgetrennten Hautstücken diese Erfolge in kürzester Frist zu erzielen. Partien der Haut, an welchen die peripheren Ganglien durch Strychnin vollkommen gelähmt und dadurch sämmtliche nervöse Einflüsse zu den Chromatophoren abgestellt sind, vermögen wir abermals auf experimentellem Wege ein braunes Colorit zu verleihen und dieses alsdann wiederum zum Verblaffen zu bringen. Es gelingt das, indem wir auf die Radiärfasern unmittelbar einwirken, dieselben erregen durch Chloroform und sie nachträglich lähmen durch Kampher. Aber auch an den durch Kampherapplication weiß gewordenen Eledonen ruft eine elektrische Reizung der Haut eine ganz circumscripte, niemals jedoch eine ausgedehntere Bräunung wie bei intacter Nervenverbindung hervor; dieser Befund belehrt uns schließlich noch darüber, daß den Pigmentkörpern⁸⁵⁾ noch benachbarter als die peripheren Insertionen der Radiärfasern contractile Elemente (entweder die «protoplasmatische Masse» *Klemeniewicz's* oder die «cellules basillaires» *Paul Girod's*) lagern, welche Kampher nicht lähmt, elektrische Ströme wie starke Säuren aber zur Zusammenziehung bringen. So gelang es uns durch die Methode der combinirten Vergiftung, ein wahrheitsgetreues Bild von der Anordnung der einzelnen Theile jenes so wunderbaren Farbenwechselapparates bei den Cephalopoden zu entwerfen und, was zu den größten Seltenheiten gehört, an der Hand des Experimentes der histologischen Forschung voranzueilen.

Am Chamäleon führten die Sections- und combinirten Ver-

giftungsverfuche zu nicht weniger bindenden Schlüssen. Ohne in Abrede zu stellen, daß, wie *Studiati* und *Pagenstecher*⁸⁶⁾ wollen, beim Chamäleon die einzelne Chromatophore auch als eine mit Pigment imprägnirte Muskelplatte aufgefaßt werden kann, denken wir uns der größeren Einfachheit wegen ein solches Gebilde aus einem inneren, mit gefärbter Materie angefüllten Säckchen und aus einem dieses umgreifenden Muskelsphincter bestehend. Der active Zustand der Chromatophore, welchem eine Contraction des Sphincters entspricht, documentirt sich demnach in einem Hellerwerden, der passive Zustand der Chromatophore dagegen in einem Dunklerwerden der Haut, und es walten somit beim Chamäleon gerade die umgekehrten Verhältnisse ob als bei den Cephalopoden.

Das Centrum, von dem beim Chamäleon die Chromatophoren aus innervirt werden, liegt im Rückenmarke; bei feiner Erregung, sei es electricch, sei es durch Strychnin, Pikrotoxin u. dgl. m., tritt bei reinen Versuchen allemal ein Hellerwerden der Haut ein, während die Zerstörung des Hals- und Brusttheiles des Rückenmarkes ein sofortiges Schwarzwerden der von diesen Bezirken versorgten Hautpartieen nach sich zieht. Dieses allem Anseheine nach automatisch wirkende Centrum im Rückenmarke steht fernerhin mit zwei Hemmungscentren in Verbindung, die durch die meisten Gifte mehr oder minder stark in Mitleidenschaft gezogen werden und constante Vergiftungsbilder kaum erzielen lassen. Der eine dieser beiden Hemmungsapparate befindet sich ebenfalls im Rückenmark, und seine Wirkung äußert sich besonders dann, wenn Lichtreize, welche die Haut treffen, durch centripetal verlaufende Hautnerven ihm übermittelt werden. Dieses Hemmungscentrum tritt jedoch nur dann in Wirksamkeit, wenn keine stärkere Erregungen von dem eigentlich coloratorischen Centrum den Chromatophoren zufließen, und sein Einfluß auf das automatische Centrum ist zweifellos viel geringer als der des zweiten Hemmungsapparates, welcher seinen Sitz im Gehirn und nicht, wie es nach *Bert's* Angaben

scheinen könnte, unterhalb der Medulla oblongata hat. Auf Reizung der Augenstiele stellt sich regelmäßig eine Schwärzung der Haut ein, während im Schlafe und in der Aethernarkose die Chamäleonen den äußersten Grad von Blässe annehmen. Trotzdem auch nicht näher eruiert wurde, wo im Gehirne jenes Hemmungscentrum localisirt ist, so geht aus diesen Thatfachen doch wenigstens soviel hervor, daß daselbe in Theilen des Gehirnes wurzelt, welche sowohl im Schlafe als in der Aethernarkose außer Action gesetzt werden.

Die Effecte, welche beim Chamäleon durch unmittelbare Erregungen des coloratorischen Centrums auf die Chromatophoren ausgeübt werden, lassen sich, ganz abgesehen von den leitenden Nervenfaserversträngen an sich, noch auf einem doppelten Wege beseitigen: erstens, indem auf die Nervenendigungen und zweitens, indem auf die Chromatophoren als solche eingewirkt wird. Das auf die Färbung der Chamäleonhaut am zuverlässigsten wirkende Gift ist das Curare; dieses lähmt die Endapparate der coloratorischen Nerven in den Chromatophorensphincteren ebenso sicher als die der motorischen Nerven in den quergestreiften Muskeln und führt somit eine vollständige Schwärzung der Haut herbei. Dieser Expansionszustand der Chromatophoren ist an frisch abgetrennten Hautstücken indeß nicht zu erzielen, erlischt, wenn er am lebenden Thiere hervorgerufen wurde, sowohl bei electriccher Reizung der Haut wie auch beim Absterben derselben regelmäßig wieder und weist durch seine Unbeständigkeit auf Veränderungen hin, welchen die Chromatophore als solche unterworfen und denen schwer beizukommen ist. Nur soviel ist gewiß, daß die Chromatophoren durch Chloroform wie Morphin direct in einen andauernden Lähmungszustand versetzt werden und der electricche Strom sie noch verhältnißmäßig lange nach dem Tode des Thieres zur Contraction bringt.

Die im Vorstehenden resumirten Ergebnisse meiner Untersuchungen und meine schematische Ausführung der Einrichtung

des Farbenwechselapparates beim Chamäleon erklären sämmtliche bislang darüber angestellten Beobachtungen; wir kommen über die Schwierigkeiten hinweg, welche *Brücke* gar nicht oder nur einer höchst gezwungenen Deutung zugänglich zu machen wußte, und gerathen bei unseren Erklärungen nicht auf so fundamentale Abwege wie kurz zuvor noch *Paul Bert*, welcher die Pigmentkörper nach Art der nackten Protoplasmamassen als selbstcontractil und unter doppeltem Nerveneinflusse (eines Dilator und eines Constrictor) stehend ansah.

Nachdem von *v. Wittich* gezeigt war, daß electriche oder mechanische Reizungen der Froschhaut ein Hellerwerden, eine Zusammenziehung der Pigmentkörper zur Folge haben, und derselbe Zustand resultirt, wenn die Thiere nur wenige Zeit intensiver belichtet (*Rana esculenta*) oder aus kalten Räumen in günstiger temperirte versetzt werden (*Hyla arborea*), nachdem ferner *J. Lister* bewiesen hatte, daß der directe Lichteinfluß auf die Pigmentkörper nur ein sehr geringer sein kann, und die auffälligeren Lichteffecte nur reflectorisch durch Vermittlung des Sehorgans und nervöser Leitungsbahnen auf die Pigmentzellen übertragen werden, erfuhr die Lehre von dem Farbenwechsel der Amphibien nochmals einen Rückschlag, indem nämlich *Goltz* darauf bestand, daß die mit der Farbenänderung einhergehende Umgestaltung der Pigmentzellen nicht durch einen unmittelbaren Nerveneinfluß bewirkt werde, sondern daß vielmehr die Nerven zunächst auf die Gefäße einwirken und die Pigmentzellen erst secundär wegen des Wechfels im Blutreichthum der Haut ihre Gestalt verändern. Nach den positiven Resultaten aber, welche an abgetrennten Hautstücken sowie an bloßgelegten Nerven bei den Reizversuchen zu erlangen waren, muß die *Goltz'sche* Idee ebenso wie die Annahme dieses Forschers, daß nach völliger Zerstörung des Gehirnrückenmarkes die Durchschneidung von Hautnerven noch von einer Wirkung auf die Pigmentzellen begleitet ist, als eine verfehlt bezeichnet

werden; wenigstens denke ich mir die Einrichtung des Farbenwechselapparates bei den Fröschen von einer wesentlich anderen Form.

Von *Henle* war angegeben worden, daß in der Froschhaut, auch abgesehen von den Drüsen, Muskelfasern vorkämen, und es würde hiernach die Möglichkeit nicht auszuschließen sein, daß der Farbenwechsel der Frösche ebenso wie derjenige der Cephalopoden und Chamäleonen durch ein abwechselndes Erschlaffen und Zusammenziehen von contractilen Faferzellen zu Stande komme. Weder *Leydig* noch *Stieda* haben indeß Muskelfasern in der Froschhaut auffinden können, und seitdem von *O. Szczesny* die Verbindung der Pigmentzellen mit Nerven endgültig nachgewiesen ist, kann überhaupt kein Zweifel mehr bestehen, daß es sich in diesem Falle nicht um Chromatophoren, sondern um Chromatoblasten handelt. Wie *Pouchet*⁸⁷⁾ zuerst betonte, läßt sich bei Gebilden dieser Art nicht gut von einem activen und passiven oder von einem Contractions- und Erschlaffungszustande reden, sondern wir sind dabei lediglich auf die Unterscheidung eines arrondirten und eines expandirten Zustandes angewiesen; letzterer deckt sich nur insofern mit einem activen Zustande, als er es ist, in welchen die Chromatoblasten bei totalen Erregungen überzugehen pflegen.

