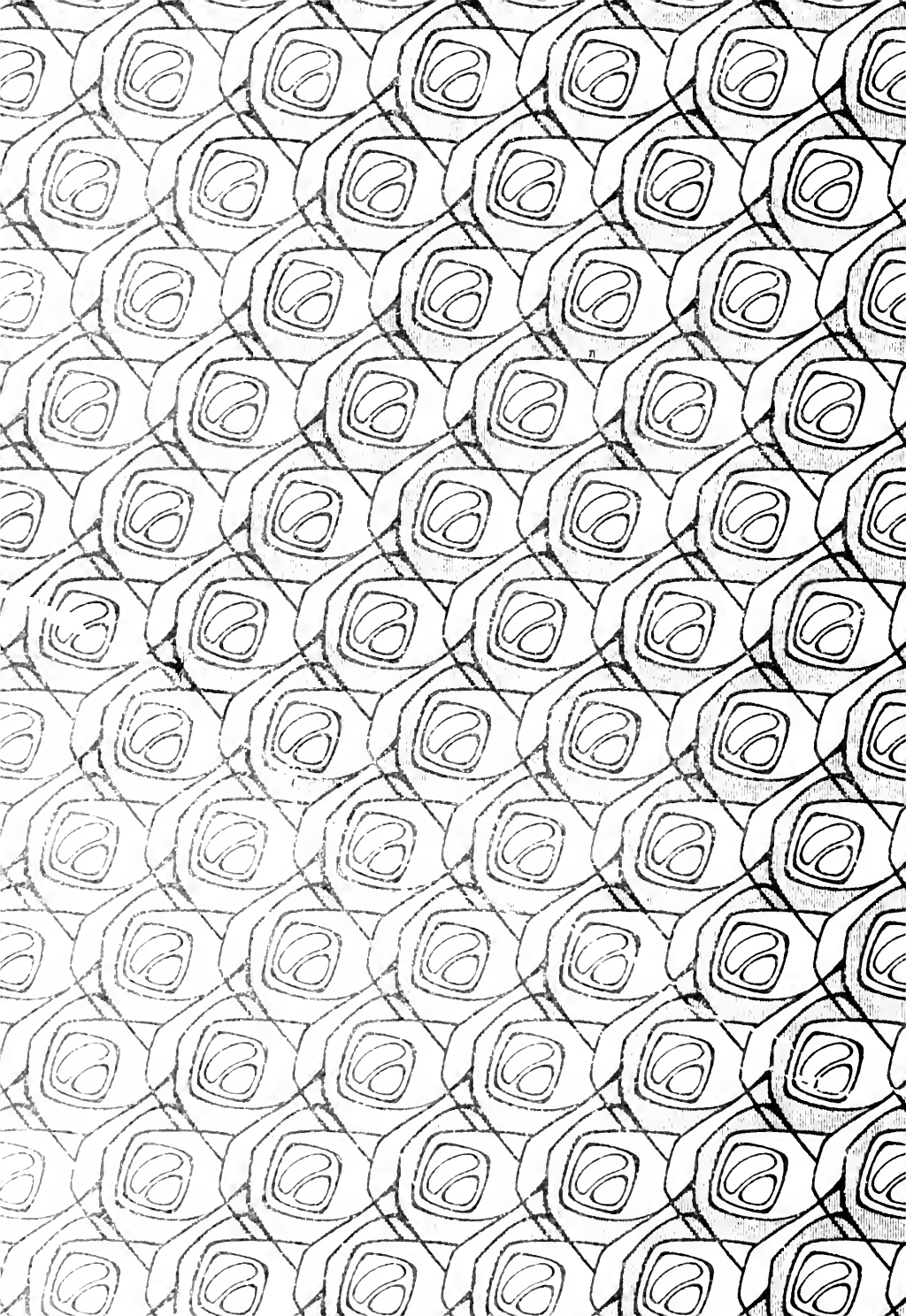


J. W. CUMMILL, 3  
LEHRFACHEN IN DART  
STUDIUM DER 2 2  
EXPERIMENTELLEN  
BIOLOGIE 2 2 2 2  
DER WASSERLILIE 2



MBL/WHOI



0 0301 0018824 9





LEITFADEN

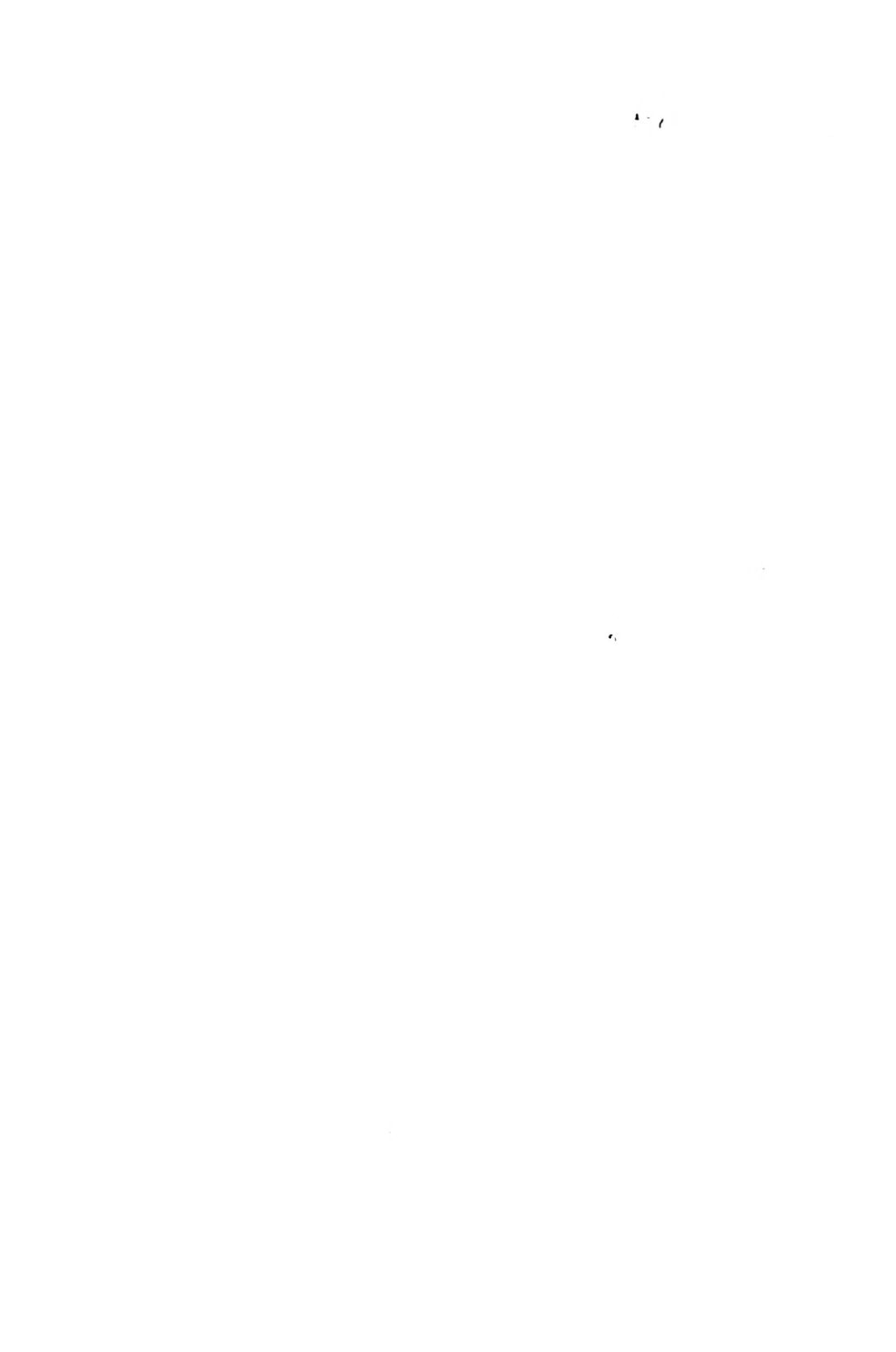
IN DAS

STUDIUM DER EXPERIMENTELLEN BIOLOGIE

DER

WASSERTIERE.

---



05<sup>b</sup> LEITFADEN

IN DAS

**STUDIUM DER EXPERIMENTELLEN BIOLOGIE**

DER

**WASSERTIERE.**

VON

J. v. <sup>c</sup>UEXKÜLL, Heidelberg.

MIT 15 ABBILDUNGEN IM TEXT.

---

WIESBADEN.

VERLAG VON J. F. BERGMANN.

1905.

*Nachdruck verboten.*  
*Übersetzungen, auch ins Ungarische, vorbehalten.*

# Vorwort.

Wissenschaft ist planmäßig geordnete Erfahrung. Die Aufgabe der Naturwissenschaften ist es, neuerworbene Erfahrungen in den bereits vorhandenen Plan der Wissenschaften einzugliedern.

Es gibt für den menschlichen Geist nur zwei Möglichkeiten, um die Erfahrungen in einen Zusammenhang zu bringen — die Ursächlichkeit und die Zweckmäßigkeit.

Die unbelobte Welt ordnen wir nur nach Ursächlichkeit, die belebte Welt sowohl nach Ursächlichkeit wie nach Zweckmäßigkeit und unterscheiden dementsprechend zwei Wissenschaften der belebten Natur:

die Physiologie, die ihre Erfahrungen nach der Ursächlichkeit ordnet,

die Biologie, die ihre Erfahrungen nach der Zweckmäßigkeit ordnet.

Beide Wissenschaften haben ihre volle Berechtigung. Und wenn ich in den folgenden Seiten die Rechte der verdrängten Biologie gegenüber der Physiologie zu vertreten suche, so liegt mir nichts ferner, als der Physiologie mit Geringschätzung zu begegnen. Im Gegenteil bin ich völlig davon durchdrungen, dass wenn es jemals wieder eine Biologie geben sollte, die den Namen einer Wissenschaft verdient, dieses lediglich das Verdienst der Physiologie ist, die allein das Experiment weiter gepflegt hat, während die Biologie in der Spekulation unterging.



Während die Biologie bei der Verkündigung monistischer Trivialitäten ihre billigen Triumphe feierte, ist sie in den Kreisen der Wissenschaft so gründlich vergessen worden, dass es notwendig geworden ist, ihre Aufgaben, ihre Ziele und Methoden eingehend darzulegen.

Infolge der selbstverschuldeten Ignorierung, der die Biologie anheimgefallen ist, sehen sich die experimentellen Biologen heutzutage, wenn auch nicht aller Hilfsmittel entblösst, so doch ohne eine geeignete Arbeitsstätte.

In Europa gibt es kein Institut, das man mit Recht ein biologisches nennen könnte.

Ein biologisches Institut müsste folgenden Anforderungen gerecht werden: es müsste 1. die Möglichkeit bieten an den Vertretern aller Tierklassen experimentell zu arbeiten, es müsste 2. das biologische Instrumentarium besitzen und die Möglichkeit bieten, dieses Instrumentarium immer weiter auszubilden, es müsste 3. von einem Biologen geleitet sein.

Nur an einem solchen Institut könnte sich eine Tradition der Methodik und der Fragestellung ausbilden. Ohne diese Tradition ist jeder Anfänger immer wieder den gleichen Fehlgriffen und Misserfolgen ausgesetzt wie seine Vorgänger.

Da die Biologie weder über einen Lehrstuhl noch über ein Laboratorium verfügt, so weiss der Anfänger, der sich in einer zoologischen Station plötzlich einer reichen Auswahl von Tieren gegenüber sieht, weder Was er fragen soll, noch Wie er fragen soll.

Diesem Bedürfnis soll der vorliegende Leitfaden entgegenkommen. Er soll vor allem dem jungen Forscher einen Einblick gewähren in die grossartige Einheitlichkeit des Problembaues der Biologie, in der sie allen Naturwissenschaften überlegen ist. Zweitens soll er den Anfänger mit einigen erprobten praktischen Methoden bekannt machen, die sonst der Vergessenheit anheimfallen würden.

Meine persönlichen Erfahrungen, die ich soweit möglich, überall zu Grunde gelegt habe, verdanke ich der Liberalität der zoologischen Station in Neapel und dem physiologischen

Institut in Heidelberg, deren reiche Hilfsmittel mir immer freigiebig zu Gebote gestellt waren.

Den Mangel einer biologischen Zentralstelle können die folgenden Zeilen natürlich nicht beseitigen und das Schicksal der Biologie scheint mir trotz der Anstrengung ausgezeichneter Gelehrter in Europa besiegelt zu sein.

Zum Glück ist alles, was der biologischen Wissenschaft in Europa mangelt, in Amerika in reichem Maße vorhanden. Die Biologie verfügt in Amerika über eigene Lehrstühle, Institute und Zeitschriften. Die Folgen zeigen sich bereits. Unter der Anleitung vorzüglicher Lehrer hat sich eine ganze Schar hoffnungsvoller Schüler der Biologie zugewandt.

Man braucht nicht Prophet zu sein, um es auszusprechen, dass die Biologie in wenigen Jahren eine amerikanische Wissenschaft sein wird.



# Inhaltsverzeichnis.

## Allgemeiner Teil.

	Seite
<b>A. Probleme</b> . . . . .	1
Einleitung . . . . .	3
Animale und vegetative Biologie . . . . .	6
Der Reflex . . . . .	8
Die Rezeptoren . . . . .	12
Die Photorezeptoren . . . . .	14
Die Tangorezeptoren . . . . .	17
Die Oscillationsrezeptoren . . . . .	17
Die Rotationsrezeptoren . . . . .	21
Die Chemorezeptoren . . . . .	22
Die Effektoren . . . . .	23
Die Muskeln . . . . .	24
Die Drüsen . . . . .	30
Das Nervensystem . . . . .	32
Die Muskeln . . . . .	36
Die Nervenendigung . . . . .	37
Der Nerv . . . . .	38
Das Fluidum . . . . .	38
Das zentrale Netz und die Repräsentanten . . . . .	44
Die ersten Differenzierungen im zentralen Netz . . . . .	55
Die Differenzierung der Repräsentanten . . . . .	56
Paradoxe Repräsentanten . . . . .	60
Die Tonserzeugung . . . . .	60
Die refraktären Perioden . . . . .	62
Überblick . . . . .	64
Die Baupläne . . . . .	66
<b>B. Methoden</b> . . . . .	73
Einleitung . . . . .	75
Aufbewahrung der Sektiere . . . . .	76
Die Beobachtung . . . . .	77
Die Registrierung . . . . .	78
Die Fesselung . . . . .	81
Die Betäubung . . . . .	89
Die Operation . . . . .	90
Die Reizung . . . . .	92
Die Methode der Fragestellung in der Biologie . . . . .	94
Die Methode der Darstellung in der Biologie . . . . .	97

**Spezieller Teil.**

	Seite
Einleitung . . . . .	101
Allgemeine Literatur . . . . .	101
Allgemeine Gesichtspunkte und Einteilung . . . . .	103
Die Radiaten . . . . .	103
Schwämme . . . . .	104
Aktinien . . . . .	104
Medusen . . . . .	105
Ctenophoren . . . . .	106
Siphonophoren . . . . .	106
Seeigel . . . . .	106
Spatangiden . . . . .	107
Die Seesterne . . . . .	107
Die Schlangensterne . . . . .	108
Crinoiden . . . . .	108
Die Holoturiern . . . . .	108
Bilateralia . . . . .	109
Planarien . . . . .	111
Nemertinen . . . . .	112
Blutegel . . . . .	112
Sipunculus . . . . .	113
Regenwurm . . . . .	113
Gliederwürmer . . . . .	114
Krebse . . . . .	115
Mollusken . . . . .	118
Schnecken . . . . .	118
Muscheln . . . . .	119
Kielfüßer . . . . .	120
Kephalopoden . . . . .	120
Tunikaten . . . . .	122
Ascidien . . . . .	122
Salpen . . . . .	122
Fische . . . . .	123
<b>Schluss . . . . .</b>	<b>125</b>
Die Grundlagen der Biologie . . . . .	125



# Allgemeiner Teil.

## A. Probleme.



# Einleitung.

Wenn wir ein Rad von einem Wagen ablösen und es vier Forschern zur Untersuchung überweisen, so ist es möglich, dass jeder von ihnen einen anderen Weg der Untersuchung einschlägt und dass sie alle vier verschiedenen Zielen zustreben.