Die Chromatoblasten in der Froschhaut befinden sich mit dem Gehirne in einer physiologisch ununterbrochenen nervösen Verbindung, und zwar ist es der Sympathicus, dem nach einigen Versuchen von *Axmann* und *v. Wittich* hierbei eine wichtige Rolle zufällt. Das automatische Centrum für den Farbenwechsel befindet sich höchst wahrscheinlich im Thalamus opticus; denn, wie bereits *v. Wittich* wußte, führt eine jede Reizung der Medulla spinalis eine Entfärbung der gefamnten Haut herbei, und *J. Steiner* verdanken wir die schöne Thatfache, daß Wegnahme des Thalamus opticus die Haut immer dunkel macht, und die dunkle Farbe sich alsdann bis zum Tode ausnahmslos erhält. Um die Lichtwirkungen, welche

sich an den Chromatoblasten der Froschhaut im umgekehrten Sinne als an den Chromatophoren beim Chamäleon äußern, mitzuerklären, bedürfen wir aber noch der Annahme accessorischer Ganglien, welche nothwendig in vorderen Hirntheilen gelegen sein müssen, und bei deren Erregung der gewöhnlich immerhin nur schwache Chromatoblastentonus bedeutend zu steigern ist; außer mit diesen verstärkenden Apparaten mag das chromatoblastische Centrum im Thalamus opticus sich auch noch mit anderen Gehirnganglien in unmittelbarer nervöser Verbindung befinden, welche in ihrem Erregungszustande hemmend auf dasselbe einwirken, wenn schon bei Unterhaltung eines nur schwachen Tonus vom chromatoblastischen Centrum aus die spontanen Farbenveränderungen die Annahme solcher Hemmungsvorrichtungen nicht gerade unabweisbar machen. Die Behauptung *Bimmermann's* jedoch, daß sich das Centrum für den Farbenwechsel durch die Medulla oblongata und die ganze Länge des Rückenmarkes erstrecke, ist thatsächlich unrichtig und seine Ansicht, daß es in der Haut selbst eigene gangliöse Vorrichtungen für den Farbenwechsel gebe, stützt gegenwärtig keine einzige Beobachtung, da alles, was einer derartigen Meinung Vorschub gewähren könnte, ebenso einfach durch eine directe Einwirkung auf die Chromatoblasten verständlich wird.

Ueber den Farbenwechsel der Fische ist vielleicht das Meiste geschrieben, doch lediglich die Untersuchungen von *G. Pouchet*, welche ich durchgängig bestätigt fand und nur in wenigen Punkten zu ergänzen vermochte, geben uns ein Bild von der Anordnung der einzelnen Theile dieses nach gewisser Seite hin ebenso eigenthümlichen Apparates als der des Chamäleons und der der Cephalopoden. Es ist als festgestellt zu erachten, daß, wie bei den Fröschen, so auch bei den Fischen die Pigmentkörper Chromatoblasten sind, welche sich durch Nerven mit dem Gehirne in ununterbrochenem Connex befinden. *Pouchet* hat wichtige Erfahrungen über diese nervöse Verknüpfung mitgetheilt, denen gemäß der große Sympa-

thikus als der coloratorische Nerv anzufprechen ist. Die Pleuronectiden, welche wir ausschließlich in Betracht ziehen wollen, erscheinen wie die Frösche nach klarem Sonnenscheine allemal lichter gefärbt als nach einem längern Aufenthalte im Dunkeln; aber an ihnen ist der Einfluß der Belichtung ein weit mehr in die Augen springender als an den Fröschen, und dieser erlaubt auf willkürliche Effecte an den Farbstoffzellen, welche nach *Seneca's* Berichte⁸⁸⁾ schon den alten Römern geläufig waren, eigentlich nur aus den Absterbe- und Anpassungsercheinungen zu schließen. Kein Nervengift ist aufzufinden gewesen, durch welches den Pleuronectiden ein bestimmtes Colorit der Haut zu verleihen gelungen wäre, obgleich sich auch bei ihnen die Chromatoblasten empfindlicher als beim Frosch erweisen und nicht nur durch electriche und mechanische Reize, sondern auch durch Kampher an abgelösten Hautstücken zur Zusammenziehung zu bringen sind. An der Oberseite von *Zeus faber* und *Solea platessa* sah ich wiederholt die Maschen des Siebes, auf welches die todten Fische geworfen waren, sich als weiße Netze von den dunklen Carrés ebenso deutlich abheben als bei Cephalopoden, die mit ihnen ein gleiches Schickal theilten. Alles in allem ist die Einrichtung des Farbenwechselapparates bei den Pleuronectiden eine sehr ähnliche wie die der Frösche. Die Chromatoblasten stehen durch den als coloratorischen Nerv fungirenden großen Sympathikus mit Gehirnganglien in directer Verbindung, und der von diesen aus an den Pigmentzellen unterhaltene schwache Tonus kann verstärkt werden, sowohl durch lichtempfindliche sensible Hautnerven als auch von Centren aus, welche der Willkür des Thieres unterworfen sind. Erstere sind indeß den letzteren an Einfluß bedeutend überlegen, und gerade hierin manifestirt sich die Eigenartigkeit des Apparates bei den Pleuronectiden.

Die vielen, durchaus unsystematisch betriebenen Arbeiten über den Farbenwechsel bei den Crustaceen lassen es zwar wahrschein-

lich werden, daß bei diesen ein dem der Fische verwandter Mechanismus vorliegt, doch stehen den Angaben (für *Nika edulis* von *Jourdain*, für verschiedene Arten der Gattung *Jdothea* von *P. Mayer*), welchen gemäß sich die Chromatoblasten am Lichte zusammenballen und im Dunkeln ausdehnen, auch solche (z. B. für *Prorella phasma* von *G. Haller*) gegenüber, wo das Umgekehrte beobachtet wurde. *Pouchet* und nach ihm *Jourdain* wie *P. Mayer* haben gezeigt, daß die bei mehreren Krebsen sehr deutliche chromatistische Anpassung an die Umgebung nach radicaler Zerstörung beider Augen nicht mehr stattfindet, und ebenso ist der Einfluß psychischer Affecte (des Schreckens), welche z. B. bei *Squilla mantis* ein Erblaffen des Thieres nach sich ziehen (*H. Eifig*), festgestellt, ohne daß aber mit Erfolg weiter nachgeforcht wurde, durch welche Ganglien und durch welche Nerven die Chromatoblasten ihre Erregungen zugeführt erhalten.

Werfen wir zum Schluß einen Rückblick auf das, was als gesicherter Fond für eine vergleichende Nervenphysiologie gewonnen wurde, so müssen wir zu unserem Bedauern bekennen, daß es außerordentlich wenig ist. Trotz der Fülle von Schriften, auf welche wir zu recurriren nöthig hatten, ist die Ausbeute an brauchbarem Materiale eine höchst minimale geblieben. Wir besitzen in der Methode der Combinationsvergiftungen ein Hilfsmittel, durch welches viele Räthsel in der Nervenphysiologie zu lösen sind, und trotzdem befindet sich unser Wissen noch auf einer gar so primitiven Stufe! Woher rührt das?

Diese Frage ist nicht schwer zu beantworten. Solange als das Groß der Nervenphysiologen nicht die Begabung besitzt, über brauchbare und unbrauchbare Methoden abzurtheilen, solange man verschmäht, combinirt zu vergiften, und deshalb jeder Fortschritt in der vergleichenden Nervenphysiologie lediglich von wenigen, vereinzelt dastehenden Forschern abhängt, wird dieser

Zweig unserer Disciplin nur langsam vom Flecke zu bringen sein. Die Betrachtung der Farbenwechselapparate zeigt uns zur Genüge, was an Wirbellosen selbst in der Nervenphysiologie, wo nach *Bernard's* klassischen Auseinandersetzungen sich die Verhältnisse weit complicirter als an den Wirbelthieren gestalten, bei einer verständigen Inangriffnahme der Untersuchungen noch alles aufzudecken ist. Die Methode aber, die wir als erprobte der Nachwelt übergeben, verliert durch ihre gegenwärtige Vernachlässigung an Bedeutung nichts; sie wird ungeahnte Aufschlüsse zu liefern sich kräftig erweisen, sobald die Zeit gekommen sein wird, welche die Methode der combinirten Vergiftung als großen Gewinn zu verstehen sich rühmen darf.



Anmerkungen und Literaturnachweise.

¹⁾ Was die Neuroglia betrifft, so scheint dieselbe mit den Fortsätzen der Pia mater im Zusammenhange zu stehen; aber ob dies nur ein Anlegen oder eine wirkliche organische Verbindung ist, ob die Neuroglia bindegewebiger oder nervöser Natur ist, blieb bislang unaufgeklärt. *A. Götte* (Entwicklungsg. d. Unke, *Bombinator igneus*. Leipzig. 1875) war vielleicht der erste, welcher die Abstammung der Neuroglia aus Nervenmasse behauptete; seiner auf Untersuchungen an Batrachiern basirten Ansicht stimmte später auch *G. Fritsch* (Unterf. üb. d. feinern Bau des Fischgehirns. Berlin. 1878) bezüglich der Knochenfische bei.

²⁾ *F. Hoppe-Seyler*, Physiologische Chemie. Bd. 4. Berlin. 1881. S. 677.

³⁾ Als Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenregung ergab sich pro sec.:

Motorische Nerven des Menschen 33.9 m (*Helmholtz & Bart*),

Sensibele Nerven des Menschen 30 — 40 m (verschiedene Autoren),

Sensibele u. mot. Nerven des Menschen 62 m (nach Schätzung von *Erner*),

N. facialis u. recurrens bei großen Säugethieren 65 — 75 m (*Chauveau*),

N. vagus der Säuger 8 m (*Chauveau*),

Motorische Nerven des Frochtes 26.4 — 27.25 m (*Helmholtz*),

Motorische Nerven des Frochtes 25 — 33 m (*Berullein*),

Nerven der Winterfledläufer bis auf 1 m sinkend (*Valentin*),

Nerven vom Hummer 6 m (*Fredericq* und *Vanderelde*),

Nerven vom Hummer (im Sommer) 20 m (*Fredericq* und *Vanderelde*),

Sensibele Rückenmarksleitung beim Menschen 8 m (*Erner*),

Motorische Rückenmarksleitung beim Menschen $\left\{ \begin{array}{l} 11 - 12 \text{ m} \\ 14 - 15 \text{ m} \end{array} \right.$ (*Erner*),

Motorische Rückenmarksleitung beim Hunde 10 m (*François-Franck & Pitres*).

Zum Vergleiche führe ich noch an, daß die negative Schwankung des Nervenstromes, deren Latenzstadium 0.0006 — 0.0007 sec. in Anspruch nimmt,

pro sec. 28 m (*Berufein*), die Lichtwelle in der Pennatulidenaxe pro sec. 0,05 m (*Panceri*) und die Electricität in einem Kupferdrahte während derselben Zeit ca. 30 Kilomeilen zurücklegt.