Der erste wird nach der Form und dem Aufbau des Rades fragen.

Der zweite wird den Stoff des Rades untersuchen.

Der dritte forscht nach den Kräften, die das Rad bewegen.

Der vierte endlich legt sich die Frage vor: Welche Rolle spielt das Rad für den Wagen?

Diese vier Fragen: nach dem Bau, nach dem Stoff, nach den Kräften und nach den Leistungen, bezeichnen die vier Richtungen, in die das Studium der organischen Wesen sich spaltet. (Es gibt noch eine fünfte Forschungsrichtung, die nach der Seele der organischen Wesen fragt. Die Tierseele jedoch ist unserer Forschung gerade so zugänglich wie die Seele des Wagens.)

Es wäre gewiss ein grosses Glück für die Wissenschaft, wenn sie sich nach Problemen gliedern könnte, anstatt sich praktischen Tagesbedürfnissen fügen zu müssen.

Wie die Dinge liegen, bezeichnen die vier Forschungsrichtungen keineswegs vier Wissenschaften.

Nur die Wissenschaft, die nach dem Bau der organischen Wesen fragt, hat sich emanzipiert und sich dann, wieder praktischen Bedürfnissen folgend, in zwei Fächer geteilt: in die Anatomie des Menschen und die Anatomie der Tiere oder Zoologie.

Die anderen drei Richtungen sind noch immer in einer Wissenschaft vereinigt — der Physiologie.

Es ist ein öffentliches Geheimnis, dass dieser Zustand unhaltbar ist, und je weiter die Physik und Chemie des Anorganischen auseinandergehen und sich differenzieren, um so unmöglicher wird es

auch, beim Studium der organischen Wesen die grundsätzlich verschiedenen Methoden und Fragestellungen zweier Wissenschaften zu beherrschen.

Man kann sagen, dass die Trennung der Physiologie in eine physikalische und eine chemische Physiologie de facto, wenn auch nicht de jure durchgeführt ist.

So bleibt nur die Biologie, das heisst die Wissenschaft, die nach den Leistungen der einzelnen Teile und des ganzen Körpers im Leben der Tiere fragt, ein Stiefkind der Naturwissenschaft.

Sie ist bei der erwähnten Dreiteilung des Studiums der organischen Wesen mit geteilt worden.

Die Zoologen beschäftigen sich nebenher mit den Gewohnheiten der Tiere, kümmern sich aber meist wenig um die Leistungen der einzelnen Organe. Zum Teil wandten sie sich der spekulativen Biologie zu, die als Wissenschaft nicht in Betracht kommt.

Das Studium der Organleistungen fiel demnach der Physiologie zu, und ausgezeichnete Arbeiten entstanden auf diesem Gebiete, das sich über Wirbeltiere und Wirbellose erstreckte.

Allmählich (wohl im Gegensatz zur spekulativen Biologie) gewann eine antibiologische Strömung die Oberhand, die in der mathematischen Formulierung der Lebensprobleme das Endziel der Physiologie erblickte und die Frage nach den speziellen Leistungen aller einzelnen Tierarten als unwissenschaftlich bei Seite drängte.

Für die antibiologische Richtung gab es in der Physiologie nur 2 grosse Probleme: das Problem des Stoffumsatzes und das Problem des Kraftumsatzes.

Wie es in der Wissenschaft des Anorganischen nur Chemie und Physik gibt, so sollte es auch in der Wissenschaft des Organischen, d. h. der Physiologie nur noch eine chemische und eine physikalische Physiologie geben.

So kam es, dass bei der endlichen Teilung der Wissenschaft des Organischen die Wissenschaft der Organisierung verloren ging.

In der physiologischen Chemie konnte aber die Biologie nicht völlig unterdrückt werden, weil selbst der eingefleischteste Chemiker zugeben muss, dass alles Lebendige — nicht bloss etwas Maschinelles, sondern zum wenigsten eine Maschine ist — nicht bloss etwas Strukturiertes sein kann, sondern eine plannässige Struktur besitzen muss — nicht bloss etwas Organisches, sondern ein Organismus ist.

Diese aus der täglichen Erfahrung geschöpfte Überzeugung rettete die physiologische Chemie davor, in die organische Chemie aufzugehen.

Die physikalische Physiologie erkannte gleichfalls diesen Unterschied, aber sie glaubte die Ursache in den Händen zu haben, die ihn bedingte — das waren die Kräfte.

»Erst durch die Wechselwirkung der Kräfte wird aus etwas Maschinellem eine Maschine, aus etwas Organischem ein lebender Organismus.« Es galt daher nur, einen möglichst einfachen Spezialfall herauszugreifen, seine Kräfte quantitativ zu messen, so musste sich eine mathematische Formel für den Lebensprozess aufstellen lassen.

Mit der beginnenden Alleinherrschaft der physikalischen Fragestellung brach in der animalen Physiologie eine bedauernswerte Verarmung an Problemen und Objekten herein.

Sind die physikalischen Eigenschaften das einzige Ziel der Wissenschaft, so ist natürlich auch das Objekt gleichgiltig. Es kommt nur darauf an, ein möglichst passendes Objekt zu finden, an dem man möglichst viele und möglichst feine physikalische Apparate anbringen kann, um möglichst genaue Daten über seine mechanischen, thermischen und elektrischen Eigenschaften zu erhalten.

Dieses Objekt hatte man im Froeschchenkel gefunden, alle anderen Tierorgane haben sich mit ihm verglichen als minderwertig erwiesen. Jahrzehntelang ist der Froeschchenkel ohne Erlahmen von den klügsten Köpfen, den talentvollsten Experimentatoren nach allen Richtungen ausgeforscht worden. Als seine Antworten ungenügend blieben, baute man künstliche Muskeln und künstliche Nerven, um an diesen die mathematischen Gesetze zu finden, nach denen man dürstete. Aber die künstlichen Nerven und Muskeln waren nicht lebendig und verrieten nichts über das Leben.

Man hatte seine Rechnung ohne den Wirt gemacht und der Wirt hiess das Leben.

Leben kann nur ein Organismus und jeder Organismus besteht aus lebenden Organen und die lebenden Organe wiederum aus anderen lebenden Organen. Und so lange das Ganze lebt, leben die einzelnen Teile miteinander und durch einander nach einem festen Plan.

Und ebensowenig man in der Tierreihe zurückschreitend den Anfang des Lebens auffinden kann, ebensowenig vermag man durch



Teilung eines Lebendigen an einen Punkt zu gelangen, wo aus dem Toten das Leben entsteht.

Diese Auffassung birgt gar nichts nebelhaft Unklares, wie Viele glauben möchten.

Mit den Maschinen verhält es sich ebenso. Auch eine Maschine können wir weder aus der chemischen Analyse ihrer einzelnen Teile, noch aus der Messung ihrer Kräfte allein verstehen, sondern nur aus ihrem Bauplan heraus.

Der Unterschied zwischen Maschinen und den Organismen ist für unser Fassungsvermögen der folgende: Die Maschinen sind Zweckmäßigkeiten mit einem Zweck, die Organismen aber sind Zweckmäßigkeiten (ohne Zweck<sup>1)</sup>).

Das Studium des Lebens kann nicht ein Studium des Stoff- und Kraftumsatzes sein, sondern muss ein Studium der lebenden Organismen sein: — Biologie, nicht Physiologie.

### **Animale und vegetative Biologie.**

Mit der Erkenntnis, dass alle Organismen Zweckmäßigkeiten sind, beginnt die Biologie. Denn diese Erkenntnis stellt uns unmittelbar vor die Probleme, deren Lösung den Inhalt der biologischen Wissenschaft ausmachen wird. Ist doch die Erforschung der Zweckmäßigkeit der Organismen die Aufgabe der Biologie.

Stoffumsatz und Kraftumsatz finden sich überall in der anorganischen Welt in steter Wechselwirkung begriffen. Sie bilden auch den Inhalt des organischen Lebens, das sich nur der Form nach vom anorganischen unterscheidet.

Diese Form ist eine Zweckmäßigkeit, die sich Selbstzweck ist und keine weiteren Zwecke verfolgt.

Wir finden in den Tierorganismen eine Wechselwirkung zwischen Kraft- und Stoffumsätzen, die sich immer wieder gegenseitig bedingen. Der Stoffumsatz dient zur Hervorbringung von Energie und die Energie dient zur Herbeischaffung von neuem Stoff, der die Energiequelle speist.

Es entsteht auf diese Weise eine Einheit, die sich durch die Art des ineinandergreifens ihrer chemischen und physikalischen

<sup>1)</sup> Kautl, Kritik der Urteilskraft.

Leistungen von der Umwelt abtreibt und ein selbständiges Dasein führt.

Herbeischaffung der Nahrung mit Hilfe der vorhandenen Energie und Assimilierung der Nahrung, um die verbrauchte Energie zu ersetzen — das sind die beiden Hauptfunktionen im Getriebe des Lebens.

Die beiden Hauptfunktionen gehen meist sehr selbständig im Tierkörper nebeneinander her. Das ermöglicht uns, die Organe der Assimilation unter dem Namen „Eingeweide“ zusammenzufassen und getrennt von den Bewegungsorganen zu behandeln. Da die Funktion der Eingeweide der Hauptsache nach eine chemische ist, so ist dieser Teil der Biologie der physiologischen Chemie zugefallen. Aber die biologische Aufgabe fällt nicht mit der chemischen zusammen. Die biologische Aufgabe ist immer nur die Erforschung der Zweckmäßigkeit, d. h. des Planes, nach welchem die chemischen Veränderungen ablaufen.

Dieser Plan der Ernährung des Gesamtorganismus, von der Aufnahme der Nahrung an bis zur Aufspeicherung potentieller Energie in allen Organen, ist in der Tierreihe den mannigfachsten Wandlungen ausgesetzt. Von den undifferenzierten Tieren, deren Verdauungsorgane Kolonien gleichartiger Zellen bilden, bis zur raffinierten Arbeitsteilung der höheren Tiere, finden sich zahllose Zwischenstufen, die der vergleichenden chemischen Biologie die interessantesten Probleme bieten.

So lange die Beschaffung der Nahrungsmittel nur geringe Anstrengung erfordert, bleiben die Verdauungsorgane gegenüber den Bewegungsorganen in der Übermacht und sie sind dann auch allein formbestimmend für das ganze Tier. So finden wir auf der untersten Stufe der Tierreihe Organismen, die nach ihren Leistungen beurteilt, als festsitzende oder schwimmende Mägen oder Därme anzusprechen sind. Ihre einzige Arbeitsleistung besteht darin, das sie umgebende Seewasser durch sich hindurchzutreiben. Aus ihm entnehmen die Eingeweide ohne weiteres die nötige Nahrung.

Je schwieriger sich die Nahrungsaufnahme gestaltet, um so mehr wächst die Bedeutung der Bewegungsorgane.

Je verwickelter der Kampf ums Dasein wird, um so mannigfaltigere Aufgaben treten an den Bewegungsmechanismus heran. Angriff und Widerstand, Verfolgung und Flucht stellen immer höhere Anforderung an die Bewegungsorgane. Dazu kommt das geschlechtliche Leben mit seinen vielgestaltigen Ansprüchen.

Dementsprechend ändert sich auch der ganze Habitus der Tiere. Die Eingeweide treten in die zweite Reihe zurück und die Bewegungsorgane werden für den Aufbau des Tierkörpers immer mehr ausschlaggebend. Die Art der Ortsbewegung: das Schwimmen, Kriechen, Laufen oder Fliegen prägt jedem Tiere ihren unverkennbaren Stempel auf.

So mannigfaltig sich aber auch die Leistungen der Tiere gestalten mögen, immer lassen sie sich ohne Ausnahme in einer Formel zusammenfassen: Wirkung der Aussenwelt und Gegenwirkung des Tieres.

Dementsprechend finden sich überall 1. Organe, die zur Aufnahme der Wirkungen der Aussenwelt, (der Reizaufnahme) geeignet sind, und 2. Organe, die eine Gegenwirkung ausführen, die meist in einer Bewegung, seltener in einer Sekretion besteht. Die ersten nennt man rezeptorische Organe (Rezeptoren), die zweiten effektorische Organe (Effektoren).

Nachdem wir soweit vorgeschritten sind, beginnen sich die Einzelprobleme der Biologie in immer schärferen Umrissen von einander abzuheben.

Der Zusammenhang der Leistungen der rezeptorischen Organe mit den Leistungen der effektorischen Organe drängt sich als wichtigstes Problem in den Vordergrund.

Selbstverständlich bietet das Funktionieren sowohl der rezeptorischen wie der effektorischen Organe, wie auch aller zwischen sie eingeschalteter Organe eine Menge physikalischer wie chemischer Probleme. Dem ohne Kraftumsatz und Stoffumsatz geschieht nichts in der Welt. Aber diese Probleme sind nicht die Aufgaben der Biologie. Nicht der Inhalt jedes einzelnen Kraft- oder Stoffumsatzes interessiert sie, sondern nur die Form, in der die Umsetzungen reihenweise miteinander verknüpft sind.

Die biologischen Fragen können für sich allein vollkommen gelöst werden, ohne auf die Frage nach der stofflichen Natur des Lebendigen einzugehen, denn sie beziehen sich nur auf die Form und nicht auf den Inhalt des Geschehens.

## Der Reflex.

Nachdem die prinzipielle Verschiedenheit in der Fragestellung zwischen der Physiologie und der Biologie dargelegt ist, wenden wir uns dem Hauptproblem der Biologie zu.

Welcher Art ist der Zusammenhang, der die Leistungen aller Organe zusammenhält, von der Reizwirkung der Aussenwelt auf die Receptoren, bis zur erfolgten Antwort seitens der Effektoren?

Da diese Antwort immer im Interesse des Gesamtorganismus erfolgt, so dürfen wir auf einen grossen, allgemeinen inneren Zusammenhang schliessen, der bereits im Bau und in der Anordnung der Organe begründet sein muss. Ohne einen solchen allgemeinen inneren Zusammenhang in der Gesamtanlage der Organe ist eine Einbeitlichkeit der Leistungen nicht denkbar; denn wie sollte ohne ihn ein jedes Tier auf die zahlreichen zusammenhangslosen Reize der Aussenwelt Antworten finden, die nur einigermaßen seinen allgemeinen Lebensinteressen dienen?

Und dieser Zusammenhang der Organe ist in der Tat vorhanden. Zum Teil ist er dem Experiment direkt zugänglich, zum Teil muss er durch mühsame Rückschlüsse aus den Teilerscheinungen erkannt werden. Diesen allgemeinen Zusammenhang im Bau und in der Anordnung der Organe, der den Zusammenschluss aller Einzelleistungen zu einer Gesamtleistung ermöglicht, nennen wir den Bauplan des Tieres.

Die Kette der ineinandergreifenden Einzelleistungen von der Einwirkung der Aussenwelt auf die Receptoren bis zur erfolgten Antwort durch die Effektoren nennen wir Reflex.

Und da das ganze äussere Leben der Tiere sich in der Form solcher Antworten auf die Umwelt abspielt, so kann man ein jedes Tier als ein geordnetes Bündel von Reflexen ansprechen. Dieses ist denn auch der Gesichtspunkt, von dem aus sich eine einheitliche Betrachtung der gesamten Baupläne anstellen lässt. Denn der Bauplan eines jeden Tieres wird uns die Ordnung seines Reflexbündels widerspiegeln.

Der Reflex bezeichnet das Urelement aller Baupläne und mit ihm müssen wir uns zunächst befassen.

Jeder Reflex durchläuft eine Anzahl Organe, die man in ihrer Gesamtheit als den Reflexbogen bezeichnet. Sie schliessen sich stets in der gleichen Reihenfolge aneinander: Receptor, Nerv, Zentrum, Nerv, Effektor.

Die Verbindung zwischen diesen Etappen wird durch die Erregung hergestellt. Sie wird im Receptor erzeugt, vom Nerv geleitet, vom Zentrum geordnet, von einem zweiten Nerv weitergeleitet und erzeugt im Muskel die Bewegung (resp. in der Drüse die Sekretion).

Wir sehen, dass selbst nach der allgemein gültigen Auffassung der Reflex eine Art maschineller Tätigkeit ist. Wir unterscheiden in ihm feste und bewegliche, bewegende und bewegte Teile. Ein Medium entsteht an einem bestimmten Orte, läuft bestimmten Bahnen entlang, wird an einer Zentralstelle für jeden besonderen Fall besonders geschaltet und anderen Bahnen überwiesen, in denen das Medium der Endstation zueilt, woselbst es Spannkkräfte auslöst, die Arbeit leisten.

Es ist ziemlich gleichgültig, mit welcher Art Maschine man den Reflexbogen vergleicht; es ist aber sehr wichtig, dass man ihn wie eine Maschine behandelt: ihn in seine einzelnen Teile zerlegt, die einzelnen Teile einzeln auf ihre Leistungen prüft, dann ihr Ineinandergreifen beobachtet — kurz dass man unausgesetzt so arbeitet, als wenn man eine Maschine in den Händen hätte.

Der wichtigste Teil der Reflexmaschine ist das Medium — Es ist vor allen Dingen nötig, sich von ihm eine greifbare Vorstellung zu machen, um ein einheitliches Bild von den Maschinenteilen zu gewinnen, die alle an das gleiche Medium angreifen und alle auf dieses Medium angepasst sind. Je nach der Vorstellung, die man von diesem Medium gewinnt, wird sich das Bild aller Teile des Reflexbogens gestalten müssen.

Unmittelbar unseren Sinnen zugänglich ist das Medium nicht. Wir sind daher gezwungen, aus seinen Leistungen Rückschlüsse auf seine Eigenschaften zu ziehen.

Aus der Betrachtung des Reflexes ergibt sich bereits dem ersten Blick, dass es sich um ein Medium handelt, das leichtbeweglich ist und aktiv bestimmte Apparate in Bewegung setzt, während es passiv von andern in Bewegung gesetzt wird.

Für ein derartiges Medium, das aus seinen Leistungen als leichtbeweglich, bewegend und bewegt erkannt worden ist, besitzen wir den Ausdruck Fluidum, den man sowohl auf Flüssigkeiten und Dämpfe, wie auf Elektrizität anwenden kann.

Und lange Zeit hindurch hat das Wort Nervenfluidum seine Dienste getan. Gute und schlechte Dienste muss man sagen, denn das Nervenfluidum entpuppte sich alsbald als der Träger des Lebensprinzipes. Da das Wort Lebensprinzip mehr die Bezeichnung eines dunklen Gefühls war als der Ausdruck eines klaren Gedankens, so erhielt auch das Nervenfluidum einen fast mystischen Beigeschmack.



Dann kam die Zeit, in der man glaubte, in der Physik die Vorstellung Fluidum durch einen Bewegungsbegriff ersetzen zu können. Unter dem Druck dieser Zeitströmung ist auch die alte Vorstellung eines Nervenfluidums verdrängt und durch den Begriff der Erregung ersetzt worden.

Diese sehr bedauerliche Vertauschung einer anschaulichen Vorstellung gegen einen ganz leeren Begriff verleitete die Forscher zu dem Glauben, dass wir hier ein Objekt in Händen haben, das gar keine selbständigen Eigenschaften besitzt, sondern bloss eine Funktion ist, die sich leicht einem mathematischen Formelzwang unterwerfen würde.

Die physikalische Physiologie zog sich immer mehr von der Beobachtung der Erregung (die wir nur indirekt aus den Leistungen der Effektoren erkennen können) zurück und wandte sich fast ausschliesslich dem Studium der Aktionsströme im Nerven zu, die sich am Galvanometer und Elektrometer kund gaben.

Die Aktionsströme zeigten die gewünschten Eigenschaften, sie liessen sich mathematisch abhandeln. Ja sie liessen sich auch bis zu einem gewissen Grade an metallischen Leitern hervorrufen. Kurz, sie gestatteten, wie man glaubte, die Frage nach dem Wesen eines Lebensprozesses zu stellen.

Niemals ist die Physiologie mehr in die Irre gegangen, als bei dieser Fragestellung. Das Wesen des Lebens besteht in dem planmässigen Ablauf seiner Erscheinungen.

Nur so lange sie nach dem Plane fragt, bleibt die Physiologie eine Wissenschaft des Lebens. Beschränkt man sich darauf, nach dem Inhalt der Prozesse zu fragen, so stellt man eben eine rein physikalische Frage, d. h. eine Frage, die mit dem Leben selbst nichts mehr zu tun hat.

Die Frage nach dem Wesen der Nervenerregung ist identisch mit der Frage nach ihrer Leistung, wenn man unter Leistung eine Einzelhandlung versteht, die erst durch den planmässigen Zusammenhang mit einer Gesamthandlung ihre Bedeutung erhält.

Aus dem allgemeinen Überblick der Erregungsleistungen im Reflex ergab sich bereits die Notwendigkeit, die Erregung als ein Fluidum anzusprechen. Näheres über die Eigenschaften dieses Fluidums zu erfahren, hat aber sehr grosse Schwierigkeiten, da uns das Fluidum selbst nicht direkt zugänglich und der Bau der zentralen Apparate völlig unbekannt ist. Ja es ist ihre Existenz anatomisch keineswegs sichergestellt.

Wir sind daher lediglich auf die Rückschlüsse angewiesen, die wir aus unseren Erfahrungen an den bekannten Organen, den Rezeptoren, den Effektoren und den Nerven, gewonnen haben.

Die Leistungen dieser Organe müssen daher erst besprochen werden, bevor wir uns in das dunkle Gebiet der Biologie der Zentralorgane und der Erregung wagen dürfen.

## Die Rezeptoren.

Alle Rezeptoren haben die Aufgabe, Reize der Aussenwelt in eine Nervenerregung zu verwandeln.

Derjenige Teil der Aussenwelt, der durch die Rezeptoren auf das Tier einwirkt, heisst sein Milieu.

Die Schwierigkeit für jedes Tier die wirksamen Reize festzustellen liegt für uns darin, dass wir von der Aussenwelt auch nur unser eigenes Milieu kennen.

Dieser Umstand ist besonders fühlbar bei chemischen Reizen, denn wir besitzen kein Reagenz, das sich an Feinheit mit den tierischen Rezeptoren messen könnte. Liegt daher der chemische Reiz ausserhalb unseres Milieus, so fehlen uns auch die Hilfsmittel etwas über ihn zu erfahren.

Bei Luftwellen und Ätherschwingungen (die auf unsere Rezeptoren nicht wirken, dagegen feiner organisierte Tiere erregen) besitzen wir meist die Möglichkeit, sowohl die Reizquelle zu regulieren, als auch die Reizwirkung durch physikalische Hilfsmittel sichtbar zu machen.

Es lässt sich aber nicht ableugnen, dass wir noch auf völlig unbekannte Reize stossen können, die uns erst durch die Reaktion der Tiere zum Bewusstsein gelangen <sup>1)</sup>.

Unser Milieu und mit ihm die Reize der Aussenwelt sind wir gewohnt nach unseren Rezeptionsorganen einzuteilen. Andererseits haben uns Chemie und Physik ihre objektiven Gesichtspunkte aufgedrängt, wonach die Reize unabhängig von ihren Beziehungen zu den Organismen als Kräfte behandelt werden. Es ist daher für den Moment unmöglich, eine einheitliche Einteilung der Reize durchzuführen. Bald werden wir nach physikalischen, bald nach biologischen Merkmalen greifen müssen.

<sup>1)</sup> Die Versuche Berthels an den Bienen sprechen in dieser Beziehung eine sehr eindringliche Sprache.

Eine rationelle Einteilung der Reize der Aussenwelt nach einheitlichen biologischen Gesichtspunkten wird erst dann möglich sein, wenn uns ein reiches Erfahrungsmaterial über die Leistungen der tierischen Rezeptoren zu Gebote steht.

Die ersten Ansätze liegen bereits vor. Wenn wir von der Tatsache ausgehen, dass alle nackten Nervenendigungen reizbar sind, so können wir verstehen, dass das erste und einfachste Rezeptionsorgan in einer Ausbreitung freier Nervenendigungen in der Haut besteht. Was an äusseren Reizen auf diese Endausbreitung einzuwirken vermag, wird ohne Auswahl in Erregung umgesetzt. Daher werden alle Formen undifferenzierter Nervenendausbreitungen anelektive Rezeptoren genannt.

Die anelektiven Rezeptoren können diffus verbreitet sein oder zu besonderen Nervenpolstern zusammentreten. Dann nennt man sie Neurodermorgane.

Den nackten Endausbreitungen der Nerven stehen die bewaffneten gegenüber, die durch ihre Bewaffnung befähigt werden, aus der Summe der sie treffenden Reize einige bestimmte auszuwählen. Sie heissen daher elektive Rezeptoren.

Teils dient diese Bewaffnung bloss als Schutzwehr gegen eine Anzahl von Aussenreizen und das den Reiz aufnehmende Element ist, wie bisher, die einfache Nervenendigung. Da diese Art freier Nervenendigungen nur durch ihre anatomische Lage hinter einer Schutzwehr ausgezeichnet ist, so nennt man sie Topo-elektive Rezeptoren.

Oft aber besteht die Bewaffnung des Nervenendes aus einem besonderen mechanischen oder chemischen Apparat, der einen an sich unwirksamen Reiz der Aussenwelt in einen wirksamen Nervenreiz umzuwandeln vermag. Das sind die echten elektiven Rezeptoren oder Umwandlungsorgane — Transformatoren.

Ein Beispiel wird die Beziehungen der Rezeptoren zu einander und zur Aussenwelt am besten erläutern.

Um Holz zum Brennen zu bringen bedarf es unter allen Umständen eines bestimmten Hitzegrades. Ebenso bedarf es, um einen Nerven in Erregung zu versetzen einer bestimmten Intensität des äusseren Reizes.

Der Hitzegrad kann durch starkes Reiben des Holzes erreicht werden. Dabei verbraucht man sehr viel äussere Energie. Bestreicht man aber das Ende des Holzes mit einer Zündmasse, so vermag man schon bei leichtem Reiben und mit verschwindendem Energie-

aufwand den nötigen Hitzeegrad zu erreichen, der das Holz zum Brennen bringt.

Denken wir uns das Nervenende mit einer analogen Zündmasse bewaffnet, so wird es viel erregbarer werden oder, wie man sich auszudrücken liebt, die Erregbarkeitsschwelle wird stark herabgedrückt. Das Nervenende trägt jetzt einen Transformator.

Die Zündmasse können wir durch geeignete Mischung so herstellen, dass sich das Zündholz nur an einer bestimmten Reibfläche entzündet. Desgleichen kann der Transformator so gebaut sein, dass er nur auf einen engumschriebenen Reiz anspricht, den wir dann seinen adäquaten Reiz nennen.

Wir finden oft Organe, die aus einer grossen Anzahl von Rezeptoren bestehen und deren Rezeptoren alle mit hoehdifferenzierten Umwandlungsorganen versehen sind, von denen jedes einzelne mit geradezu verblüffender Feinheit auf einen einzigen ihm eigentümlichen adäquaten Reiz angepasst ist. Es versteht sich von selbst, dass Organismen, die im Besitz von solchen Rezeptoren sind, einen grossen Vorsprung im Kampf ums Dasein gewinnen müssen, da sie von der Aussenwelt viel mehr und viel präzisere Auskunft erhalten.

Die Reize der Aussenwelt, die wir aus unserem eigenen Milieu kennen, teilen wir in chemische, Licht- und mechanische Reize ein und werden dementsprechend bei den Tieren Chemo-, Photo- und Tango-Rezeptoren erwarten dürfen. Ausserdem finden sich noch Rezeptoren, deren Wirksamkeit selbst beim Menschen erst durch biologische Studien bekannt wurden - die statischen und die Rotations-Rezeptoren. Dagegen haben sich bei den Wassertieren noch keine Anzeichen gefunden, dass sie Rezeptoren für den Wärmereiz besitzen, der bei einigen Reptilien eine sehr grosse Rolle spielt.

Wir beginnen mit den Photorezeptoren, weil wir in ihre Leistungen verhältnismässig die meiste Einsicht besitzen.

## **Die Photorezeptoren.**

Die Ätherbewegungen, die wir unter dem Namen objektives Licht zusammenfassen, sind nicht instande die Nervenendigungen direkt zu erregen. Die Photorezeption geschieht stets mit Hilfe eines Transformators. Dieser Transformator besteht nach der herrschenden Ansicht aus einem Stoff, der durch das Licht zersetzt wird und dessen Zersetzungsprodukte den Nerven chemisch reizen sollen. Diese Theorie beruht auf der Tatsache, dass sich bei vielen Tieren ein

sogenannter Sehpurpur an den lichtrezipierenden Nerven findet. Dass seine Zersetzungsprodukte als Nervenreize wirken, ist aber noch niemals bewiesen worden.

Immerhin wird durch diese Annahme die erregende Wirkung einer Lichtquelle verständlich. Die Wirkung eines Schattens als Reiz kann aber ohne weiteres hieraus nicht abgeleitet werden, da der Schatten nur als Mangel eines physikalischen Reizes aufgefasst werden kann. Es handelt sich daher um die Frage, wie kann aus dem Mangel eines physikalischen Reizes ein physiologischer Reiz werden? Die Beobachtung lehrt uns, dass nur das Verschwinden der Beleuchtung als Reiz wirkt, die Dunkelheit selbst aber kein dauernder Reiz ist. Das Verschwinden eines Reizes kann aber nur dann als Reizursache dienen, wenn während der Einwirkung des Reizes der Tierkörper selbst eine Energiequelle in sich aufgespeichert hat, die beim Verschwinden des äusseren Reizes in Tätigkeit tritt. Diese physiologische Energiequelle für den Schattenreiz befindet sich bei den Seeigeln noch getrennt vom Photorezeptionsorgan im Zentralnervensystem selbst. Später werden beide Transformatoren in einem Organ vereinigt.