4) Wichtigere Literatur über die Nervenchemie:

Reaction. *Ch. Richet*, Physiologie des muscles et des nerfs. Paris. 1882. S. 540; *Gleichen*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 8. 1874. S. 171; *L. Edinger*, Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralapparate. Leipzig. 1885 S. 19; *O. Langendorff*, Die chem. Reaction der grauen Substanz. Sep.-Abdr. a. d. Neurologischen Centralblatt. 1885. No. 24; *P. Ehrlich*, Deutsche medic. Wochenschrift. 1886. No. 4.

Cholinderivate. *Hoppe-Seyler*, Physiologische Chemie. S. 79 — 82 u. S. 677 — 679; *A. Gamgee*, Text-book of the physiological Chemistry. Vol. 1. London. 1880. S. 425 — 442; *O. Schmiedeberg* u. *Harnack*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 6. 1877. S. 101 — 112.

Cholestearin. *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. 1. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 49 ff., Sitzungsber. d. Jenaischen Gesellsch. f. Medic. u. Naturw. 1885. S. 63; *K. B. Hofmann*, Lehrb. d. Zoochemie 2. Heft. Wien. 1877. S. 229; *Th. Weyl*, Archiv f. Physiologie. 1886. S. 182; *Hoppe-Seyler*, a. a. O. S. 79 — 82.

Für die Lecithine sind drei verschiedene Formeln (cf. *Hoppe-Seyler*, Physiol. Chemie. Th. 1. Berlin. 1877. S. 79) aufgestellt. Bezeichnen wir den Fettäurerest (Radical der Stearin-, Palmitin- oder Oleinfäure) mit R, so sind dieselben folgende:

1. $C_3H_5 \left\{ \begin{array}{l} R_2 \\ O-PO \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} OH \\ O-N \end{array} \right\} (CH_3)_3-C_2 H_4OH$ (*Diakonow*),
2. $C_3H_5 \left\{ \begin{array}{l} R_2 \\ O-PO \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} OH \\ O-C_2 H_4-N \end{array} \right\} (CH_3)_3OH$ (*Strecker*),
3. $C_3H_5 \left\{ \begin{array}{l} R_2 \\ O-PO \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} OHN \\ O-C_2 H_4-OH \end{array} \right\} (CH_3)_3$ (*Hoppe-Seyler*).

Das Myelin *Virchow's*, von *J. Sachs* (Vorles. über Pflanzenphysiologie. Leipzig. 1882. S. 383) gewiß nicht ohne Glück in eine Kategorie mit *Pringsheim's* Hypochlorin gestellt, sieht *Hoppe-Seyler* (Handb. d. physiol. u. path.-chem. Analyse. 5 Aufl. Berlin. 1883. S. 166) für gequollenes Lecithin an.

5) Die Analysen des Rinderhirns von *Petrovsky* (Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 7. 1873. S. 367) sind in mancher Beziehung ein guter Wegweiser für eine spätere Nervenchemie. Als Mittel von zwei Analysen ergaben sich folgende Zahlen:

100 g	
der grauen Substanz enthalten	der weißen Substanz enthalten
Wasser 81.604	Wasser 68.351
Fette Bestandtheile . . 18.396	Fette Bestandtheile . . 31.649.

100 g trockene Substanz enthalten

Albuminstoffe + Glutin	55.37	24.725
Lecithin	17.24	9.904
Cholestearin	18.68	51.909
Cerebrin	0.53	9.547
In wasserfreiem Aether unlösliche Substanz	} 6.71	3.342
Anorganische Salze		

6) Vgl. übrigens: *V. Boehm*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 19. 1885. S. 87—100.

7) Außer den unter Anm. 4 angeführten Schriften vgl. hinsichtlich der auf S. 401 gegebenen Tabelle: *E. Harnack*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 4. 1875. S. 168—190; *Berlinerblau*, Ber. d. d. chem. Ges. Bd. 17. 1884. S. 1140; *L. Brieger*, Ueber Ptomaine. Berlin. 1885.

8) Der bei den Ganglien von Nemertinen und anderen Würmern sich findenden Hämoglobinfärbung haben wir schon früher (S. 30 u. 31) gedacht. Von Interesse, aber chemisch nicht näher untersucht, ist die Ockerfärbung, welcher *B. Haller* (Denkschr. d. math.-nat. Klasse d. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 45. 1882. S. 102) an falschen Neuomen bei *Murex trunculus* begegnete.

9) Ueber die Ernährung der Nerven vgl.: *Kälme*, Lehrb. d. physiol. Chem. Leipzig. 1868. S. 351—354; *L. Ranvier*, Traité technique d'histologie. Paris. 1878. S. 777; *Richet*, a. a. O. S. 547—549.

10) *Fredericq* u. *Vanderelde*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. 2 Sér. T. 47. 1879. S. 771—797 u. Arch. de zool. exp. et gén. T. 8. 1881. p. 513—520.

11) *Cl. Bernard*, Tissus vivants. Paris. 1866. p. 210.

12) Ueber die physiologische Identität der motorischen und sensiblen Nerven vgl.: *L. Hermann*, Handbuch der Physiol. des Nervensystems. Leipzig. 1879. S. 9—14; *Richet*, a. a. O. p. 619, 629 u. 652; *R. Heidenhain*, Arch. f. Physiol. 1883. Supplement. S. 133—177.

13) Ohne sonderlichen Erfolg sind chemische Untersuchungen an den Nerven Wirbelloser von *C. Schmidt* (Zur vergl. Physiol. d. Wirbelloser. 1845. S. 18), von *Leconte* und *E. Faivre* (Compt. rend. T. 45. 1857. p. 628—630) sowie von *E. Yung* (Arch. de zool. exp. et gén. T. 7. 1878. p. 526—530) ausgeführt. Indem ich auf das über die chemischen Nervenreize auf S. 328 Gefagte verweise, sei noch einiger Angaben von *A. Vulpian* (Leçons etc. p. 81 u. 759) gedacht. Dieser Forscher beobachtete, daß das Glycerin auf die nervösen Gebilde des Flußkrebse wie auf die des Frosches als starker Reiz wirkt, daß dagegen der bei *Helix* vom untern Schlundganglion entspringende Nerv sowohl mechanisch wie electrisch, aber nicht durch Glycerin zu reizen ist, und daß

der Ifchiadicus einer Wanderratte (Surmulot) nur schwach durch Glycerin erregt wird. *Vulpian* schließt aus diesen Befunden, daß die Beschaffenheit der Nerven in verschiedenen Thierklassen Unterschiede aufweist, welche charakteristisch genug sind und sich mit den histologischen Unterschieden keineswegs decken.

¹⁴⁾ Ueber Hemmungsnerven vgl.: *Heidenhain*, a. a. O.; *M. v. Frey*, Arb. a. d. physiol. Anstalt zu Leipzig. Jahrg. 11. 1877. S. 89; *J. Pawlow*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 37. 1885. S. 6—31.

¹⁵⁾ Literatur über die trophischen Nerven:

E. Brücke, Vorlesungen über Physiol. Bd. 2. Wien. 1873. S. 23—24; *Sigmund Mayer*, Specielle Nervenphysiol. in *Hermann's* Handb. d. Physiol. Bd. 2. Th. 1. Leipzig. 1879. S. 201—216; *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. 1. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 85—92, 2. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 35 ff.; *C. Semper*, Reisen im Archipel der Philippinen. Th. 1. Bd. 1. Holothurien. Leipzig. 1868. S. 171 u. 172; *R. Koppe*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 3. 1875. S. 278 u. 299.

¹⁶⁾ Vgl. *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. 1. Reihe. 3. Abth. 1880. S. 31 Anm. 1.

¹⁷⁾ Die noch ganz räthselhaften Folgebeziehungen früherer zu späteren Vorgängen in den Pflanzen, auf welche besonders *Decandolle* (Pflanzenphysiologie. 1833. S. 18 ff.) die Aufmerksamkeit lenkte, lassen vielleicht vermuthen, daß auch im Thierkörper zahlreiche Proceße lediglich durch den Verband assimilirender Zellen eine auffallendere und in Folge gewisser Eigenthümlichkeiten des Protoplasmas auch eine regelmäßig wiederkehrende Beeinflussung erleiden, welche nur mit Unrecht auf nervöse Erregungen bezogen werden. Bekanntlich fahren unsere Obstbäume, in die gemäßigten Gegenden der südlichen Halbkugel veretzt, noch einige Jahre hindurch fort, genau um die Zeit zu blühen, die unserm Frühling entspricht und das Umgekehrte findet statt, wenn man gewisse Bäume der südlichen Hemisphäre nach Europa bringt. In ähnlicher Weise findet sowohl bei den Laubblättern wie auch bei den meteorisch beweglichen, für Lichtschwankungen empfindlichen Blüthen eine Nachwirkung derart statt, daß sich in constanten Finsterniß die durch den früheren Wechsel von Tag und Nacht veranlaßte Tagesperiode der Bewegung noch einige Zeit fortsetzt (*J. Sachs*, Lehrb. d. Botanik. 4. Aufl. Leipzig. 1874. S. 847 u. 849). Der Eintritt des Hungergefühls genau zu der Stunde, in welcher man sich zu speisen gewöhnt hat, die leise Steigerung der Pulsfrequenz an Fastentagen genau um die Zeit, in der man das Mahl einzunehmen pflegte (*Lichtenfels* und *Fröhlich*, Denkschr. der Wiener Acad. Bd. 3; *F. Goltz*, Tagebl. d. Naturforscherverf. zu Baden-Baden. 1879. S. 131), der ausgeprägte Rhythmus der Fieberanfälle, der Krämpfe und der Blutungen (cf. *Uhle-Wagner*, Handb. d. allg. Pathol. 7. Aufl. Leipzig. 1876. S. 23) erinnern zu sehr an die erwähnten

periodischen Erscheinungen in der Pflanzenwelt, als daß sie ohne Weiteres auf Nerveneinfluß bezogen werden könnten. Gebe ich nun aber auch zu, daß besonders Vorgänge wie die erwähnten, leicht und immer wieder die Existenz trophischer Nerven, wenn nicht gar die Anwesenheit wandernder Mikrooccenolonieen vortäuschen werden, so halte ich doch an der Annahme, daß solche Nerven thatsächlich vorkommen können, aus den im Texte angeführten Gründen unbedingt fest und verweise zugleich auf die in Anm. 15 citirte Auseinandersetzung *Brücke's*.