Bei den einfacheren Tieren hat die Photorezeption nichts anderes zu leisten, als die Belichtung und den Beschattungseintritt zu signalisieren.

Bald steigen die Ansprüche und das bisher flächenartig in der Haut ausgebreitete Organ wird in eine kleine Höhle zusammengezogen, in deren Hintergrund der vordere Lichtspalt ein Bild der Aussenwelt entwirft. Es sitzen hier zahlreiche Photorezeptoren eng beieinander, die alle ihren eigenen Nerv besitzen. Diese Art zusammengesetzter Organe gestattet schon die Bewegungen einer Licht- oder Schattenquelle in die Aussenwelt dem Zentralnervensystem dadurch kenntlich zu machen, dass nacheinander verschiedene Nachbarnerven erregt werden [Motorezeption<sup>1)</sup>].

Bei vervollkommenen optischen Hilfsapparaten (die in Linsen, Akkommodationsvorrichtungen und Lichtschirmen bestehen) wird es auch möglich, das Bild eines Objektes dadurch als spezifischen Reiz zu verwerten, dass immer solche Nerven, die sich in bestimmter Anordnung unter einander befinden, zusammen erregt werden [Ikonorezeption<sup>2)</sup>].

Die erste Ikonorezeption scheint die des Horizontes zu sein, der das Bild der Aussenwelt in eine dunkle untere und eine helle obere

1) 2) Nuel-Vision.

Hälfte teilt. Wenigstens spricht dafür, dass das statische Rezeptionsorgan, welches die Orientierung des ganzen Körpers zum Erdmittelpunkt ermöglicht, einen besonderen Einfluss auf die Augenmuskeln ausübt. Durch Vermittlung des statischen Organes werden die Augen immer möglichst in der gleichen Stellung zum Horizont erhalten. Und es versteht sich leicht, dass wenn das Bild des Horizontes im Auge immer annähernd an die gleiche Stelle gebracht wird, die letzte Korrektur durch das Auge selbst erfolgen kann. Dadurch werden die Tiere mit grosser Feinheit sich im Raume orientieren können.

Ausser der Gestalt der Lichtquelle tritt später die Farbe als Reiz auf, nachdem die einzelnen Photorezeptoren so durchgearbeitet sind, dass sie nicht mehr unterschiedslos auf alle Lichtwellen reagieren, sondern einen Transformator besitzen, der nur auf eine einzige Wellenart anspricht.

Wie das geschieht ist uns noch völlig unklar. Hin und wieder finden sich farbige Öltropfen der Retina vorgelagert, die als Lichtfilter dienen könnten. Andererseits gibt es ausser dem Purpur auch noch andersfarbige lichtempfindliche Hautpigmente, mit denen die Schstäbchen imprägniert sein könnten. In ganzen müssen wir sagen, dass uns die Schstäbchen und ihre Bewegungen noch völlig rätselhaft sind.

Selbst die Bewegungen der Pigmentzellen, die als Lichtschirme sowohl hoch entwickelte Augen, wie das diffuse Photorezeptionsorgan der Seeigel vor allzustarker Belichtung schützen, sind unserem Verständnis entrückt.

Mit der höheren Ausbildung der Photorezeptoren geht eine Durchbildung des Zentralnervensystemes Hand in Hand. Die höheren Leistungen der Photorezeptoren beruhen darauf, dass sie von einer grossen Anzahl von Nerven einzelne in bestimmter Anordnung und Rhythmus erregen. Diese Erregungskomplexe können aber nur dann zu verschiedenen entsprechenden Reaktionen ausgenutzt werden, wenn das Zentralnervensystem Apparate besitzt, die differenziert genug sind, um auf die verschiedenen Erregungskomplexe verschieden zu reagieren. Ein einfaches Zentralnervensystem, das auf alle Reize in gleicher Weise antwortet, hätte für Lichtreize, die in Erregungskomplexe zerlegt worden sind, keine Verwendung. Nur dann wird ihm ein differenzierter Photorezeptor von Nutzen sein, wenn ihm an der sehr speziellen Einstellung auf einen einzigen optischen Reiz etwas gelegen ist.

## Die Tangorezeptoren.

Mechanische Reize der verschiedensten Art vermögen den Nerven direkt in Erregung zu versetzen. Dementsprechend sehen wir die anelektiven Nervenendorgane auf mechanische Reize ansprechen.

Um die mechanischen Reize aus den übrigen Reizen der Aussenwelt auszuwählen, genügt bereits eine chitinige Hülle, wie sie häufig die Tastaare umkleidet, als Schutzwehr gegen die chemischen Reize. Dies sind die Fälle reiner Topoelektion.

Wenn das Bedürfnis nach Steigerung der Erregbarkeit für mechanischen Reiz vorhanden ist, so bedient sich der Organismus besonderer Transformatoren und es tritt dann die echte Umwandlungselektion ein.

Ein jedes Haar, das als ungleicharmiger Hebel Weg in Kraft verwandelt, kann als Transformator dienen.

Ferner gibt es Tangorezeptoren, deren Bau uns bisher unverständlich geblieben ist, wie die painischen Körperchen und die Ampullen in der Seitenlinie der Fische.

Unter den direkt auf den Nerven wirkenden mechanischen Reizen spielt die Erschütterung eine bedeutende Rolle. Meist wird sie ohne Transformator wirken können. Doch gibt es Organe und Organismen, die bereits auf so leichte Erschütterung reagieren, dass wir nach irgend welchen vielleicht chemischen Transformatoren werden suchen müssen. Ganz besonders werden uns jene Fälle darauf hinweisen, bei denen die Erregbarkeit bereits nach wenigen Reizen rapid abnimmt, um sich erst nach einiger Zeit wieder herzustellen. Doch sind bisher keine anatomischen Tatsachen bekannt, die diese Vermutungen stützen könnten.

## Die Oscillationsrezeptoren.

Festeren Boden gewinnen wir, wenn wir uns einer anderen Unterabteilung der mechanischen Reize zu wenden — den Schwingungen.

Kein Nerv ist direkt durch Schwingungen zu erregen, daher bedarf es immer einer Transformation, um, wie es scheint, die Schwingungen in Erschütterungen zu verwandeln. Der Transformator ist immer ein Haar, das durch Schwingungen der Aussenwelt in Mitschwingung versetzt wird. Die ersten Schwingungshärchen finden

wir auf dem ganzen Körper zerstreut, wie ja auch die ersten Photorezeptoren diffus verbreitet sind. Es wird durch sie bloss die Anwesenheit des entsprechenden Aussenreizes angekündigt.

Analog der weiteren Ausbildung der Photorezeptoren finden wir auch die Schwingungshaare auf der nächsten Entwicklungsstufe in einer Höhle vereinigt. Die Schwingungshaare sitzen ringsum an den Wänden der kugeligen Höhle und balancieren auf ihren Spitzen ein kleines Konkrement oder Steinchen.

Wie die Photorezeptoren in ihrem ersten Höhlenstadium, dienen auch die Schwingungsrezeptoren in der »Statocyste« genannten Höhle mit dem »Statoliten« der Motorezeption, d. h. ein Bewegungsvorgang in der Aussenwelt wird in einen Nervenreiz verwandelt.

Bei den Medusen geht die Bewegung vom Tiere selbst aus, sie wirkt aber genau wie eine jede Bewegung in der Aussenwelt, die das balancierende Steinchen ins Schwingen versetzt.

Der typische Unterschied zwischen Photorezeption und Schwingungsrezeption beruht darin, dass die Bewegung in der Aussenwelt, die von der Schwingung übermittleit wird, nicht unmittelbar auf die Transformatoren wirkt (wie das bei der Zersetzung des Purpurs durch das Licht der Fall ist), sondern erst mittelbar zu den Transformatoren gelangt, da sich die Schwingung nicht unmittelbar den Schwingungshaaren mitteilt, sondern erst ein besonderes Organ des Tierkörpers, den Statoliten, in Mitschwingung versetzen muss, der gleich einem Pendel immer nur seine eigenen Schwingungen übertragen kann. Es werden die Haare der Statocyste, gleichgiltig welche Form und welche Geschwindigkeit die sich bewegende Reizquelle in der Aussenwelt besitzt, immer nur im gleichen Rhythmus von ihrem Statoliten gereizt werden und immer nur in gleichen Intervallen Erregung in ihren Nerven erzeugen können.

Damit hat die Natur darauf verzichtet, die Formen der äusseren Dinge durch Luft- oder Wasserschwingungen zur Kenntnis der Organismen kommen zu lassen. Mag der Grund darin liegen, dass wir keine allgemein dominierende Wellenquelle für die Schwingungen in den Medien von Luft und Wasser besitzen, wie es die Sonne für die Schwingungen im Äther ist, — sei es, dass allein die Ätherwellen klein genug sind, um noch in einem Organ von transportablen Dimensionen verwertet zu werden, oder nur Transversalschwingungen sich zum Bildentwerfen eignen, — sicher ist, dass wir kein Organ besitzen, in dem die Luftwellen ein Bild der äusseren Dinge zu entwerfen vermöchten.



Doch der Nachteil der Statocyste in dieser Richtung wird nach einer anderen ausgeglichen.

Betrachten wir den Oscillationsapparat genauer, so springen zwei Funktionsmöglichkeiten in die Augen, die beide, wie es scheint, ausgenutzt werden und deren Ineinandergreifen die Frage nach den Leistungen dieses Organs so ausserordentlich kompliziert.

Aus dem bereits Gesagten ging hervor, dass wir in dem schwingenden Steinchen ein Pendel zu sehen haben, der auf jeden äusseren Anstoss mit seiner Schwingungsform antwortet.

Die Statocyste kann derart gebaut sein, dass die einmal erzeugte Schwingung des Statoliten sehr bald wieder abklingt, wie das bei den Medusen der Fall zu sein scheint.

Sie kann aber auch so gebaut sein, dass der Statolit sehr beweglich ist und daher selten oder nie zur Ruhe kommt. Dann könnte der ganze Apparat dazu dienen, einen dauernden inneren Rhythmus hervorzubringen.

Ein solches Organ würde dem Organismus die Möglichkeit verleihen, sich in der Zeit zu orientieren, die er wie ein kleines Uhrwerk durch seinen immer gleichen Pendelschlag in gleich lange Abschnitte einteilen würde.

Die Auffassung der Statocyste als eines Zeit- und Rhythmusorganes würde die nahe Beziehung zu der Schnecke im Ohr der Säugetiere weniger auffallend erscheinen lassen.

Welche Bedeutung ein inneres Rhythmusorgan für das einfache Zentralnervensystem niederer Tiere haben dürfte, kann erst später abgehandelt werden.

Die zweite Hauptfunktion, die dem Statolitenapparat zugeschrieben wird, besteht in der Umwandlung der Gravitation in einen Nervenreiz.

Es versteht sich leicht, dass ein Steinchen von einigem Gewicht durch die Anziehungskraft des Erdmittelpunktes immer diejenigen Haare beugen wird, die gerade unten stehen. Wird das Lasten des Steinchens in einen Nervenreiz verwandelt, so kann die durch ihn erzeugte Erregung vom Zentralnervensystem zur Orientierung des Tierkörpers im Raume benutzt werden.

Wir befinden uns demnach in dem Dilemma, nicht zu wissen, ob wir den Statolitenapparat als ein Organ, das zur Orientierung in der Zeit oder im Raume dient, ansprechen sollen.

Möglicherweise könnte uns die direkte Beobachtung der Bewegungen des Statoliten im einzelnen Fall hierüber aufklären. Aber

bei den Tieren, die, dank ihrer Durchsichtigkeit, eine Beobachtung im Leben zulassen, wie bei *Pterotrachea*, ist der Apparat so kompliziert, dass sichere Schlüsse nicht gezogen werden konnten.

Wir sind daher auf die Beobachtung der Reaktionen des Tieres angewiesen. Diese beweisen, dass in sehr vielen Fällen von den Statoliten ein Reflex ausgeht, der mit einer Bewegung der Augenmuskeln endet. Und diese Augenbewegung hat die Tendenz, das Auge immer in die gleiche Ebene mit dem Horizont einzustellen.

Wir dürfen daraus schliessen, dass die Erregung von einem Organ ausgeht, das von den Lagebeziehungen des Körpers zur Aussenwelt affiziert wird. Da dieses Organ ein schweres Steinchen trägt, so ist die Funktion des Statoliten als eines Transformators der Gravitation in einen Nervenreiz sichergestellt.

Die Exstirpation der Statoliten hat ausser dem Ausfall der Bewegungsreaktion in den Augenmuskeln auch meist eine völlige Desorientierung des ganzen Tieres zur Folge: Tiere, die vorher normal schwammen, schwimmen jetzt mit der Unterseite nach oben. Der Gang ist bei anderen Tieren empfindlich gestört. Kurz es zeigen sich derartige allgemeine Veränderungen, dass man sie auf die gestörten Beziehungen des Erdmittelpunktes zum Statolitenorgan beziehen konnte.

Dieser Schluss ist aber nicht mehr bindend, nachdem I. R. Ewald gezeigt hat, dass die Exstirpation des Statoliten einen ganz merkwürdigen Einfluss auf die gesamte Muskulatur besitzt, deren Spannung herabgesetzt wird, während die einzelnen Bewegungen ungehindert vollzogen werden.

Dass der Ausfall der Spannung die Regulierung der Muskelbewegung aufhebt, kann erst später gezeigt werden. Ebenso ist der Grund, warum die Aufhebung der Spannung auf den Ausfall eines Rhythmusorganes hindeutet, erst nach Kenntnis der Funktionen des Zentralnervensystems ersichtlich.

Wir stehen also auch jetzt noch dem Statolitenapparat ziemlich ratlos gegenüber, da sich zwei Funktionen ganz heterogener Natur um seinen Besitz streiten.

Die letzte Entwicklungsstufe der Photorezeptoren, auf der sie die einzelnen Wellenarten der Ätherschwingungen zu unterscheiden vermochten, findet ihr Analogon in der Schmecke, die eine Ansammlung genau abgestimmter Schwingungshaare darstellt. Auf diese Weise vermag das Ohr eine grosse Zahl von Luftschwingungen einzeln

aufzufangen und jede einzeln einem anderen Nerven als Erregung zu übermitteln.

Eine Ausbildung des Statolitenapparates zu diesem Behufe war natürlich nicht möglich, da der Statolit die umgekehrte Funktion hat und alle Bewegungen der Aussenwelt in den gleichen ihm eigentümlichen Rhythmus verwandelt.

Aber die freien Schwingungshaare auf der Haut zeigen schon bei den Krebsen die Tendenz, sich in ihrer Länge bestimmten Schwingungen der Aussenwelt genau anzupassen. So stellt sich die Schmelcke als ein neues und selbständiges Organ der Statocyste zur Seite, während im Auge alle Funktionen im gleichen Organ vereinigt bleiben.

### Die Rotationsrezeptoren.

Unter diesem Namen versteht man jenes merkwürdige Organ, das im Ohre der Wirbeltiere liegt und aus drei ringförmigen Bogengängen besteht, die annähernd in den drei Richtungen des Raumes gelagert sind.

Bekanntlich liegen in den drei knöchernen oder knorpeligen Bogengängen drei häutige Rohre, die mit Endolymphe gefüllt sind.

Man nimmt an, dass bei jeder Bewegung des Tieres, die in der Richtung eines der Kanäle erfolgt, die Endolymphe infolge ihres Beharrungsvermögens gegenüber den Wänden des Rohres etwas zurückbleibt. Diese Verschiebung der Flüssigkeit entlang den Wänden kann wie jeder Bewegungsvorgang durch geeignete Transformatoren in einen Nervenreiz verwandelt werden.

Das erste Auftreten dieses merkwürdigen Organs auf einer so hohen Stufe tierischer Entwicklung, wie sie durch Haifische und Rochen dargestellt wird, gibt uns den Fingerzeig, in welcher Richtung wir die Aufgaben der Rotationsrezeptoren zu suchen haben.

In dem Zentralnervensystem der Wirbeltiere ist, wie wir später sehen werden, mit dem lang vorherrschenden Koordinationsprinzip endgiltig gebrochen worden. Das Zentralnervensystem besteht nicht mehr vorwiegend aus gleichwertigen Zentralstationen, die sich die Erregung gegenseitig zuschieben, damit jede einzeln nach ihrer Eigenart mit den ihr unterstellten Effektoren verfahren. Es treten beherrschende Centra in den Vordergrund, deren Aufgabe allein darin besteht, niedere Centra zu dirigieren und die selbst keine direkten Beziehungen zu den Effektoren besitzen. Durch dieses Einschieben

verschiedener Zentralstationen zwischen die höchsten Stellen und die Muskeln wird die anfangs einfache Kontrolle über die Ausführung der den Muskeln aufgetragenen Bewegung ungemein erschwert.

Es wird daher verständlich, dass spezielle Rezeptionsorgane neu eingefügt werden, die von der Ausführung dieser Bewegungen den höchsten Zentren unmittelbar Kunde bringen.

## Die Chemorezeptoren.

Unsere Kenntnis über den Bau der Chemorezeptoren genügt nicht, um uns auch nur in einem einzigen Falle ein Bild von ihrer Wirkungsweise zu machen. Wir sind daher lediglich auf das Studium der Reaktionen der Tiere nach Einwirkung verschiedener chemischer Reize angewiesen.

Die allgemeinen chemischen Reize, die von den anelektiven Rezeptoren in Nervenregung verwandelt werden, sind der Hauptsache nach das Kochsalz und Säuren jeder Art in starker Verdünnung. Die letzteren spielen im Kampf ums Dasein eine erhebliche Rolle, da viele Wassertiere Säure produzieren.

Die Wassertiere nehmen überhaupt den chemischen Reizen gegenüber eine ganz andere Stellung ein, als die Landtiere, da sie von einem Medium umgeben sind, das zahlreiche Stoffe in Lösung enthält, die unmittelbar auf die freien Nervenendigungen wirken können, während die Luft nur ätherische Körper mit sich führt, die selten direkte Nervenreize sein können.

Dieser Unterschied im Medium spricht sich auch deutlich im Bau der Tiere aus. Bei den Landtieren bildet die Haut einen Schutzmantel gegen alle chemischen Reize. Eine Ausnahme sind diejenigen Landtiere, die sich durch eine allseitige Schleimsekretion künstlich ein flüssiges Medium schaffen.

Die Wassertiere, mit Ausnahme der Panzer oder Schalen tragenden Tiere, besitzen ein allseitiges anelektives Rezeptionsorgan in der Haut, das sowohl chemische wie mechanische Reize in Nervenregung verwandelt.

Sehr bald zeigen sich schon elektive Chemorezeptoren, die auf sehr spezielle chemische Reize eingestellt sind.

Die höchste Ausbildung und Verfeinerung im Bau der Rezeptoren scheinen die Insekten erreicht zu haben.

Die Wirbeltiere besitzen zwei deutlich getrennte elektive Chemorezeptionsorgane, die zur Nahrungssuche und zur Nahrungs-

auswahl dienen. Das erste liegt in der Nase, das zweite im Munde. Beide werden von ganz verschiedenen Chemoreizen erregt, die zum Teil erst von der feuchten Schleimhaut gelöst werden müssen.

Das Chemorezeptionsorgan der Nase hat bereits bei den Hai-fischen seine grösste Entfaltung erreicht.

Der Chemorezeptor für die Nahrungssuche ist auf Reize, die von der Nahrung ausgehen, eingestellt, während der Chemorezeptor für die Nahrungsauswahl von schädlichen Stoffen erregt wird, um eine Aufnahme schädlicher Nahrung noch im letzten Augenblick zu verhindern.

Bei der einfachsten Form der Nahrungsaufnahme, die in einem Durchspülen des Körpers mit dem umgebenden Wasser besteht, ist stets ein Chemorezeptor für die Auswahl der Nahrung vorhanden, dessen Erregung den Verschluss der Mundöffnung veranlasst. Dagegen ist ein Chemorezeptor für Nahrungssuche in diesem Falle nicht zu erwarten.

Das Gebiet der Chemorezeption liegt leider noch völlig im Argen und doch ist es für die Kenntnis des Milieus wichtiger als alle anderen Rezeptionsarten.

Entsprechend der Tatsache, dass die überwiegende Mehrzahl der Wassertiere Carnivoren sind, scheinen sie alle Chemorezeptoren der Nahrungssuche zu besitzen, die auf Extraktivstoffe der Muskeln oder auf Blut in sehr grosser Verdünnung eingestellt sind.

Es ist interessant, zu beobachten, wie häufig unverletzte Tiere völlig in Ruhe gelassen werden, während verletzte Exemplare, die aus der kleinsten Wunde Blut verlieren, sofort von allen Seiten angefallen werden.

Andererseits gibt es auch Tiere, deren normale Sekretion den Feinden als Leitstern dient.

## Die Effektoren.

Während die Rezeptoren das Anfangsglied des Reflexbogens bilden, das die Einwirkung der Aussenwelt aufzunehmen und in eine Nervenenerregung verwandelt weiter zu senden hat, stellen die Effektoren das Endglied des Reflexbogens dar, das von der Nervenenerregung getroffen die Antwort des Tieres der Aussenwelt mitteilt.

Die Antwort besteht in einer Produktion von Kraft oder Stoff, in einer Bewegung oder einer Sekretion. Die Antwortorgane sind Muskeln oder Drüsen. Leider hat eine unbiologische Zeitströmung

selbst diese einfachen und klaren Prinzipien der Arbeitsteilung im Tierkörper verwischen wollen, indem sie den Muskeln alle möglichen Eigenschaften zuschrieb, die allein den Zentren oder den Nerven zukommen.

### Die Muskeln.

Die Muskeln sind Verbände von Muskelfasern. Die Muskelfasern selbst sind Sehne von sehr verschiedener Länge, die sich sowohl hinter einander wie neben einander gelagert vorfinden. Sie sind irritabel, d. h. sie geraten auf wirksame Reize hin in Tätigkeit.

Diese Tätigkeit ist eine doppelte. Sie besteht:

1. in der Verkürzung,
2. in dem Widerstand gegen die Wiederausdehnung.

Es ist von grundlegender Wichtigkeit, dass man sich von diesen beiden Tätigkeiten des Muskels eine klare Anschauung verschaffe und Einsicht gewinne in ihr Einzelwirken und ihr Zusammenarbeiten.

Fig. 1.

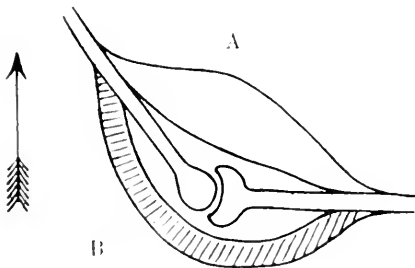
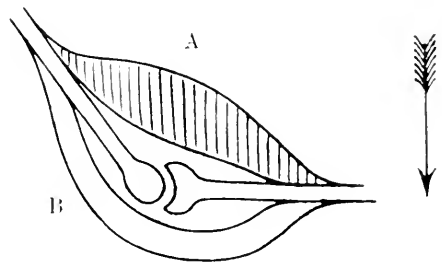


Fig. 2.



Die obenstehenden Abbildungen (Fig. 1 und 2) stellen das Schema eines beliebigen Gelenkes des menschlichen Körpers dar, das infolge einseitiger Muskelverkürzung leicht gebeugt ist. In dieser Stellung vermag das Gelenk in Ruhe zu verharren. Es liegt nun in unserer Macht das bewegungslose Gelenk durch eine erneute Inervation ganz unabhängig von der Muskelverkürzung beliebig festzustellen, indem wir die Muskeln A oder B in einen Zustand versetzen, der ihnen die Fähigkeit verleiht jedem äusseren Zug Widerstand zu leisten. Wir nennen einen solchen Muskel gesperrt. In Fig. 1 ist das Gelenk gegen einen nach oben, in Fig. 2 gegen einen nach unten gerichteten Zug gesperrt. (Was durch die Strichelung des Muskels angedeutet ist.)

Ebenso, wie wir die Muskeln spontan gegen einen Zug sperren können, bevor er überhaupt aufgetreten ist, so vermag der Zug selbst die Muskeln, die er dehnt, automatisch zur Sperrung zu veranlassen, und zwar entspricht die Sperrung genau der Stärke des Zuges.

Auf dieser automatischen Regulierung der Muskelfaser durch den Zug beruht die Möglichkeit jeder Art von Fortbewegung für die Tiere.

Bevor wir auf diese Regulierung näher eingehen, müssen wir uns ein Bild von den beiden Muskeltätigkeiten gemacht haben. Da die Muskeln nur mechanische Arbeit zu verrichten haben, so ist es sehr wahrscheinlich, dass wir in den Apparaten, die die gleiche Arbeit verrichten, analoge Vorrichtungen auffinden werden.

Wenn wir von einer beliebigen Maschine Lasten heben und in einer bestimmten Höhe schwebend erhalten lassen, so bringen wir den Strick, dessen Verkürzung die Last der Maschine nähert, nicht direkt mit der Last in Verbindung, sondern wir schieben noch einen Apparat ein, der das Zurückrutschen der Last verhindert — das Sperrrad. Wird dagegen der Strick unbelastet eingezogen, so wird das Sperrrad ausgeschaltet.

Ganz ähnlich machen es die Muskeln eines normalen Tieres. Verkürzen sie sich frei und unbelastet, so setzen sie einer Wiederdehnung keinen Widerstand entgegen und man kann sie ohne Anstrengung lang ziehen. Dadurch wird bewiesen, dass die Verkürzung ebenso unabhängig von der Sperrung ist, wie es die Sperrung von der Verkürzung war. Wir haben daher allen Grund in den Muskeln genau wie bei den Maschinen die getrennte Arbeit getrennten Apparaten zuzuschreiben, die wir Verkürzungsapparat und Sperrapparat nennen wollen.

Wird eine Last gehoben, so arbeiten beide Apparate von Anfang an zwar gemeinsam, aber doch unabhängig von einander. Im Gegensatz zur Maschine ist im Muskel die Sperrung immer der Last genau angepasst. Wird die Last während des Hebens vermindert, so nimmt dementsprechend die Sperrung ab. Wird die Last ganz entfernt, so schaltet sich der Sperrapparat automatisch aus. Was dadurch bewiesen wird, dass die gleiche Last, die vom Muskel anfangs anstandslos gehoben wurde, ihm zur völligen Erschlaffung bringt, sobald sie eine Zeitlang durch einen äusseren Eingriff unterstützt worden war (Unterstützungshemmung).

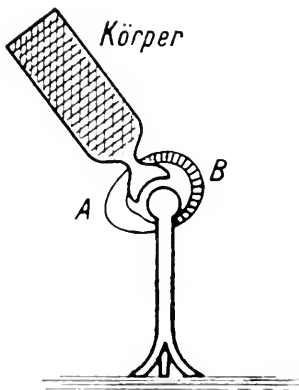
Wir lernen hier eine Regulierung der Sperrapparate durch die Last kennen, die ganz selbständig neben der Regulierung der

Verkürzungsapparate einhergeht. Die Regulierung der Sperrapparate geschieht direkt durch die Belastung selbst, während die Regulierung der Verkürzungsapparate erst indirekt durch die von der Belastung bewirkte Dehnung ausgelöst wird.

Diese Regulierung der Muskeltätigkeit, die von der Last ausgeht, spielt eine ausschlaggebende Rolle bei allen Bewegungen der Tiere. Es lässt sich nach allgemeinem Gesichtspunkt voraussagen, wann die Belastung die Sperrapparate allein, und wann sie die Sperrapparate und die Verkürzungsapparate gemeinsam zur Tätigkeit anregen wird.

Jeder Körper, der von Beinen getragen wird, hat die Tendenz entweder von seinen Beinen herabzufallen oder mit seinen Beinen umzufallen. Beiden Tendenzen muss durch eine entsprechende Tätigkeit der Muskeln ein Paroli geboten werden. Das Herabfallen von den Beinen kann durch eine Sperrung der durch das Körpergewicht belasteten Muskeln verhindert werden. Ein Umfallen des ganzen Tieres kann nur durch eine Verkürzung der gedehnten Muskeln aufgehoben werden, die den Schwerpunkt des Körpers verlegt.

Fig. 3.



Es ist lehrreich, sich an einem einfachen Schema klar zu machen, welchen Einfluss diese beiden Tendenzen des Tierkörpers auf das Gehen ausüben.

Werfen wir einen Blick auf die Abbildung (Fig. 3), die einen schematischen Körper auf einem Bein stehend darstellt. Der Körper ist durch einen äusseren Anlass auf die eine Seite geneigt worden. Infolgedessen ist der Muskel B sowohl gedehnt als belastet. Die Belastung wird durch eine entsprechende Tätigkeit der Sperrapparate beantwortet. Dadurch wird der Körper in der geneigten Lage festgestellt und kann nicht mehr vom Bein herabfallen. Aber mit dem Bein zusammen umfallen kann er immer noch so lange er sich in der geneigten Lage befindet. Die geneigte Lage ist aber zugleich die Ursache der Dehnung der Verkürzungsapparate im Muskel B.

Wie die Belastung mit Sperrung beantwortet wurde, wird jetzt die Dehnung mit Verkürzung beantwortet, die den Schwerpunkt des Körpers wieder in seine normale Lage zurückführt.

Der äussere Anlass, der den Körper in die geneigte Lage brachte, tritt beim Gehen immer ein, sobald das Gangbein erhoben wird und



infolgedessen der Körper sich nach der nicht mehr unterstützten Seite neigt. Das bringt die hierdurch belasteten und gedehnten Muskeln des Standbeines zur Sperrung und Verkürzung. Und der Schwerpunkt gewinnt eine neue Gleichgewichtslage.

So verhindert eine innere Regulierung 1. das Herabfallen des Körpers durch entsprechende Sperrung der belasteten Muskeln und 2. das Umfallen durch eine entsprechende Verkürzung der gedehnten Muskeln.

An dieser Stelle können wir nichts tun, als die Tatsache dieser inneren Regulierung feststellen.

Die inneren regulierenden Organe werden wir erst später kennen lernen, da sie dem Zentralnervensystem angehören. Der Muskel selbst besitzt sie nicht, auch die Nerven sind allein unfähig auf den Muskel regulierend einzuwirken.

Das ist der Grund, weshalb die ganze Frage nach der Regulierung der Muskeltätigkeit bis vor kurzem gar nicht in den Gesichtskreis der Physiologen getreten war. Man hatte sich immer nur um Muskelzuckungen, aber nie um Tierbewegungen gekümmert. Infolge dieser Einseitigkeit blieb den Physiologen die Einsicht, dass Verkürzung und Sperrung 2 unabhängige Funktionen des Muskels sind, so lange verschlossen.