¹⁸⁾ Vgl. *C. Eckhard* in *Hermann's* Handb. d. Physiol. Bd. 2. Th. 2. Leipzig. 1879. S. 15—21. — In den automatisch thätigen Herzen von Wirbelthierembryonen sowie in dem Herzen von *Helix pomatia* (cf. *R. Kobert*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 20. 1885. S. 92—115) haben wir dagegen Organe, welche sich ohne die Anwesenheit von Ganglienzellen rhythmisch zu contrahiren vermögen.

¹⁹⁾ Ueber die pendelartigen Bewegungen des Fußes von *Carinaria mediterranea* vgl.: *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. 1. Reihe. 3. Abth. S. 177—180; *A. Costa*, Ann. d. scienc. nat. T. 16. 1829. p. 107—109; *A. Vulpian*, Leçons sur la physiol. gén. et comp. du système nerveux. Paris. 1866. p. 762.

²⁰⁾ Vgl. *C. Eckhard*, a. a. O. S. 117 u. 118.

²¹⁾ *Cl. Bernard*, Leçons sur les phénom. de la vie etc. T. 1. 1878. p. 151.

²²⁾ *Cl. Bernard*, Tissus vivants. Paris. 1866. p. 123 u. 173.

²³⁾ Dem Folgenden liegen mehrfach Notizen zu Grunde, welche ich vor mehreren Jahren in den Vorlesungen meines verehrten Lehrers nieder schrieb. Von *F. Goltz's* neueren Schriften seien genannt: Ueber die moderne Phrenologie. Deutsche Rundschau. Jahrg. 12. 1885. S. 263—283 u. S. 361—375 sowie sein Bericht über Versuche an Hunden in dem Tagebl. d. 58. Verf. d. Naturf. u. Aerzte in Straßburg. 1885. S. 414 u. 415.

²⁴⁾ Des Näheren vgl. *Sign. Exner* in *Hermann's* Handb. d. Physiol. Bd. 2. Th. 2. Leipzig. 1879. S. 193 ff.

²⁵⁾ Vgl. *S. Exner*, a. a. O. S. 308—350.

²⁶⁾ Bezüglich eines Beispiels für das sehr unterschiedliche Verhalten nahe stehender Species gegen Gifte verweise ich auf das über *Rana temporaria* und *R. esculenta* Gefagte (S. 326). Die Skelettmuskeln beider Frösche verhalten sich auch bei einer reinen Bleivergiftung sehr ungleich resistent (*E. Harnack*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 9. 1879. S. 166 u. 172) und, ob schon gegen Apomorphin kein Unterschied zu constatiren war (*E. Harnack*, ibid. Bd. 2. 1874. S. 299), so glaubt doch *Harnack* (ibid. Bd. 9. S. 166), daß dieses verschiedene Verhalten der beiden Froscharten gegenüber der Einwirkung von Muskelgiften ein ganz durchgehendes und charakteristisches sei. Daß sich

die Differenz auch auf den Herzmuskel erstreckt, lehren z. B. folgende Versuche von *Koppe* (ibid. Bd. 3. S. 275 u. 276): Schon bei Anwendung von $\frac{1}{10}$ mgr Digitoxin erzielte dieser Forscher bei *Rana temporaria* einen systolischen Herzstillstand, während es dazu bei *Rana esculenta* 1— $1\frac{1}{2}$ mgr bedurfte, und ebenso führten bei ersterer Frofchart schon $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ mgr Digitalin resp. Digitalein, bei letzterer hingegen erst 1— $1\frac{1}{2}$ mgr dieser Substanzen einen systolischen Herzstillstand herbei.

27) Nicht nur bei den Durchblutungsversuchen —, welche unter Anderem lehrten, daß beim Hunde die Nieren und vielleicht noch die Schweißdrüsen als die ausschließlichen Bildungsstätten der Hippursäure (aus Benzoesäure und Glykocoll) fungiren (*Schmiedeberg* u. *Bunge*), beim Kaninchen dagegen auch die Muskeln und die Leber Hippursäure aus Benzoesäure und Glykocoll zu bilden vermögen (*W. Salomon*) — sondern auch bei Fütterungsversuchen ergaben sich gravirendere Unterschiede in den Stoffwechselvorgängen. Wir sehen hier natürlich ganz ab von den bemerkenswerthen Verschiedenheiten, wie solche z. B. in der Umwandlung der Benzoesäure zwischen Hühnern, von denen dieselbe als Ornithursäure, und den Säugern, wo sie als Hippursäure ausgeschieden wird, bestehen, und berühren allein die Differenzen im Stoffumfatze, welche verschiedene Säugethier-species darbieten. Diesbezügliche Beispiele hat kürzlich *J. Munk* (Verhandl. d. physiol. Gef. zu Berlin. 1880—81. No. 17. S. 69—74) gesammelt, und es scheint hiernach viel davon abzuhängen, ob das betreffende Versuchsthier ein Pflanzen- oder ein Fleischfresser ist. So setzt beim Hunde eine Steigerung (*A. Auerbach*), beim Pferde eine Herabsetzung der Alkalescenz des Blutes die Oxydation des Phenols herab; beim Kaninchen wird von dem in den Magen eingeführten Taurin der größte Theil gespalten und in unterschweflige Säure und Schwefelsäure umgewandelt, während beim Menschen ein großer Theil, beim Hunde ein kleiner Theil zu Taurocarbaminsäure wird; anorganische Säuren binden bei Herbivoren fixe Alkalien, Kali, Natron (*Salkowski*), bei Carnivoren Ammoniak (*Walther*) u. s. w. Am Menschen machten sich individuelle Schwankungen bei Zufuhr von Sarkofin (cf. *E. Drechsel* in *Hermann's* Handb. d. Physiologie. Bd. 5. Th. 2. 1883. S. 520) geltend; dieses erscheint bei dem einen Individuum fast in ganzer Menge unverändert im Harne wieder, während es bei einem anderen wenigstens zum Theil in Methylhydantoin, beziehungsweise in Methylhydantoin-säure umgewandelt wird. Der Cystinurie liegen wahrscheinlich ebenfalls gewisse Familiendispositionen zu Grunde und wie *E. Salkowski* hervorhebt, finden sich der *Baumstark's*che Körper ($C_3H_8N_2O_8$) sowie die Urocaninsäure ($C_{12}H_{12}N_4O_4 + 4 aq.$) von *Jaffé* auch nicht im Harne eines jeden Hundes vor.

28) *L. Landois*, Arch. f. path. Anat. Bd. 35. 1866. S. 575—599.

29) Vgl. *L. Exner*, a. a. O. S. 342—350.

³⁰⁾ Vgl. *J. Steiner*, Grundriß der Phyfiol. des Menschen. 2 Aufl. Leipzig. 1883. S. 405.

³¹⁾ *J. Steiner*, a. a. O. S. 407.

³²⁾ Wir verdanken *C. Chun* (Ctenophoren. Fauna u. Flora des Golfes von Neapel. Leipzig. 1880. S. 174) die merkwürdige Thatfache, daß das Centralnervenfystem bei feinem erften Auftreten unter den Medufen in Geftalt eines Gehörorgans die Regulation der Ortsbewegung übernimmt. Gewiß mit Recht erinnert *Chun* an die Uebereinstimmung, welche sich hierin zwischen der *Beroe* und den halbeircelförmigen Canälen höherer Thiere (nach *Flourens* Unterfuchungen) ausdrückt.

³³⁾ *C. Claus*, Grundzüge d. Zoologie. 3. Aufl. Marburg u. Leipzig 1876. S. 1055.

³⁴⁾ *O. Soltmann*, Jahrb. f. Kinderheilkunde. N. F. Bd. 9. S. 106, Centralbl. f. d. med. Wiff. 1875. No. 14 u. Ueber einige phyfiol. Eigenthümlichk. der Muskeln u. Nerven des Neugeborenen. Habilitationsfchrift. Breslau. 1877.

³⁵⁾ Ob es sich hierbei jedoch um eine wirkliche Automatie und nicht vielmehr um einen reinen Reflexact handelt, ist durch neuere Unterfuchungen sehr fraglich geworden.

³⁶⁾ Vgl. *Richet*, a. a. O. S. 541.

³⁷⁾ *Armand Morcau*, Compt. rend. de la soc. de biologie. 2 Sér. T. 5. 1858. p. 97, 3 Sér. T. 1. 1859. p. 107 u. T. 2. 1860. p. 159.

³⁸⁾ Ueber Ppropfhybride im Pflanzenreiche vgl. *V. Hensen*, Physiologie d. Zeugung in *Hermann's* Handb. d. Phyfiol. Bd. 6. Th. 2. 1881. S. 150; *W. Neubert*, Tagebl. d. Naturforscherverf. zu Baden-Baden. 1879. S. 215.

³⁹⁾ Aber auch bei den Transfusionen (vgl. *L. Landois*, Die Transfusion des Blutes. Leipzig. 1875 u. Beiträge z. Transfusion des Blutes. Leipzig. 1878) fällt der Gattungscharakter der Versuchsthierc schwer in's Gewicht. Kaninchenblut einem Hunde injicirt wird in der neuen Blutbahn schnell zerstört und ebenso rasch zerfällt dem menschlichen Organismus infundirtes Lammblut, während die Transfusion bei Hund und Fuchs wie bei Pferd und Esel keine das Leben bedrohende Folgen mit sich bringt.

⁴⁰⁾ *Beudant*, Ann. de chimie. T. 2. 1816. p. 52; *Czerny*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 5. 1869. S. 158; *F. Plateau*, Mém. de l'acad. r. de Belgique. T. 36. 1870 u. Bull. d. l'acad. r. de Belgique. T. 34. 1872. No. 9 u. 10. — Vgl. auch: *C. Semper*, Die natürl. Existenzbedingungen der Thiere. Th. 1. Leipzig. 1880. S. 173—217.

⁴¹⁾ Ueber Ppropfversuche an Thieren (von *P. Bert*, *Paget* etc.) und über die Wiederanheilung ganz oder fast ganz vom Körper getrennter Theile vgl. *H. Milne Edwards*, Leçons sur la physiologie etc. T. 8. Paris. 1863. p. 274—277; *Uhle-Wagner*, a. a. O. S. 485 ff., S. 505 u. 636.

42) Wichtigere Literatur über Regenerationsversuche:

Wirbelthiere: *H. Müller*, Verhandl. d. physik.-medic. Gesellschaft zu Würzburg. Bd. 2. 1852. S. 66; *Vulpian*, Compt. rend. de la soc. de biologie. 2 Sér. T. 5. 1858. p. 81 u. T. 6. 1859. p. 7; *Philippeaux*, Compt. rend. de l'acad. 1866 u. 1867, 1873—1876; *A. Götte*, Amtl. Ber. d. Naturforscherverf. in München. 1877. S. 172; *O. Fraissé*, Tagebl. d. Naturforscherverf. zu Baden-Baden. 1879. S. 223—225; *Fleisch*, ibid. S. 225.

Mollusken. *Spallanzani*, Prodomo di un'opera sopra le reproduzioni animali. 1768. p. 60; *Bonnet*, Journ. de physique. T. 10. 1777. p. 169; *Dugès*, Traité de physiol. comp. T. 3. 1839. p. 190; *Moquin-Tandon*, Hist. nat. des Mollusques terr. et fluv. de France. p. 274; *J. Carrière*, Tagebl. d. Naturforscherverf. zu Baden-Baden. 1879. S. 225—226.

Würmer. *Réaumur*, Mém. pour servir à l'hist. des insectes. 1742. T. 6. Préface. p. 64; *Bonnet*, Traité d'insectologie etc. 1745. T. 2; *Dugès*, Ann. d. scienc. nat. T. 15. 1828. p. 167 u. 316; *J. d'Udekem*, Mém. couronnés de l'acad. de Belgique. T. 26.

Echinodermen. *Réaumur*, a. a. O. Préface. p. 61; *Dujardin* und *Hupe*, Hist. nat. des zoophytes échinodermes. 1862. p. 20; *E. Haeckel*, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 30. Suppl. 1878. S. 424—445; *Dalyell*, British associat. for the adv. of science. 1840. Trans. p. 139. Glasgow.

Coelenteraten. *Trembley*, Abh. z. Gesch. einer Polypenart. Deutsch von *Goeze*. Quedlinburg. 1775; *Disquemare*, Philos. Transact. 1773. p. 371; *Dalyell*, Rare and remarkable animals of Scotland. 1848. T. 2. p. 230; *E. Haeckel*, Biol. Studien. Heft 1. 1870. S. 22; *Th. Eimer*, Die Medusen. Tübingen. 1878. S. 48—51. — *Laurent*, Voyage de la Bonite. Zoophytologie. p. 133.

Protozoen. *Trembley*, Philos. Transact. 1744. T. 44. p. 627; *Schneider*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1854. S. 204; *Claparède* u. *Lachmann*, Étude sur les Infusoires et les Rhizopodes. 3^{me} Partie. p. 209.

Vgl. ferner: *H. Milne Edwards*, a. a. O. T. 8. 1863. p. 299—311.

43) *Cl. Bernard*, Tissus vivants. 1866. p. 149.

44) *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. 1. Reihe. 1. Abth. 1880. S. 8.

45) *A. Schneider*, Unterf. über Plathelminthen. Gießen. 1873; *Arn. Lang*, Die Polycladen. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. 11 Monögr. Leipzig. 1884. S. 80 u. 81; *Jlao Jijima*, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 40. 1884. S. 381.

46) Ueber die Innervationsverhältnisse bei den Scheibenquallen vgl.: *Th. Eimer*, Verhandl. d. physik.-medic. Gef. zu Würzburg. N. F. Bd. 6. 1874, Amtl. Bericht d. Naturforscherverf. zu München. 1877. S. 182—186, Die Medusen. Tübingen. 1878; *G. J. Romanes*, Philos. Transact. Vol. 166. 1876. p. 269—313, Vol. 167. 1877. p. 659—752 u. 1880. p. 161—202; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1. Reihe. 3. Abth. 1881. S. 124—146.

⁴⁷⁾ *Krukenberg*, *ibid.* S. 144; *O. u. R. Hertwig*, Sitzungsber. d. Jenaischen Gef. f. Medicin u. Naturwiss. Sitzung vom 4 Juli 1879 und Die Actinien. Jena. 1879.

⁴⁸⁾ Ueber Ctenophoren vgl.: *Th. Eimer*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 17. 1880. S. 213 — 240; *Krukenberg*, a. a. O. S. 1 — 22; *C. Chun*, Die Ctenophoren etc. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. Leipzig. 1880 und Biolog. Centralbl. Bd. 2. 1882. S. 5 — 16.

⁴⁹⁾ Die Effecte, welche die Durchschneidungen an Medusen und Ctenophoren nach sich ziehen, erinnern an diejenigen, welche beim Anlegen der *Stannius'schen* Ligatur am Froschherzen (cf. *Aubert*, Innervation der Kreislauforgane in *Hermann's* Handbuch der Physiologie. Bd. 4. Th. 1. 1880. S. 364) beobachtet werden. Bei den Scheiben- und Rippenquallen treten unmittelbar nach der Durchschneidung die Erscheinungen einer Reizung auf und erst verhältnißmäßig spät machen diese dem durch den Ausfall der Centren geschaffenen Lähmungszustande Platz.

⁵⁰⁾ Ich lasse es hier dahin gestellt, inwiefern das Vorgetragene den neueren Anschauungen über die Hemmungsnerven (S. 405) gemäß einer Modification bedürftig erscheinen muß.

⁵¹⁾ Literatur zur Nervenphysiologie der Echinodermen:

Comatula. *W. B. Carpenter*, Proc. of the r. soc. Vol. 24. No. 166. 1876. p. 226 — 227 u. No. 169. p. 451 — 455; *Krukenberg*, a. a. O. 2 Reihe. 1 Abth. 1881. S. 81 u. 82.

Echiniden. *Fredericq*, Compt. rend. T. 83. 1876. p. 860 — 862 u. p. 908 bis 910; *G. J. Romanes* u. *J. C. Ewart*, Proc. of the r. soc. Vol. 32. No. 212. 1881. p. 5 — 11 u. Philos. Transact. 1881. Part. 3 p. 829 — 885; *Romanes*, Jelly-fish, star-fish and sea-urchins. London. 1885. p. 276 — 293 u. p. 301 — 323.

Asteroiden. *Fr. Tiedemann*, *Meckel's* Archiv f. Physiol. Bd. 1. 1815. S. 161 — 175; *A. Vulpius*, Compt. rend. de la soc. de la biologie. 3 Sér. T. 3. Année 1861. Paris. 1862. p. 189 — 196; *Krukenberg*, a. a. O. S. 76 — 82; *Romanes*, a. a. O. p. 267 — 276 u. p. 294 — 301; *J. Steiner*, Arch. f. Physiologie von *du Bois Reymond*. 1875. S. 145.

⁵²⁾ *A. v. Heider*, *Cerianthus membranaceus*. Sep.-Abdr. a. d. 79 Bd. d. Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. 1 Abth. 1879. S. 45.

⁵³⁾ Aeltere Arbeiten über die Nervenphysiologie der Würmer:

Ch. Bonnet, Oeuvres d'hist. nat. et de philosophie. T. 1. Neuchâtel. 1779. p. 117 — 258; *Thomas*, Mém. pour servir à l'hist. nat. des Sangsues. 1806. p. 87; *A. Moquin-Tandon*, Monographie des Hirudinées. Paris. 1846. p. 74; *Lockhart-Clarke*, Ann. of nat. hist. 1857. p. 250; *Quatrefages*, Histoire nat. des Annelés. T. 1. 1865. p. 87.

⁵⁴⁾ *N. Kleinenberg*, Ann. and magaz. of nat. hist. 5 Ser. Vol. 9. No. 49. 1882. p. 67 u. Archives italiennes de biologie. T. 1. 1882. p. 63 — 77.

Krukenberg, Vergl.-physiol. Vorträge.

⁵⁵⁾ *Krukenberg*, a. a. O. 1 Reihe. 1 Abth. 1880. S. 82—116; *A. Guillebeau* u. *B. Luchlinger*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 28. 1882. S. 1—60; *Krukenberg*, a. a. O. 2 Reihe. 3 Abth. 1882. S. 116—122.

⁵⁶⁾ *J. Armauer Hanfen*, Arch. de physiol. norm. et patholog. 3 Sér. 13 Année. 1881. p. 739—741.

⁵⁷⁾ *B. Luchlinger*, Zur allg. Physiol. der irritablen Substanzen. Bonn. 1879.

⁵⁸⁾ Untersuchungen, welche nur die Frage nach der Gültigkeit des *Bell'schen* Lehrsatzes betreffen: *G. Newport*, Philos. Transactions. 1834. p. 407 u. 408; *Grant*, Lancet. 1834. Juli; *J. Müller*, Handb. d. Physiol. des Menschen. Bd. 1. 4 Aufl. Coblenz. 1844. S. 579; *Valentin*, De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici. Berne. 1839. p. 7 ff.; *F. A. Longet*, Traité de physiol. T. 2. P. 2. Paris. 1850. p. 14; *A. Vulpian*, Leçons etc. p. 143 u. 144.

Speziellere Untersuchungen über die Nervenphysiologie der Arthropoden:

Cruftaceen. *H. Milne Edwards*, Hist. nat. des Cruftacés. Paris. 1849. T. 1. p. 149; *Longet*, l. c. T. 2. P. 2. p. 11—15; *Vulpian*, l. c.; *Owsjannikow*, Mém. de l'acad. imp. de St. Pétersbourg. 6. Sér. T. 7. 1863. No. 10; *Lemoine*, Ann. d. scienc. nat. 5. Sér. T. 9. 1868. p. 204; *E. Yung*, Compt. rend. T. 88. 1878. p. 347—349 u. Arch. d. zool. exp. et gén. T. 7. 1878. p. 459—526; *T. H. Huxley*, Der Krebs. Leipzig. 1881. S. 92—95; *J. Ward*, Journ. of physiol. Vol. 2. 1879—80. p. 214—227.