So lange man nichts anderes tat, als einen Muskelnerven, den man von seinem Zentrum abgeschnitten hatte, künstlich zu reizen, erhielt man auch nichts anderes als maximale Verkürzung verbunden mit maximaler Sperrung.

Von dieser Grundlage aus liess sich eine Vorstellung von der Muskeltätigkeit gewinnen, die mathematisch verwertet werden konnte. So entstand die heute allgemein gültige Lehre, die folgende Vorstellungen entwickelt:

Der Muskel, der ein langes ungespanntes elastisches Band darstellt, verwandelt sich, sobald er erregt wird, plötzlich in ein gespanntes elastisches Band von gleicher Länge. Ist kein Widerstand vorhanden, so kommt die neuentstandene Spannungsenergie in der Verkürzung zum Ausdruck. Setzt man der Verkürzung einen geeigneten Spannungsmesser als Widerstand entgegen, so kann man die aufgetretene Spannungsenergie als Spannung messen.

Zwischen Spannung und Verkürzung war auf diese Weise ein Zusammenhang hineintheoretisiert worden, der auf einer unzulänglichen experimentellen Basis fusste, der aber das mathematische Bedürfnis befriedigte.

Es ist sehr zu hoffen, dass das mathematische Bedürfnis gegen die lebendige Anschauung möglichst bald zurücktritt. Dann wird auch die Lehre fallen, die von uns Menschen behaupten muss, dass wir bei der freien Verkürzung unserer Muskeln dieselbe Tätigkeit entfalten, wie beim Ziehen an einem Spannungsmesser. Diese Lehre entsprang dem einseitigen Wunsche, die physikalischen Ursachen der Muskelleistungen zu erforschen.

Den Biologen interessieren aber die bisher vernachlässigten Leistungen der Muskeln im Leben der Tiere.

Entsprechend ihren Leistungen scheiden sich die Muskeln in solche, die hauptsächlich der Verkürzung und in solche, die vor allem der Sperrung dienen.

Fast reine Verkürzungsmuskeln finden sich in den Fangfäden der Medusen und Siphonophoren. Da sie keine Körpermuskeln sind und daher niemals in die Lage kommen eine lebenswichtige Bewegung auch gegen äusseren Widerstand durchzusetzen, sondern als freie Anhängsel nur leichte Beute zu erfassen haben, so wird ihnen ein Sperrapparat nichts nützen. Dafür haben sie eine Amplitude der Bewegung, welche diejenige aller bekannten Körpermuskeln um mehr als das zehnfache übertrifft.

Der reinste Sperrmuskel scheint der Tensor tympani zu sein, dessen Bewegungen fast Null sind, der aber dafür das Trommelfell mehr oder weniger festzustellen vermag.

Sehr lehrreich ist es, am Seeigelstachel das gemeinsame Funktionieren von Verkürzungs- und Sperrmuskeln an gleichen Gliede zu beobachten, das von einer Muskelschicht bewegt wird und von der anderen in jeder Lage festgestellt werden kann.

Die Andeutung einer Trennung der Muskulatur in Bewegungs- und Sperrmuskeln findet sich vielfach bei den verschiedensten Tieren ausgesprochen.

Die Bewegungsmuskeln sind immer schneller als die Sperrmuskeln. Aber auch sonst finden sich erhebliche Differenzen in der Geschwindigkeit der Muskulatur. So ist durchgängig die Eingeweidemuskulatur langsamer als die Stammesmuskulatur des gleichen Tieres.

Die schnellsten Muskeln zeigen ein gestreiftes Aussehen, das man direkt auf die grössere Geschwindigkeit beziehen zu dürfen glaubte.

Nun zeigen aber die Muskeln noch einen tiefgreifenden und sehr charakteristischen Unterschied, der niemals genügend beachtet

wurde. Sie trennen sich in Muskeln mit konstanter Anfangslänge und in Muskeln ohne konstante Anfangslänge.

Zu den ersten gehören die gestreiften Muskeln aller Art. Die zweiten sind glatt. Es ist daher einfacher, die Querstreifung auf eingelegte elastische Zwischenstücke zu beziehen, welche die Wiederausdehnung des Muskels beschleunigen und ihn zu seiner alten Anfangslänge zurückführen.

Im übrigen darf man dreist bekennen, dass alle histologischen Daten über den Bau der Muskulatur uns auch nicht den geringsten Anhaltspunkt geben, irgend einer der zahllosen physikalischen Theorien von der Muskelkontraktion vor den anderen den Vorzug zu geben. Die absolute Unkenntnis über die physikalischen Vorgänge im Muskel ist für die biologische Fragestellung zwar bedauerlich, berührt aber die Frage nach der Muskelleistung nicht unmittelbar. Ebenso haben sich alle elektrophysiologischen Erfahrungen an den Muskeln als biologisch wertlos erwiesen, sodass wir sie hier ruhig übergehen können.

Die einzelnen Muskeln schliessen sich im Tierkörper zu grösseren Verbänden zusammen, wobei sie häufig in Verbindung mit Knochen und Gelenken treten. Sie bilden dann eine neue biologische Einheit, die ihre neuen und besonderen Aufgaben zu erfüllen hat.

Nirgends zeigt sich die fundamentale Verschiedenheit in der physikalischen und biologischen Fragestellung deutlicher als hier. Trotzdem auch die Gliedmaßen der Tiere nur nach physikalischen Gesetzen arbeiten, sind dennoch diese Gesetze nicht das Forschungsgebiet der Biologie, sondern einzig und allein der Bauplan, der aus einer Anzahl Muskeln, die sich bloss verkürzen können, ein Bein zu schaffen wusste, das da schreitet.

Nach den Beziehungen der Muskeln zu den Knochen lassen sich die Tiere einteilen: in Tiere

1. ohne Skelett,
2. mit äusserem Skelett,
3. mit innerem Skelett.

Die Tiere ohne Skelett besitzen die grösste Beweglichkeit. Dafür kostet es ihnen die grösste Anstrengung, ihre Bewegungen äusseren Hindernissen gegenüber durchzusetzen.

Die Tiere, die ein äusseres Skelett oder Panzer besitzen, sind gegen die Aussenwelt sehr gut geschützt. Dafür sind sie durch den

Panzer selbst in ihren Bewegungsmöglichkeiten beschränkt und ihre Gelenke gelangen nicht zu der freien Ausbildung wie bei den Tieren mit innerem Skelett, die allein das Kugelgelenk besitzen, das in vollkommenster Form Freiheit und Festigkeit vereinigt.

Leider fehlt es durchaus an einer vergleichenden Gelenkkunde, die eine Zusammenstellung der Gelenke nach ihren Leistungen brächte und uns darüber unterrichtete, wie die gleichen Aufgaben von den verschiedenen Tiergruppen gelöst werden.

Erst wenn diese Vorarbeit vollbracht ist, kann man erfolgreich daran gehen, die gleichen Fortbewegungsarten verschiedener Tiere miteinander zu vergleichen. Wie wird geschwommen? Wie wird gegangen? u. s. w. Das sind Fragen, die ihrer Lösung harren, nachdem uns Marey in der Chronophotographie ein unvergleichliches Hilfsmittel geschaffen hat.

### Die Drüsen.

In einer Hinsicht weichen die Naturorganismen sehr wesentlich von den künstlichen Organismen, den Maschinen, ab. Sie haben nicht bloss, wie diese, gewisse maschinelle Leistungen zu vollziehen, sie müssen noch dazu ihren eigenen Mechanismus, der die Leistungen vollführt, selbst aufbauen und ausbauen.

Es treten also an einem Naturorganismus neben den Forderungen, die das vegetative und animale Leben an ihm stellt, noch Aufgaben heran, die seine Konstituierung betreffen und die von ihm Leistungen verlangen, welche man konstitutive Leistungen nennen kann.

Solche Aufgaben kennt die Maschine nicht, sie muss bis in jede Einzelheit hinein konstituiert sein, ehe sie mit ihren Leistungen beginnen kann.

Jede konstitutive Leistung beruht in einer Strukturbildung und ist daher stofflicher Natur, während die Ausführung von Bewegungen mit den fertigen Organen zu den animalen oder vegetativen Funktionen gerechnet werden muss. Daher waren die Kraftäusserungen der Muskeln, mit denen wir uns befassten, samt und sonders nichtkonstitutive Leistungen.

Bei der Betrachtung der Drüsentätigkeit, die in einer Stoffproduktion besteht, wird das anders, und wir haben uns im einzelnen Fall die Frage vorzulegen, ob die Leistung der Drüse dem Aufbau oder dem Handeln des Körpers dienlich ist.

Die konstitutiven Prozesse des Tierkörpers sind noch in ein undurchdringliches Dunkel gehüllt und wenn sie auch nicht unabhängig vom Einfluss des Nervensystems zu sein scheinen, so ist dieser Einfluss bloss ein mittelbarer und ein konstitutiver Prozess ist niemals das Endglied eines Reflexes.

Streng genommen ist auch in den Fällen rein reflektorischer Drüsentätigkeit nur der Akt der Ausstossung des Sekretes als Endglied mit dem Reflex verkettet und die Bildung des Sekretes in der Drüse ist eine durchaus konstitutive Leistung.

Aber wie wir nach der Form und Konsistenz der Gliedmaßen fragen, die eine Bewegung in der Aussenwelt ausführen, so werden wir auch auf die Natur des Sekretes zu achten haben, denn diese birgt den Inhalt der Antwort, den der Tierkörper auf eine Anfrage hin der Aussenwelt erteilt.

Trennen wir die Drüsen nach ihren Leistungen in konstitutive, vegetative und animale, so ergibt sich, dass die animalen Drüsen, die uns hier speziell beschäftigen, sehr in der Minderzahl sind.

Bei den Meerestieren spielen die konstitutiven Drüsen eine ganz hervorragende Rolle, sie werden zur Bildung von Röhren, Schalen, Panzern, Häuten, Haaren etc. etc. benutzt. Die auslösenden Reize sowohl für die Sekretbildung wie für die Sekretausstossung sind unbekannt.

Den vegetativen Drüsen liegt das ganze Verdauungsgeschäft ob. Die Absonderung des Sekretes ist in vielen Fällen eine effektorische Funktion, die nach den glänzenden Arbeiten Pawlows und seiner Schüler von einem komplizierten Reflexmechanismus geleitet wird.

Die Sekretausstossung der animalen Drüsen ist meist das Endglied eines Reflexes. Doch ist auch hierin die Natur durchaus nicht pedantisch. Und wenn sie sich den Reflex ersparen kann, so tut sie es. Als Beispiel mögen die Giftdrüsen mancher Fische dienen, die an der Basis von kanalförmigen Stacheln sitzen und auf jeden äusseren Druck platzen und sich entleeren, wobei das Gift durch den Stachelkanal in den Fremdkörper gelangt.

Das animale Leben der Meerestiere zeigt zwei Hauptseiten, deren Zusammenhang sich leicht begreift. Die eine Seite zeigt uns die Anstrengungen des Tieres, um Nahrung (es handelt sich fast immer um animalische Nahrung) zu erbeuten, und die andere Seite weist die Anstrengungen des Tieres auf, um dem Schicksal zu entgehen, das es den anderen bereiten will.

Bei der Nahrungssuche kommen neben dem Säuresekret, das zum Auflösen fremder Kalkschalen dient, besonders Giftdrüsen in Betracht, deren Sekret die Beute lähmt.

Bei der Abwehr des Feindes werden Gifte vorgezogen, die den Feind heftig irritieren und zum Rückzug zwingen sollen.

Wie bereits erwähnt, besitzen viele Tiere gesonderte Rezeptionsorgane für die Nahrungssuche und für die Nahrungsauswahl. Es liegt im Interesse des Verfolgten, diese beiden Chemorezeptoren seines Verfolgers zu täuschen. Darauf weisen viele Hautsekrete hin, die zum Teil dazu dienen, die Anwesenheit von Fleisch und Blut zu verheimlichen, weil diese chemische Anlockungsmittel bilden.

Zum Teil wirken die Hautsekrete auf den Chemorezeptor bei der Nahrungsauswahl im Munde und veranlassen den Verfolger, die bereits ergriffene Beute wieder loszulassen.

Ganz ausserordentlich weit verbreitet sind die Schleimdrüsen, die auch die mannigfaltigste Verwendung finden. Oft steht die Schleimsekretion in intimsten Beziehungen zu der Lokomotion.

Von allgemeinem Interesse sind noch die Sekrete, die wie die Tinte der Sepia den Verfolgten den Blicken der Verfolger entziehen oder die wie der leuchtende Schleim der Pholas als Anlockungsmittel dienen.

Viele Drüsensekrete, die nicht reflektorisch ausgestossen werden und rein konstitutiver Natur sind, spielen dennoch eine grosse Rolle im animalen Leben der Tiere. Es sei hier nur das interessanteste erwähnt, das Autodermin. Viele niedere Tiere, die jeden Fremdkörper, den sie ergreifen können, zum Munde führen, würden in die Lage geraten, in ihre eigenen Fangapparate zu beißen, da ihnen kein zentralisiertes Nervensystem zu Gebote steht, das reflektorisch ein Verspeisen des eigenen Körpers unterdrücken könnte. Dieser Gefahr hilft ein, jeder Art eigentümliches Hautsekret ab, das eine narkotisierende Wirkung auf die anelektiven Rezeptoren ausübt und den Reflex, der bei Berührung der Fangapparate eintreten müsste, unterdrückt.

### **Das Nervensystem.**

Schon das Wort Nervensystem weist darauf hin, dass wir uns die einzelnen nervösen Teile in einem gewissen System angeordnet zu denken haben.

Die Leistungen der einzelnen Teile, die sich planmässig zu einem System zusammen gefunden haben, kann man nur dann würdigen, wenn man ihre Stellung im System kennen gelernt hat.

Bevor wir daher auf die Leistungen der einzelnen Organe im Nervensystem eingehen, müssen wir, wenn auch skizzenhaft, ein Bild des ganzen Systems entwerfen, in das wir dann nachträglich die Einzelleistungen eintragen wollen.

Während die Tiere in der Tätigkeit eine fast unübersehbare Mannigfaltigkeit in ihren Innervationen aufweisen, zeigen sie in der Ruhe überall die gleichen einfachen Beziehungen zwischen Muskeln und Nervensystem. Es ist daher das Bild eines ruhenden Nervensystems zur Grundlage für ein allgemeines Schema am geeignetsten.

Bereits die ersten Physiologen haben die fundamentale Tatsache beobachtet, dass bei einem ruhenden Tier alle Muskeln sich im gleichen Spannungsgrade befinden, obgleich der Verkürzungsgrad der einzelnen Muskeln bei der jeweiligen Gliederstellung ein sehr verschiedener ist.

Es charakterisiert direkt einen ruhenden Organismus, wenn man von ihm aussagt, dass keiner seiner Muskeln zugleich verkürzt und belastet ist. Alle Muskeln eines ruhenden Tieres geben, mögen sie verkürzt oder unverkürzt sein, jedem Zuge nach, dessen Stärke eine bestimmte Schwelle überschreitet und diese Schwelle ist für alle Muskeln im gleichen Organismus — die gleiche.

Die Schwelle wechselt mit dem Gesamtzustand des Tieres — sie ist es, die man ursprünglich als Muskeltonus bezeichnet hat.

Daraus ergibt sich, dass der Muskeltonus die Tätigkeit der Sperrapparate im Muskel und nicht der Verkürzungsapparate anzeigt.

Es geht aus den ersten Versuchen der Nervendurchschneidung hervor, dass der Muskeltonus nervösen Ursprunges sein muss. Denn nur bei intaktem Nervensystem besitzt das Tier in allen Muskeln den gleichen Tonus. Man hat diese Tatsache auf das Vorhandensein eines allgemeinen und gleichen Nerventonus im Nervensystem zurückgeführt, der den Muskeltonus beherrscht. Was sollen wir uns unter Nerventonus vorstellen?

Die Muskeln stehen alle unter dem Einfluss des gleichen Fluidums, das das ganze Nervensystem erfüllt. Daher muss der Nerventonus der Ausdruck für einen Zustand jenes Fluidums sein und zwar für einen beharrenden Zustand, da jede Bewegung des Fluidums sich in einer Bewegung der Muskeln kund tun müsste. Es gibt aber nur eine einzige Eigenschaft, mit deren Hilfe das Fluidum ein grosses System von kommunizierenden Röhren ganz

unabhängig von der Weite der Röhren und der Menge des Inhaltes, durchgängig zu beherrschen vermag — und das ist der Druck.

Wir dürfen annehmen, dass in dem Nervensystem eines ruhenden Tieres überall der gleiche Druck herrscht und diesen Druck des Nerventfluidums bezeichnen wir bisher mit Nerventonus.

Es kommt, wie wir sahen, der Druck des Nerventfluidums im Widerstand der Muskeln gegen Zug zum Ausdruck, und wir dürfen als feststehend ansehen, dass nur die Sperrapparate und nicht die Verkürzungsapparate im Muskel vom Druck im Fluidum beherrscht werden.

Damit der allgemeine und gleiche Druck in einem System kommunizierender Röhren sich auf gleicher Höhe erhalte, darf die Gesamtmenge des Fluidums nicht sinken.

Nun zeigt aber das Nerventfluidum die interessante Eigenschaft langsam zu verschwinden. Es wird aufgebraucht. Als Beispiel diene der *Sipunculus*, der unter dem Sande in seiner eigenen Höhle ruhig verharrend, allmählich seinen ganzen Muskeltonus verliert und zu einem schlaffen, völlig untätigen Sacke wird. In diesem Zustand ist es ihm gänzlich unmöglich auf äussere Reize zu reagieren. Erst nach wiederholter Reizung stellt sich wieder ein allgemeiner Muskeltonus her und damit gewinnt der Wurm seine Aktionsfähigkeit wieder.

Wie lässt sich das anders deuten, als dass selbst während der Ruhe das Fluidum aufgebraucht wird und erst nach äusserer Reizung wieder entsteht?

Bei jenen niederen Tieren, deren Haut von einem anelektiven Rezeptionsorgan bedeckt ist, und die in einer stets bewegten Aussenwelt leben, wird es niemals an äusseren Reizen fehlen, die zur nötigen Produktion von Fluidum Anlass geben.

Doch schon bei ihnen gibt es Organe im Nervensystem, durch welche die Ungleichheit der äusseren Reize einigermaßen ausgeglichen wird. Wir können sie mit Reservoiren vergleichen, in denen das Fluidum aufgespeichert wird und die selbsttätig den Druck im System regulieren. Solche Reservoire sind ganz allgemein im Nervensystem der Seeigel vorhanden. Bei einzelnen Arten übernehmen sie noch eine spezielle Funktion. So lange jene Seeigel, die besonders ausgebildete Photorezeptoren in der Haut besitzen, belichtet werden, füllen sich ihre Reservoire mit immer neu entstehendem Fluidum. Hört



einen Moment die Belichtung auf, so werfen die Reservoirs den aufgenommenen Inhalt wieder hinaus in das allgemeine Röhrensystem und verursachen hierdurch die Muskelbewegung auf Schattenreiz.

Die Reservoirs spielen im Nervensystem vieler Tiere eine bedeutende Rolle. So deutet das Verhalten von *Aplysia* auf die Tätigkeit grosser Reservoirs im Zentralnervensystem hin, die bald eine abstossende bald eine ansaugende Wirkung auf das Fluidum ausüben.

Je mehr bei den höheren Tieren das allgemeine anelektive Rezeptionsorgan schwindet, um einzelnen spezialisierten Rezeptoren Platz zu machen, um so weniger ist auf eine gleichmässige Wirkung der äusseren Reize zu rechnen. Es muss sich allmählich für die höheren Tiere das Bedürfnis herausstellen, in der Produktion des Fluidums völlig von dem unzuverlässigen Einfluss der Aussenwelt befreit zu werden. Was geschehen konnte, wenn man sich eine eigene, nie versagende Reizquelle zu verschaffen wusste.

Eine solche Reizquelle kann nur in einem Rezeptionsorgan bestehen, das selbsttätig in gleichem Rhythmus Erregungen im Zentralnervensystem erzeugt und auf diese Weise für eine gleichmässige Erzeugung des Fluidums sorgt.

Wir haben eingehend von den Statoliten in ihrer Eigenschaft als Rhythmusorgane gesprochen. Jetzt verstehen wir ihre Bedeutung besser, nachdem wir den Einfluss der Aussenreize auf die Produktion des Fluidums kennen gelernt haben.

Der Erfolg der Statolitenoperation, der im allgemeinen Abfall des Muskeltonus besteht, wird uns auch nicht mehr wunderbar erscheinen, nachdem wir als Zwischenglied den Druck im Fluidum, diesen Beherrscher der Sperrapparate in den Muskeln, kennen gelernt haben.

Der flüchtige Überblick über Beziehungen der nervösen Organe beim ruhenden Tier zeigt uns Verhältnisse, die an ein System von Röhren erinnern. In diesen Röhren befindet sich ein Fluidum, das sowohl in seiner Menge, als in seinem Druck, Schwankungen unterworfen ist. Das Fluidum wird von den Rezeptoren beeinflusst und beeinflusst seinerseits die Effektoren.

Die Beziehungen der einzelnen Organe zum Fluidum sind daher von wesentlicher Bedeutung für das Verständnis des Ganzen.

## Die Muskeln.

Wir betrachten zuerst die Muskeln in ihren Beziehungen zum Fluidum. Bei den Muskeln haben wir vier Leistungen kennen gelernt, die auf das Ein- und Ausschalten zweier Apparate zurückgeführt wurden.

Verkürzungsapparat,	eingeschaltet = Verkürzung
»	ausgeschaltet = Verlängerung
Sperrapparat	eingeschaltet = Sperrung
	ausgeschaltet = Erschlaffung.

Alle 4 Leistungen werden vom Fluidum reguliert. Es fragt sich daher, in welcher Beziehung stehen sie zu den Eigenschaften des Fluidums, die wir gleichfalls kennen gelernt haben.

Wir haben gesehen, dass der Druck im Fluidum die Sperrapparate beherrscht. Wir müssen dementsprechend annehmen, dass die Menge des Fluidums die Verkürzungsapparate beeinflusst. Denn das sind die beiden einzigen Eigenschaften, die wir am Fluidum kennen.

Es ergibt sich daraus folgende einfache Tabelle der Beziehungen zwischen Muskel und Fluidum:

Verkürzung	= Mengezunahme,
Verlängerung	= Mengeabnahme,
Sperrung	= Druckzunahme,
Erschlaffung	= Druckabnahme.

Im Muskel zeigte sich eine völlige Unabhängigkeit zwischen Verkürzung resp. Verlängerung einerseits, und der Sperrung resp. Erschlaffung andererseits. Daher muss eine ebensolche Unabhängigkeit der Menge vom Druck im Fluidum gefordert werden. Zunahme der Menge in einem Gefäss ohne Steigerung des Druckes ist aber nur dann möglich, wenn das Gefäss eine wechselnde Kapazität besitzt <sup>1)</sup>.

Es liegt nahe, die Kapazität des Muskels für das Fluidum mit seiner äusseren Form in Beziehung zu setzen. Wie sich später zeigen wird, besitzt ein langer Muskel eine grössere Kapazität als ein verkürzter. Und durch passive Verlängerung des Muskels haben wir es in der Hand, seine Kapazität zu steigern.

<sup>1)</sup> Es handelt sich bei dem Vergleich immer nur um geschlossene Gefässe, die in ein geschlossenes Röhrensystem eingeschaltet sind. Auch wird auf Gravitation keine Rücksicht genommen.

Jetzt verstehen wir auch, welche Bedeutung es für die Regulierung der gesamten Bewegungen eines Tieres haben muss, wenn seine Muskeln gestreift sind und dadurch eine konstante Anfangslänge gewinnen. Solche Muskeln vermögen sich durch eine spezielle Einrichtung immer wieder auf die gleiche Anfangskapazität für das Fluidum einzustellen.

Für den Experimentator sind aber jene Muskeln unvergleichlich wichtiger, die diese Komplikation nicht besitzen, und die er selbst in jede Form bringen kann, die ihm beliebt.

Es erübrigt noch, darauf hinzuweisen, dass der Muskel eigene Irritabilität besitzt und dass er sowohl direkt wie indirekt durch seinen Nerven erregt werden kann. Die Muskelsubstanz ist allein für sich instande, einen äusseren Reiz in Erregung zu verwandeln. Der Muskel besitzt in sich selbst die Fähigkeit, sein Fluidum zu erzeugen, das die Erregung auf die ganze Faser überträgt und er besitzt auch die Fähigkeit sein Fluidum selbsttätig zu vernichten.

Man wird wohl annehmen dürfen, dass das Fluidum durch die mechanische Tätigkeit des Muskels aufgebraucht wird.

So stellt der Muskel für sich allein ein verkürztes Analogon des ganzen Reflexbogens dar: Reizaufnahme — Erregungsleitung (es fehlt die Erregungsordnung, da die Erregung auf die ganze Faser übertragen wird) — und Arbeitsleistung.

## Die Nervenendigung.

Die Reizaufnahme geschieht im Muskel normaler Weise durch einen besonderen Apparat — die Nervenendigung.

Dieser Apparat lässt sich mit einem sehr spezialisierten elektiven Rezeptor vergleichen, während die übrige Muskelfaser, wie alles Protoplasma, anelektiv reizbar ist.

In einem wesentlichen Punkt unterscheidet sich jedoch die Nervenendigung von einem Rezeptor. Sie braucht nicht einen völlig heterogenen Reiz der Aussenwelt in eine Erregung zu verwandeln, sondern sie überträgt bloss die Veränderung des gleichen Fluidums, wenn auch in vergrössertem Mafsstabe, von einem Organ zum andern.

Dadurch ist auch die Möglichkeit gegeben, in gewissen Grenzen eine Rückwirkung des Muskels auf den Nerven zu erzielen.

## Der Nerv.

Der Nerv ist eines der wenigen Gebilde im tierischen Körper, dessen histologische Zergliederung dank den Arbeiten Apathy's und Bethe's so weit gediehen ist, dass sie zum Verständnis der biologischen Vorgänge beiträgt.

Von einer anscheinend isolierenden Zwischensubstanz umgeben, verlaufen die feinen Neurofibrillen vom Zentrum zum Muskel. Sie sind die einzigen Erregungsüberträger und vermögen die Erregung über weite Strecken isoliert zu leiten. Oft bilden sie auch Netze, in denen dann die Erregung von Fibrille zu Fibrille übergreift.

Netzartige Ausbreitungen der nervösen Elemente finden sich sowohl zentral wie peripher in den Muskeln selbst. So lässt sich der Retraktor des Sipunculus von drei verschiedenen Nerven aus erregen, die in ein gemeinsames Endnetz münden. Selbst der Sartorius des Frosches zeigt noch deutliche Anzeichen eines Nervennetzes, da die Reizung eines intramuskulären Nervenstammes immer sämtliche Muskelfasern zur Kontraktion bringt.

Die Geschwindigkeit des Erregungsablaufes im Nerven wechselt in weiten Grenzen innerhalb der verschiedenen Tierarten und ist innerhalb desselben Tieres grossen Schwankungen unterworfen, die von der Temperatur abhängig sind<sup>1)</sup>.

Der Nerv lässt sich reizen, d. h. er verwandelt einen äusseren Reiz in eine Erregung, die er nach beiden Richtungen zentripetal und zentrifugal weiterleitet.

## Das Fluidum.

Jetzt sind wir von allen Seiten so weit vorgeschritten, dass wir uns einer Diskussion des Fluidums und seiner Eigenschaften nicht länger entziehen können.

Wir sind bisher von der Vorstellung ausgegangen, dass sich im Nerven ein beweglicher Erregungsüberträger befände, den wir Fluidum genannt haben, während nach der herrschenden Ansicht sich im Nerven kein derartiger Überträger befindet. Statt dessen fasst man allgemein die Erregung als eine physikalische Eigenschaft der Nervensubstanz auf. Ähnlich der Übertragung von Schallwellen durch feste

<sup>1)</sup> Wie in einem Medium, das bald dickflüssig, bald dünnflüssig sein kann.

Substanzen, z. B. durch hölzerne Stäbe, soll in den Nervenfasern die Übertragung der Erregung vor sich gehen.

Diese Ansicht von der Natur der Nervenerregung entsprang der allgemeinen physikalischen Zeitströmung. Sie fand ihre Stütze in den Ergebnissen der experimentellen Arbeiten.

Das Ergebnis eines guten Versuches ist zwar stets die Antwort des geprüften Objektes auf unsere Frage, sie erfolgt aber in der Sprache der dabei angewendeten Methode. Daher ist die Kenntnis dessen, was eine Methode überhaupt aussagen kann, das erste Erfordernis bei der Kritisierung eines jeden Versuches.

Die von den Physiologen bevorzugte Methode zur Erforschung der Erregung und Erregungsübertragung ist seit den Tagen Dubois' stets die galvanometrische resp. elektrometrische Methode gewesen.

Sie besteht darin, dass man die gesamten elektrischen Veränderungen, die gleichzeitig an einer bestimmten Stelle des Nerven im ganzen Querschnitt vor sich gehen, als einen einzigen Ausschlag des Galvanometers abliest.

Num besteht jeder Nerv aus Hunderten oder Tausenden von Fibrillen, von denen jede für sich die Erregung isoliert leitet. Eine jede zeitliche Verschiebung des Erregungsablaufes innerhalb verschiedener Bahnen kommt als Verringerung des Gesamtausschlages zur Erscheinung. Welche Bahnen in jedem Moment mitsprechen, bleibt dem Galvanometer verborgen. Über die Vorgänge während der Ruhe weiss es nichts zu sagen. Ja die meisten natürlichen Erregungsvorgänge, die uns die Muskeln deutlich verraten, verschweigt das Galvanometer völlig. Es ist in der Tat bloss geeignet, nach gleichmässiger und gleichzeitiger künstlicher Reizung aller Fibrillen eines Nerven uns eine gewisse Vorstellung einer wellenartig sich fortsetzenden Veränderung im Nerven zu geben und uns über die Form und Geschwindigkeit dieser Welle Auskunft zu erteilen.

Die Methode wird daher in allen solchen Fällen am Platze sein, in denen uns ein effektorisches Organ nicht zu Gebote steht, um uns über das Vorhandensein von Erregung aufzuklären. Eine weitere biologische Bedeutung besitzt sie nicht.

Tritt man im Besonderen mit der Frage, ob ein beweglicher Überträger der Erregung im Nerven vorhanden ist oder nicht, an das Galvanometer heran, so schweigt es völlig. Dieses Schweigen darf aber nicht als Antwort angesehen werden, denn das Schweigen beruht in der Minderwertigkeit der Methode, die über die intimeren Vorgänge während der Erregung nichts auszusagen vermag.