Infekten. *J. R. Reugeter*, Physiol. Unterf. üb. d. thier. Haushaltung d. Infekten. Tübingen. 1817. S. 40—43; *C. A. Walckenaer*, Mém. pour servir à l'hist. des abeilles solitaires. Paris. 1817. p. 39; *G. R. Treviranus*, Das organische Leben, neu dargestellt. Bremen. 1831. Bd. 2. Abth. 1. S. 192; *H. Burmeister*, Handb. d. Entomologie. Bd. 1. Berlin. 1832. S. 516—526; *Badham*, The question concerning the sensibility, intelligence and instinctive actions of insects. Paris. 1837; *Dujardin*, Ann. d. scienc. nat. 3 Sér. T. 14. 1850. p. 196; *A. Yérin*, Bull. de la soc. vaudoise d. scienc. nat. T. 5. 1856—57. No. 39. p. 119 u. No. 41. p. 185, Compt. rend. T. 44. 1857. p. 912—915; *E. Faivre*, Compt. rend. T. 44. 1857. p. 721—722, Ann. d. scienc. nat. 4. Sér. T. 8. 1857. p. 245—274, Compt. rend. T. 45. 1857. p. 2—5, Ann. d. scienc. nat. 4. Sér. T. 9. 1858. p. 23—51, T. 13. 1860. p. 321—336, T. 17. 1862. p. 329—361, 5. Sér. T. 1. 1864. p. 89—104, Compt. rend. T. 51. 1860. p. 530—533, T. 56. 1863. p. 472—475, T. 80. 1875. p. 739—741, p. 1149—1153 u. p. 1332—1335; *Baudelot*, Compt. rend. T. 58. 1864. p. 1161—1164, Ann. d. scienc. nat. 5. Sér. T. 2. 1864. p. 45—48; *Doenhoff*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875. S. 47; *E. Fleißel*, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1875. S. 469—470; *B. Luchlinger*, Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 23. 1880. S. 308—312; *Fél. Plateau*,

Bull. de l'acad. r. de Belgique. 3 Sér. T. 3. 1882. No. 6 u. Recherches expér. sur les mouvements respiratoires des insectes. Bruxelles. 1884.

Mit der Frage nach der Homologie resp. der Analogie des Bauchstranges der Articulaten mit dem Cerebrospinal- resp. dem sympathischen Nervensysteme der Wirbelthiere beschäftigten sich: *Leydig*, Lehrb. d. Histologie. Hamm. 1857. S. 186; *Reil*, Archiv von *Reil* u. *Autenrieth*. Bd. 7. S. 190; *Ackermann*, De nervosi systematis primordiis commentatio. Heidelbergae. 1813; *Bichat*, Anatomie générale. Paris. 1812. T. 1. p. 243; *Scarpa*, Annot. anatom. Lib. 1. De nervorum gangliis anat. Pavia. 1784. p. 38; *Blumenbach*, Handb. d. vgl. Anat. Göttingen. 1805. S. 315; *Cuvier*, Leçons d'anat. comp. T. 2. Paris. 1808. p. 299 ff. u. Mém. pour servir à l'hist. et à l'anat. des mollusques. Paris. 1817; *Gall*, Anat. et physiol. du syst. nerveux. T. 1. Paris. 1810. p. 109; *Meckel*, Handb. d. menschl. Anat. Bd. 1. Halle. 1815. S. 341 u. *Meckel's* Archiv. Bd. 1. 1815. S. 11; *Walther*, Physiologie. Bd. 2. § 563; *Dugès*, Physiologie comp. T. 1. Montpellier. 1838. p. 79 u. 81; *Leuret*, Anat. comp. du syst. nerv., considéré dans ses rapports avec l'intelligence. T. 1. Paris. 1839. p. 46; *E. H. Weber*, Anat. comp. nervi sympathici. Lipsiae. 1817. p. 95; *Serres*, Anat. comp. du cerveau. Paris. 1827. T. 1. p. 254, 400 u. 508, T. 2. p. 45; *Treviranus*, Journ. compl. des scienc. médic. T. 18. p. 250; *Vulpian*, Leçons etc. p. 780 ff.; *Longet*, a. a. O. T. 2. p. 650.

⁵⁹⁾ Die hinsichtlich der Respiration der Insekten in Betracht kommenden neurophysiologischen Ergebnisse der Sektionsversuche hat *Fél. Plateau* (Recherches expér. sur les mouvements respirat. des insectes. Bruxelles. 1884. p. 215) in folgender Tabelle zusammengefaßt:

Beobachter	Species	Ausgeführte Operation	Wirkung auf die Respirationsbewegungen
<i>Faivre</i>	<i>Dytiscus</i>	Durchschneidung der Connective zwischen prothoracalem und unterem Schlundganglion	Sofortige Schwächung
<i>Barlow</i>	<i>Gryllus</i>	Enthauptung	Schwächung und Verlangsamung.
»	<i>Libellula</i>		
<i>F. Plateau</i>	<i>Hydrophilus</i>	Zerstörung der oberen Schlundganglien	Tiefenabnahme der Athemzüge und schwache Verlangsamung derselben.

Beobachter	Species	Ausgeführte Operation	Wirkung auf die Respirationsbewegungen
<i>F. Plateau</i>	<i>Dytiscus</i>	Enthauptung Zerstörung der oberen Schlundganglien	Abnahme an Tiefe, Beschleunigung
»	<i>Carabus</i>	Enthauptung	Schwaches Flacherwerden der Athemzüge
»	<i>Oryctes</i>		Nach 15 Min. Abnahme an Tiefe
»	»	Durchtrennung des Bauchstranges zwischen meso- und metathoracalem Ganglion	Schwächung
»	<i>Geotrupes</i>	Enthauptung	Augenblickliche Beschleunigung
»	<i>Libellula</i>		Leichte Verlangsamung
»	<i>Aeschna</i>	Durchschneidung des Bauchstranges an der Basis des Abdomens	Tiefenabnahme der Athemzüge u. leichte Verlangsamung
»	<i>Stethophyma</i>		
»	»	Zerstörung der metathoracalen Ganglien	Verlangsamung
»	<i>Stenobothrus</i>	Durchtrennung des Bauchstranges an der Basis des Abdomens	
<i>Langendorff</i>	<i>Melolontha</i>	Enthauptung	
»	<i>Libellula</i>		

⁶⁰⁾ Sehr lehrreich und, worauf schon *Vulpian* (*Leçons etc.* p. 793) hinwies, in vollem Einklange mit den Anschauungen *Faivre's* über die respiratorische Bedeutung des Ganglion metathoracicum sind die Beobachtungen, welche

L. Dufour (Ann. d. scienc. nat. 2. Sér. T. 15) und *Fabre* (ibid. 4. Sér. T. 4. p. 129) an *Sphex*, *Cerceris* und an anderen Sphecinen ange stellt haben. Um ihren Larven die Nahrung zu sichern, bohren diese Grabwespenarten erbeuteten Grillen, Fliegen oder Kornwürmern ihren Stachel in den Bauchtrang und vernichten dessen Funktionen auf eine sehr einfache Weise dadurch, daß sie einen ätzenden Stoff über das zerstörte Gewebe hinüberfließen lassen. Die so operirten Insekten, welche meistens solchen Arten angehören, bei denen die Ganglien sehr genähert liegen, führen alsdann gleichsam ein latentes Leben, und sowohl *Fabre* wie *Vulpian* ist es an Fliegen, Grillen u. s. w. gelungen, durch Verletzung des Bauchtranges und Einbringen von Ammoniak auch künstlich diesen lethargischen Zustand herbeizuführen. Führt man die Operation mit einer rein gehaltenen Nadel aus, so erzielt man dieselbe Wirkung, und das zeigt wohl klar, daß das Wesentliche die traumatische Verletzung des Bauchtranges und keine Intoxication ist.

⁶¹⁾ *E. Faivre*, Compt. rend. T. 80. 1875. p. 1149 — 1153.

⁶²⁾ *C. Gegenbaur*, Grundriß der vergl. Anatomie. Leipzig. 1874. S. 522.

⁶³⁾ Ziemlich alle Forscher (*Bert*, *Colasanti*, *Yung*, nicht aber *Klemensiewicz*), welche Cephalopoden mit Strychnin vergifteten, haben die Behauptung aufgestellt, daß sich an diesen Thieren ein echter Strychnintetanus entwickle. Mir scheint es sehr fraglich, ob man berechtigt ist, die an den strychnisirten Cephalopoden auftretenden Zuckungen als tetanische Krämpfe zu bezeichnen, zumal eine, durch das Strychnin herbeigeführte übernormale Empfindlichkeit bei diesen Thieren nicht nachgewiesen ist. Bemerkenswerth ist die außerordentliche Empfänglichkeit aller Cephalopoden für Strychnin (*Bert*, *Krukenberg*); in einer Strychninnitratlösung von 1:40.000 beginnen an *Eledone* die typischen Symptome der Vergiftung sofort.

⁶⁴⁾ *Krukenberg*, a. a. O. 1. Reihe. 3. Abth. S. 133 — 135.

V. Heusen's wenig bekannte Beobachtung einer gesteigerten Schallempfindung bei strychnisirten Krebsen weist zwar auch bei diesen Thieren auf ein Ueberempfindlichwerden durch das Strychnin hin. *Heusen* (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 13. 1863. S. 395) sagt: «Wenn man *Palaemon antennarius* in mit Strychnin versetztes Salzwasser auf mehrere Stunden hineinbringt, läßt sich der Nachweis ihrer Hörkraft noch besser führen. Dann erzeugen selbst leise Töne im Haufe, am Tische oder Glase Reflexe, und man kann das Thier durch wiederholte Töne in entsprechend häufigen Sprüngen im Glase umhertreiben. Dabei ist bemerkenswerth, daß von der äußern Antenne ein Reflex nicht leicht kommt. Wenn das Thier, schon stark vergiftet, matt auf der Seite liegt, kann man es mit der Pincette an der äußern Antenne in die Höhe ziehen, das Glas heben und das Wasser schütteln, es rührt sich nicht; setzt man das Glas nieder und erregt damit oder sonstwie einen Ton, so reißt es

sich mit einem mächtigen Schlage los, um machtlos zu Boden sinken und dort in tonischen Krämpfen sich zu biegen. Die Thiere werden, nachdem sie einzig noch athmend, aber fast bewegungslos auf dem Boden des Glases liegen, sich allmählig beleben, wenn man sie in reines Wasser setzt. Dann ist es interessant, sie zu beobachten, wenn sie wieder anfangen zu schwimmen. Sie streifen ungeschickt im Glase umher; man achtet darauf, wenn sie nirgends die Wänden berühren und erzeugt einen Ton; augenblicklich wirft ein Sprung sie auf den Boden des Gefäßes, wo sie ruhig auf der Seite liegen bleiben. Richtet man sie auf, so hat das keinen Reflex zur Folge, sondern sie fangen von Neuem an zu schwimmen und das Spiel kann wiederholt werden. Uebrigens stellt sich selbst während der Strychninvergiftung eine gewisse Abstumpfung gegen den Ton ein, die erst nach einiger Ruhe wieder verschwindet.»

Jenen durch Muskelcontracturen bewirkten Zerstückelungsact, welchem viele Anneliden, Synapten und in beschränkterem Grade auch Krebse und Saurier (*Anguis*, *Lacerta*) bei äußeren Insulten ausgesetzt sind, habe ich (Vgl.-physiol. Studien. 1 Reihe. 1 Abth. 1880. S. 128 u. 129) als eine dem Opifhotonus der Wirbelthiere vergleichbare Krampfform aufgefaßt. Später hat *L. Fredericq* (Arch. de zool. expér. et gén. 2. Sér. T. 1. 1883. p. 413 — 426), ohne meine Versuche und Angaben, mit welchen die feinigen vollkommen übereinstimmen, irgendwie zu kennen, diesen Selbstzerstückelungsvorgang («Autotomie» *Fredericq's*) an Blindfische und Krebse ausführlicher beschrieben und die Frage insofern gefördert, als er nachwies, daß die Contracturen bei Krebse sich auch nach Zerstörung des Schlundringes erhalten und von den Bauchganglien unterhalten werden. Eine solche Selbstamputation der Gliedmaßen, welche, wie gesagt, auf tetanische Erregungen schließen ließe, habe ich nun aber bei einer Strychninvergiftung auch an dazu sehr disponirten Krebsarten niemals auftreten sehen, während dieselbe bei einer Vergiftung mit Nicotin an geeigneten Krebsformen (z. B. bei *Porcellana longicornis*) ebenso wie an *Synapta digitata* eine ganz regelmäßige Erscheinung ist (cf. *Krukenberg*, a. a. O. S. 120 u. 121).

⁶⁵⁾ Literatur über die Nervenphysiologie der Mollusken:

Lamellibranchiaten. *J. Pawlow*, Arch. f. d. gef. Physiologie. Bd. 37. 1885. S. 6 — 31.

Gastropoden. *Vulpian*, Leçons etc. p. 759 — 765; *H. v. Ihering*, Göttinger Nachrichten. 1876. No. 13. 28 Juli.

Cephalopoden. *P. Bert*, Compt. rend. T. 65. 1867. p. 300 — 303; *J. Chéron*, ibid. T. 66. 1868. p. 1163 — 1167 u. Recherches pour servir à l'hist. du syst. nerveux des Céphalopodes dibranchiaux. Thèse. Paris. 1866; *Ouwjannikow* u. *Kowalevsky*, Mém. de l'acad. imp. d. scienc. de St. Pétersbourg. 7. Sér. T. 11. 1867; *G. Colafanti*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1876.

S. 480 — 500; *R. Klemeniewicz*, Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Bd. 78. Abth. 3. 1878. Juni-Heft; *L. Fredericq*, Arch. de zool. expér. et gén. T. 7. 1878. p. 535 — 583.

⁶⁶⁾ Ueber die Curarewirkung an Mollusken vgl.: *Vulpian*, a. a. O. p. 762; *J. Bernstejn*, De animalium evertibratorum musculis nonnulla. Diss. inaug. Berolini. 1862. p. 30; *P. Bert*, a. a. O. p. 303; *J. Steiner*, Das amerikanische Pfeilgift Curare. Leipzig. 1877. S. 56 — 59; *Klemeniewicz*, a. a. O.; *Colafanti*, Contribuzione alla conoscenza della azione fisiologica del curaro. Roma. 1878. p. 6. note 1; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1 Reihe. 1 Abth. 1880. S. 17, 118 u. 119; *E. Yung*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. 3. 1881. S. 106 — 110 u. Arch. de zoolog. expér. et gén. T. 9. 1881. p. 431; *J. Richard*, Recherch. physiol. sur le coeur des gastéropodes pulmonés. Extrait de la Revue d'Auvergne. 1886.

⁶⁷⁾ *Engelmann*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 2. 1869. S. 243.

⁶⁸⁾ *J. Cohnheim*, Neue Untersuchungen über die Entzündung. 1873. S. 25.

⁶⁹⁾ *Krukenberg*, Die eigenartigen Methoden der chem. Physiologie. Heidelberg. 1885.

⁷⁰⁾ *H. Aubert*, Die Innervation der Kreislauforgane. *Hermann's Handb. d. Physiol.* Bd. 4. Th. 1. Leipzig. 1880. S. 341 — 460.

⁷¹⁾ Ueber den Herzschlag der Embryonen vgl.: *Précost* u. *Lebert*, Ann. d. scienc. nat. Zoologie. 3. Sér. T. 2. 1844. p. 232 — 238; *C. Eckhard*, Zeitfchr. f. rat. Med. 3 Reihe. Bd. 29. 1867. S. 57; *W. His*, Unterf. über d. erste Anlage des Wirbelthierleibes. Leipzig. 1868. S. 100, 101 u. 151; *R. Wernicke*, Beitr. z. Physiol. d. embryonalen Herzens. Inaug.-Diss. Jena. 1876 u. Zur Physiologie des embryonalen Herzens. Jena. 1876; *Seth N. Jordan*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 8. 1878. S. 17; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 153 Anm. 3 u. diese Vorträge. S. 17; *W. Preyer*, Specielle Physiologie des Embryo. Leipzig. 1885. S. 21 — 66; *R. Kobert* (u. *E. Ziegler*) Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 20. 1885. S. 104 — 115.

⁷²⁾ Nach den Angaben der meisten Autoren ist die Spitze des Froschherzens ganglienfrei und ohne nervöse Verbindung mit den oberhalb gelegenen Herztheilen. Muskelreize (z. B. Physostigmin, Temperaturerhöhungen und Producte, die in dem Muskel selbst entstehen) verketzen aber auch die abgetrennte, ganglienfreie Froschherzspitze in rhythmische Bewegungen, und diese Erfahrungen, über welche *Aubert* (a. a. O. S. 369) wie *Kobert* (a. a. O. S. 95) ausführlicher berichten, dürften uns hinlänglich belehren, daß sogar noch bei dem Frosche rhythmische Herzcontractionen unabhängig von ganglionären Elementen vor sich zu gehen vermögen.

⁷³⁾ Die älteren Beobachtungen über den Einfluß des Vagus auf das Herz von Fischen sind von *A. B. Meyer* (Das Hemmungsnervensystem des Herzens. Berlin. 1869. S. 26 — 29) zusammengestellt worden.

⁷⁴⁾ *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Institute d. Universität Heidelberg. Bd. 1. Heft. 4. 1878. S. 327 — 340 (vgl. hierzu: *L. Edinger*, Bericht über d. *Senkenberg'sche naturf. Gesellsch.* 1884. S. 74) u. Bd. 4. Heft 1. 1881. S. 37 ff.

⁷⁵⁾ Für das Störherz liegt eine ältere Angabe von *H. Stannius* (Das peripherische Nervensystem der Fische. Rostock. 1849. S. 84) vor, welche befragt, daß auf electriche Reizung der Medulla oblongata und der Wurzeln des Vagus Herzstillstand eintritt.

⁷⁶⁾ Wichtigere Literatur über die Herznervation bei den Wirbellosen:

Gastropoden u. Lamelibranchiaten. *Vulpian*, Leçons etc. p. 762; *A. Brandt*, Bull. de l'acad. imp. des scienc. de St. Pétersbourg. T. 10. 1866. p. 552 — 561; *M. Foster*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 5. 1872. S. 191 — 195; *J. Dogiel*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. 1877. S. 59 — 65 u. S. 478, Protocoll der Sectionsitzungen der 5. Vers. russ. Naturforscher und Aerzte zu Warschau. 1876, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 15. 1878. S. 95 — 97; *M. Foster* u. *A. G. Dew-Smith*, Proc. of the r. soc. 1875. p. 318 — 343 u. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. 1877. S. 317 — 321; *Vulpian*, Compt. rend. T. 88. 1879. p. 1293 — 1297; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 172; *E. Yung*, Compt. rend. T. 93. 1881. p. 562 — 564 u. Arch. de zool. expér. et gén. T. 9. 1881. p. 421 — 432; *W. Biedermann*, Sitzb. d. math.-naturw. Klasse d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 89. Heft 1 — 2. 1884. S. 19; *B. Ranlom*, Journ. of physiol. T. 5. 1884. p. 261; *R. Kobert*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 20. 1885. S. 102 u. 103.

Cephalopoden. Cf. unter Anm. 65.

Cruftaceen. *C. G. Carus*, Von den äußern Lebensbedingungen der weiß- u. kaltblütigen Thiere. Leipzig. 1824. S. 72 — 85; *Ed. Weber*, Muskelbewegung. *R. Wagner's* Handwörterbuch der Physiologie. Bd. 3. Abth. 2. 1846. S. 40; *E. H. Weber*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1846. S. 504 u. 505; *A. Brandt*, a. a. O. T. 8. 1865. p. 416 — 430; *Vulpian*, Leçons etc. p. 795; *C. Eckhard*, Beitr. z. Anat. u. Physiol. Bd. 4. Heft 1. Gießen. 1867. S. 33 — 48; *A. B. Meyer*, Das Hemmungsnervensystem des Herzens. Berlin. 1869. S. 22 — 25; *J. M. Dogiel*, Compt. rend. T. 82. 1876; p. 1117 — 1120 u. p. 1160 — 1161, Arch. de physiol. norm. et pathol. 2 Sér. T. 6. 1877. p. 400 — 408; *Fél. Plateau*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. 2 Sér. T. 46. 1878, Archives de biologie. Vol. 1. 1880. p. 595 — 695; *E. Berger*, Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 74. 1876. 1 Abth. Oct.-Heft; *B. Deszö*, Zool. Anzeiger. Bd. 1. 1878. S. 126; *E. Yung*, Arch. de zool. expér. et gén. T. 7. 1878. p. 519 — 526; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 167 ff.; *Kobert*, a. a. O. S. 104.

Infekten. *A. Brandt*, a. a. O. T. 10. 1866. p. 552 — 561. *V. Graber*, Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 65. 1872. 1 Abth. März-Heft, Arch.

f. mikr. Anat. Bd. 9. 1873. S. 129 — 196, Die Infekten. München. 1877. S. 337 ff.; *E. Fairve*, Compt. rend. T. 80. 1875. p. 1333 u. 1334; *Kobert*, a. a. O. S. 104.

Salpen. *Kuhl* u. *van Hasselt*, Algemaene Konst- en Letterbode. 1822. T. 1. S. 115 u. 116 (überfetzt in Ann. d. scienc. nat. Zool. 2 Sér. T. 3. 1824. p. 78 — 81 u. Bull. des scienc. nat. de *Férussac*. T. 2. p. 212); *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 151 — 176 (mit Citaten der wichtigeren älteren Literatur).

⁷⁷⁾ *A. Vulpian*, Leçons sur la physiol. gén. et comp. du système nerveux. Paris. 1866. p. 761 u. 762.

⁷⁸⁾ *Fél. Plateau*, Archives de biologie Vol. 1. 1880 p. 642.

⁷⁹⁾ Cf. *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 2 Reihe. 1 Abth. 1882. S. 16 u. 17.

⁸⁰⁾ Ueber die Umkehr der Herzbewegung bei Würmern und den Embryonen nackter Pulmonaten vergl.: *J. F. P. Braun*, Systemat. Beschreibung einiger Egelarten. Berlin 1805. S. 40; *Joh. Müller*, *Meckel's Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1828. S. 22 — 29; *E. H. Weber*, *ibid.* S. 399 u. 400; *A. E. Grube*, Zur Anat. u. Physiol. der Kiemenwürmer. Königsberg. 1838. S. 29. — *P. J. van Beneden* u. *Windischmann*, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1841. S. 176 — 195; *Osc. Schmidt*, *ibid.* 1851. S. 278 — 290; *C. Gegenbaur*, Grundzüge der vgl. Anat. Leipzig. 1870. S. 544.

⁸¹⁾ Bezüglich der älteren Schriften über den Farbenwechsel vgl. außer den Literaturverzeichnissen in den unten angeführten neueren Abhandlungen die zusammenfassenden Aufsätze von *E. Brücke* (Unterf. über d. Farbenwechsel d. afrik. Chamäleons. Aus dem 4. Bd. d. Denkschr. d. math.-nat. Klasse d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. 1852), *H. Milne-Edwards* (Leçons sur la physiol. et l'anat. comp. etc. T. 10. Paris. 1874), *G. Seidlitz* (Beiträge zur Descendenz-Theorie. Leipzig. 1876. S. 1 — 36), *C. Semper* (Die nat. Existenzbedingungen d. Thiere. Th. 1 u. 2. Leipzig. 1880) u. *H. A. Pagenstecher* (Allgemeine Zoologie. Th. 4. Berlin. 1881).

Im Texte besonders erwähnte Schriften über die Farbenwechselapparate:

Cephalopoden. *Rud. Klemeniewicz*, Beitr. z. Kenntniß des Farbenwechsels der Cephalopoden. Aus d. 78 Bd. d. Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. 3 Abth. 1878. Juni-Heft; *L. Fredericq*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. 2 Sér. T. 46. 1878. p. 752 — 761; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1 Reihe. 1 Abth. 1880. S. 1 — 37; *E. Yung*, Mitth. a. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. 3. 1881. S. 97 — 120; *Krukenberg*, a. a. O. 2 Reihe. 1 Abth. 1882. S. 183 u. 3 Abth. 1882. S. 118; *P. Girod*, Arch. de zool. expér. et gén. 2 Sér. T. 1. 1883. p. 225 — 266.

Chamäleon. *P. Bert*, Compt. rend. T. 81. 1875. p. 938 — 941; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 23 — 65.

Batrachier. *H. v. Wittich*, *Müller's Archiv*. 1854. S. 41—59 u. S. 257—264; *J. Lifter*, *Philos. Transact.* Vol. 148. 1859. S. 627—643; *F. Goltz*, *Tagebl. der 44. Verf. d. Naturf. u. Aerzte in Rostock*. 1871. S. 147 u. 148; *Henfche*, *Zeitfchr. f. wiff. Zool.* Bd. 7. 1856. S. 281 ff.; *F. Leydig*, *Lehrb. d. Histologie*. Hamm. 1857. S. 82; *L. Stieda*, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1865. S. 59; *O. Szczeny*, *Beiträge z. Kenntniß der Textur der Froschhaut*. Inaug.-Differt. Dorpat. 1867; *J. Steiner*, *Untersuchungen über d. Physiologie des Froschhirns*. Braunschweig. 1885. S. 29; *C. Axmann*, *Beitr. z. mikr. Anat. u. Physiol. des Ganglien-Nervensystems etc.* Berlin. 1853. S. 74 ff.; *E. H. Bimmermann*, *Ueber d. Einfluß d. Nerven auf die Pigmentzellen des Frosches*. Differt. Straßburg. 1878. — Vgl. auch: *F. Leydig*, *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. 12. 1876. S. 119—241 u. *S. Ehrmann*, *Ueber Nervenendigungen in d. Pigmentzellen d. Froschhaut*. Aus d. 84 Bd. d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. 1881. 3 Abth. Juni-Heft.

Fische: *G. Pouchet*, *Journ. de l'anat. et de la physiol.* T. 8. 1872. p. 71—74, p. 401—407 u. T. 10. 1874. p. 558—560; *Krukenberg*, *Vgl.-physiol. Studien*. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 59—62 u. 2 Reihe. 1 Abth. 1882. S. 183.

Krebse. *S. Jourdain*, *Compt. rend.* T. 87. 1878. p. 302—303; *P. Mayer*, *Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel*. Bd. 1. 1879. S. 521—522; *G. Haller*, *Zeitfchr. f. wiff. Zool.* Bd. 33. 1879. S. 391; *G. Pouchet*, *Journ. de l'anat. et de la physiol.* T. 8. 1872. p. 401—407; *H. Eilig* citirt von *Schmidtlein*, *Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel*. Bd. 1. 1879. S. 513.

⁸²⁾ *San Giovanni*, *Ann. d. scienc. nat.* T. 16. 1829. p. 313 u. 314.

⁸³⁾ Cf. *Krukenberg*, *Vgl.-physiol. Studien*. 2 Reihe. 1 Abth. 1882. S. 11 ff.

⁸⁴⁾ *A. Kölliker* u. *H. Müller*, *Zeitfchr. f. wiff. Zool.* Bd. 4. S. 332; *C. Gegenbaur*, *Untersuchungen über Pteropoden u. Heteropoden*. Leipzig. 1855. S. 56—59.

⁸⁵⁾ Die Pigmentkörper der Chromatophoren bei den Cephalopoden müssen nach den Beobachtungen von *Klemeniewicz* und *Girod* als kernhaltige Zellen aufgefaßt werden, die in ihrer bedeutenden Elasticität den Epithelien der Säugerharnblase an die Seite zu stellen sind. Die auf *Brücke's* Anregung von *J. Paneth* (Ueber das Epithel der Harnblase. Aus dem 74. Bd. der Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. 3 Abth. 1876. Juli-Heft) und unter *C. Ludwig's* Leitung von *B. London* (*Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1881. *Physiol.* Abth. S. 317—330) untersuchten structurellen Veränderungen der Harnblasenepithelien bei gefüllter und entleerter Blase geben uns zugleich ein vortreffliches Bild von dem Farbenwechsel der Chromatophoren und sind außerdem physiologisch noch deshalb so hoch interessant, weil den meisten Epithelien

ein derartiges Elastizitätsvermögen auch nicht im Entferntesten innewohnt, sondern (wie z. B. das Kapfelepithel um dem Nierenglomerulus oder wie das Lungenepithel nach *Küttner*) einmal gestreckt, bis zur Unkenntlichkeit flächenartig gedehnt verharren.

⁸⁶⁾ *C. Studiati*, Miscell. di osserv. zootom. I. Sulla causa dei cangiamenti di colore nella pelle del *Chamaeleo africanus*. Mem. acad. sr. Torino. 2 Ser. T. 15. 1853. p. 89 — 93; *H. A. Pagenstecher*, a. a. O. S. 760.

⁸⁷⁾ *G. Pouchet*, Compt. rend. T. 72. 1871. p. 868; cf. auch *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 57.

⁸⁸⁾ *Seneca's* Naturbetrachtungen. 3 Buch. Römische Prosaiker in neuen Uebersetzungen herausgegeben von *Tafel*, *Ohlander* u. *Schwab*. Stuttgart. 1830. Bd. 54. S. 1173 — 1176.



In Carl Winter's Univerfitätsbuchhandlung in Heidelberg find vom gleichen Verfaffer ferner erschienen:

Vergleichend - phyfiologifche Studien.

Experimentelle Unterfuchungen.

Erfte Reihe.

Fünf Abtheilungen. Mit 15 Holzſchnitten u. 12 Tafeln. gr. 8°. broſch. 25 M.

Zweite Reihe.

- I. Abtheilung. Mit 4 Holzſchnitten. gr. 8°. broſch. 6 M.
II. Abtheilung. Mit 3 Holzſchnitten und 3 Tafeln. gr. 8°. broſch. 5 M.
III. Abtheilung. Mit 1 Holzſchnitt und 9 Tafeln. gr. 8°. broſch. 7 M.

Die
eigenartigen Methoden der chemiſchen Phyfiologie
als

Entgegnung auf die Feſtreden der Hrn. *Leubé* und *Hoppe-Seyler*.

Vortrag.

Mit 2 colorirten Tafeln. gr. 8°. broſch. 1 M. 60 Pf.

☞ Wir erlauben uns, auf dieſen intereffanten Vortrag befonders aufmerkſam zu machen.

Grundriß der medicinifch - chemiſchen Analyſe

unter Zugrundelegung der im
chemiſch - phyfiologiſchen Laboratorium der königl. Univerſität
Würzburg gehaltenen medicinifch - chemiſchen Curſe.

Mit 29 Holzſchnitten und 1 lithographirten Tafel. Lex. 8°.
in Lwd. geb. 5 M

☞ Dieſer compendiöſe Grundriß der medicinifchen Chemie und
der chemiſchen Phyfiologie von der Hand des dazu befonders berufenen
Verf. wird allen Medicinern ein willkommenes Hilfsmittel ſein.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

5469
1-2





QP31

K88

Krukenberg

Vergleichend-physiologischen vor-
träge

AUG 10 1936

BINDERY