Viel tiefer in die Erkenntnis der Vorgänge der Nervenerregung führt uns die von Bethe angewandte Methode der mikroskopischen Darstellung der primär färbbaren Substanz im Nerven.

Mit dieser Methode ist es Bethe gelungen, die Einwirkung des konstanten Stromes an den einzelnen Fibrillen nachzuweisen. Diese Methode hat nun, soweit sie überhaupt zu einer eindeutigen Antwort fähig ist, die Frage nach dem Vorhandensein eines beweglichen Erregungsüberträgers im Nerven bejaht.

Aber man wird mit Recht verlangen dürfen, dass die Biologie für eine ihrer Kardinalfragen auch eine biologische Beantwortung findet und sich nicht allein auf die Aussagen der Histologie verlässt.

Betrachten wir die biologischen Vorgänge im Reflexbogen vom Standpunkte der herrschenden Lehre, so gehen in ihm wellenartige Bewegungen von den Rezeptoren zum Zentrum und von diesem zu den Effektoren. Die Übertragung dieser Bewegungswellen geschieht allein durch den stabilen Überträger — die Neurofibrille. Es ist dies die einfachere Vorstellung, die daher auch ohne Beweis angenommen werden muss, wenn nicht unwiderlegliche Gründe ihr widersprechen.

Die hier vorgetragene Ansicht behauptet: die Erregung werde von einem beweglichen Überträger in der Neurofibrille vom Rezeptor zum Zentrum und den Effektoren geführt.

Der Beweis wird dann erbracht sein, wenn es sich herausstellt, dass der Überträger nicht bloss Erregungen überträgt, sondern auch selbst grobmechanischen Bewegungseinflüssen unterliegt, denen ein stabiler Überträger Widerstand leisten müsste.

Nun werden alle niederen Tiere, deren Zentralorgan ein einfaches unkompliziertes Nervenetz darstellt, von einem allgemeinen Erregungsgesetz beherrscht, das da lautet: Jede Erregung fliesst in einem einfachen Nervenetz immer zu den gedehnten Muskeln hin.

Es ist dabei ganz gleichgültig, ob diese Muskeldehnung vom Tiere selbst oder vom Experimentator vorgenommen wurde. Die Dehnung des Muskels, d. h. ein grobmechanischer Bewegungsvorgang ist von ausschlaggebender Bedeutung für den Weg, den die Erregung im Zentralnervensystem einschlägt. Es wird durch die Muskeldehnung nicht die Erregung beeinflusst, sondern es wird der Weg, den sie erst einschlagen soll, verlegt. Also nicht das Über-

tragene, sondern das Übertragende wird durch eine mechanische Bewegung bewegt, wenn anders man das eine Bewegung nennen darf, was seinen Einfluss, vom Muskel ausgehend, bis tief in das Zentralnervensystem hinein erstreckt.

Damit ist neben dem histologischen auch der biologische Beweis erbracht worden, dass es im Nerven einen beweglichen Erregungsüberträger gibt, den man mit Fug und Recht ein Fluidum nennen kann.

Soweit ist die Übereinstimmung des anatomisch Erschauten und des biologisch Erschlossenen eine vollkommene.

Weiter ist es jedoch unmöglich, die anatomischen Tatsachen der biologischen Betrachtungsweise zu Grunde zu legen. Die übrigen Eigenschaften des histologisch erkannten Überträgers sind noch gänzlich unbekannt, sodass wir nicht imstande sind, uns ein einwandfreies Bild seiner Wirkungsweise zu verschaffen.

Wir sind daher darauf angewiesen, die biologischen Vorgänge an einem künstlichen Schema zu erläutern, das ganz gewiss nicht mit den realen physikalischen und chemischen Vorgängen übereinstimmt.

Rufen wir uns jedoch die allgemeine Aufgabe der Biologie ins Gedächtnis, die darin besteht: den Plan und nicht den Inhalt der Lebensprozesse zu untersuchen, so wird uns unsere Unkenntnis der physikalischen Prozesse des Erregungsablaufes nicht allzu hinderlich sein. Wir sind zwar gezwungen, den Plan, der die realen Verhältnisse beherrscht, in einem anderen Vorstellungskreis darzustellen. Es wird aber nicht allzu schwierig sein, sobald die physikalisch-chemischen Verhältnisse genügend geklärt sind, den biologischen Plan in eine andere Sprache zu übersetzen.

Bis dahin bleibt uns kein anderer Weg offen, als die biologischen Erfahrungen in den Worten niederzulegen, die unseren geläufigen Anschauungen über die Eigenschaften eines Fluidums im allgemeinen entsprechen.

Wir werden daher annehmen, dass die Neurofibrillen sich wie Röhren verhalten, in denen das Fluidum eingeschlossen ist, und an diesem Fluidum werden wir ganz allgemein Menge und Druck zu unterscheiden haben.

Dieses ist dem auch unsere bisherige Ausdrucksweise gewesen, mit der wir auch fortfahren wollen, nachdem ihre Berechtigung aufgezeigt worden ist.

Wir greifen jetzt auf das allgemeine Gesetz des Erregungsablaufes zurück, demzufolge die Erregung immer dem gedehnten Muskel zufliesst, und fragen uns, wie vermag eine Gestaltsänderung des Muskels eine Verschiebung des Erregungsweges im Zentralnervensystem hervorzurufen?

Wenn wir dem Muskel eine wechselnde Kapazität für das Fluidum im allgemeinen zugeschrieben haben, so zeigt sich jetzt, dass die Dehnung des Muskels eine ansaugende Wirkung auf die Erregung ausübt. Es ist daher der Schluss berechtigt, dass der gedehnte Muskel eine grössere Kapazität für das Fluidum besitzt, als der verkürzte.

Diese Kapazitätsänderung im Muskel macht sich bis tief in das Zentralnervensystem hinein bemerkbar, indem sie auf das Fluidum oder die Erregung eine anziehende Wirkung ausübt.

Die beiden Worte Fluidum und Erregung sind keineswegs gleichbedeutend. Es ist daher an der Zeit, sich auch über den vielgebrauchten Begriff Erregung Rechenschaft abzulegen.

Der landläufige Begriff der Erregung ist streng genommen nur mit der Vorstellung eines stabilen Überträgers vereinbar. Er bezeichnet eine physikalische Bewegungsform dieses Überträgers, die sich über ihn hinweg fortsetzt, während der Überträger an Ort und Stelle verharret.

Auch an einem beweglichen Überträger könnten wellenartige Veränderungen ablaufen, ohne dass er selbst sich zu bewegen braucht. Solche Wellen dürfte man gleichfalls als Erregung bezeichnen.

Es fragt sich aber, ob solche Erregungswellen ohne Verschiebung des Überträgers überhaupt vorkommen.

Folgender Versuch gewährt uns in dieser Richtung Aufschluss.

Alle Muskeln eines normalen Sipunculus erschlaffen, sobald ihre Nerven durchschnitten werden. Reizt man dagegen vorher die Rezeptoren der Haut in grosser Ausdehnung, was bei diesem Wurm eine maximale Kontraktion aller Muskeln zur Folge hat, so ist die Durchschneidung des Nerven von dem entgegengesetzten Erfolg begleitet. Diejenigen Muskeln, die während der allgemeinen Muskelkontraktion vom Zentralnervensystem abgetrennt wurden, bleiben dauernd verkürzt, während alle anderen bald wieder ihre normale Länge annehmen.



Diese Tatsache weist darauf hin, dass beim normalen Reflex nicht bloss eine Übertragung von Erregungswellen, sondern auch eine Verschiebung des Überträgers stattgefunden hat, die sich bis in die peripheren Nerven hinein erstreckt und die nach Abtrennung des Nerven nicht mehr rückgängig gemacht werden kann (Tonusfang).

Dahingegen wissen wir, dass bei künstlicher, direkter Reizung des Nerven mit Induktionsströmen keine dauernde Verschiebung des Überträgers eintritt, da eine Durchschneidung des Nerven peripher von der Reizstelle sofortige Ruhe zur Folge hat.

Die Nervenreizung mit konstantem Strom erzeugt nach den Bethe'schen Untersuchungen eine den Reiz überdauernde Verschiebung des Überträgers.

Aus alledem ergibt sich, dass der Begriff einer Erregungswelle gar nicht genügend analysiert werden kann, weil der Begriff der Erregung selbst viel zu eng ist, um alle Vorgänge im Nervensystem zu umfassen.

Im Nervensystem kreist ein Fluidum, dessen Wellen sowohl Druck wie Menge besitzen. Es fragt sich, wie wir dieses Fluidum nennen sollen, das ausser den allgemeinen Eigenschaften, die jedem Fluidum zukommen, noch seine speziellen sehr charakteristischen Eigenschaften besitzt. Diese beruhen in einem Entstehen und Vergehen des Fluidums während des Lebens, wie wir sie bei Besprechung des Nerventonus kennen gelernt haben. Das Wort Tonus bezieht sich auf einen noch schwankenden Begriff und ist deshalb geeignet, als Bezeichnung für das Fluidum im Nerven und Muskel festgelegt zu werden.

Wir werden daher im folgenden den Begriff der Erregung, wie er bisher gebraucht wurde, völlig fallen lassen und mit dem Wort Erregung nur aussagen, dass im Nerven oder Muskel eine Änderung der Tonusverhältnisse irgend welcher Art eingetreten ist. Das Wort Fluidum können wir ganz fallen lassen, da sein Begriff durch das Wort Tonus völlig gedeckt wird.

Im folgenden soll demnach von Tonusmenge, Tonusdruck, Tonuserzeugung und Tonusverbrauch die Rede sein.

Im Nerven war nur von Tonusbewegung die Rede; weder Erzeugung noch Verbrauch kam hier in Frage. Dementsprechend hat auch die intensivste und lang dauerndste Reizung der Nerven mit Induktionsschlägen keine Ermüdung des Nerven zur Folge.

## Das zentrale Netz und die Repräsentanten.

Die Leistungen der einzelnen zentralen Apparate lassen sich nur mit Hilfe der Analyse aus den Gesamtleistungen des Tieres isolieren und bis zu einem gewissen Grade von einander abgrenzen. Aber auch die beste Beschreibung der Leistungen eines Apparates ist noch lange keine Beschreibung des Apparates selbst. Und wenn wir uns zur Erleichterung der Beschreibung eines anschaulichen Bildes bedienen, so ist dieses Bild nicht als ein Abbild der tatsächlich vorhandenen Apparate zu betrachten, sondern bloss als ein Schema anzusehen, nach welchem wir die Einzelleistungen gruppieren. Ich habe bereits darauf aufmerksam gemacht, dass wir bei unserer Unkenntnis der wirklichen Vorgänge im Nervensystem uns damit begnügen müssen, die unbekannteren Vorgänge unter dem Bilde eines Röhrensystemes darzustellen, in dem ein Fluidum kreist, das wir Tonus nannten. Desgleichen werden wir die Leistungen der zentralen Apparate auf dieses Fluidum beziehen und die Apparate unter einem, diesem Fluidum entsprechenden, Bilde uns vorzustellen suchen.

Ein Tier, das aus lauter einzelnen Reflexbögen bestünde, würde alle nervösen Zentralapparate entbehren können, da der Nerv die vom Rezeptor empfangene Erregung ohne weiteres dem richtigen Effektor, mit dem er allein in Verbindung steht, zutragen müsste.

Ein so gebautes zentrenfreies Tier ist nicht bekannt. Nach unseren Erfahrungen schiebt sich immer ein Netz zentraler Bahnen in den einfachen Verbindungsweg Rezeptor—Effektor ein und bildet durch seine reichen Verzweigungen eine bequeme Kommunikation all dieser Verbindungswege untereinander.

Durch diese Einschlebung zentraler Verbindungswege wird jeder Nerv, der einen Rezeptor mit einem Effektor verbindet, in zwei Hälften geteilt: in einen zentripetalen und einen zentrifugalen Nerven.

Das zentrale Netz bietet der Erregung die Möglichkeit, von einem jeden Rezeptor zu allen Effektoren zu gelangen.

Dies muss uns nach unseren persönlichen Erfahrungen als ein Rückschritt erscheinen, denn damit geht der Erregung das Ziel verloren, dem sie sonst auf einer isolierten Bahn mit Sicherheit zugeeilt wäre. Es wäre für uns eine unangenehme Überraschung, wenn wir beim Ergreifen eines Gegenstandes, statt eine wohlgeordnete Handlung mit einzelnen Muskeln zu vollführen, mit Händen und Füßen zugleich zappeln müssten, weil die Erregung nicht ihr Ziel trüfe, sondern überall herumvagierte.

Aber wir besitzen ein hochkompliziertes Nervensystem, das sich erst allmählich aus einem einfachen Nervennetz heraus differenziert hat. Und die Ansprüche, die wir an unser Nervensystem stellen, dürfen wir nicht bei den einfachen Nervennetzen niederer Tiere in Rechnung bringen. Vor allem ist die Vorstellung eines Zieles für die Erregung fallen zu lassen. Sie hat bei einfachen Nervennetzen gar keinen Sinn. Nicht ein bestimmter Muskel, der auf einen äusseren Reiz hin in Aktion trat, war von vornherein das Ziel der Erregung gewesen, sondern die Eigenschaften dieses Muskels waren die Ursache dafür, dass die Erregung gerade zu ihm und zu keinem anderen Muskel hinfluss.

Um diese fundamentale Umwälzung der Begriffe über Erregung, die uns von Kindesbeinen an geläufig ist, mitmachen zu können, muss man sich ins Gedächtnis zurückrufen, welchen Rang die Muskeln im Organismus eines jeden Körpers einnehmen.

Die Muskeln sind, wie wir sahen, sehr selbständige Maschinenteile des Körpers, die aus eigenen Mitteln die nötige Energie aufbringen, um die mechanische Arbeit zu leisten, welche sich in der Verkürzung und Sperrung äussert.

Bisher nahm man an, dass die Energie im Muskel auf Anregung der Erregung im Muskel frei würde und dass die Muskel-erregung durch die Nervenerregung erzeugt sei.

Durch die Wiedereinführung der Vorstellung eines Fluidums vereinfacht sich die Sachlage ungemein, da wir jetzt sowohl für die Energie wie für die Erregung im Muskel das Fluidum setzen können, das wir Muskeltonus nannten.

Wir haben dementsprechend auf der einen Seite den Muskeltonus und auf der anderen Seite den Nerventonus, die sich gegenseitig beeinflussen.

Der Modus dieser gegenseitigen Beeinflussung zweier Fluida erhält dadurch sein charakteristisches Gepräge, dass der Muskel eine Maschine ist, die ihr Fluidum verbrennt, während der Nerv ein blosser Überträger seines Fluidums ist.

Hat der Muskel sein Fluidum aufgezehrt, so stellt sich in ihm das Bedürfnis nach Neuproduktion seines Fluidums ein. Diesem Bedürfnis kann aber nur durch eine entsprechende Steigerung des Nervenfluidums abgeholfen werden, weil die Produktion des Muskelfluidums nie selbständig eintritt. Eine Steigerung des Nervenfluidums kann aber nur durch Nachströmen des Fluidums aus dem allgemeinen zentralen Netz eintreten. Es läuft also alles darauf hinaus,

dass das Bedürfnis des Muskels sich bis ins zentrale Netz hinein fühlbar mache.

Von diesem Gesichtspunkt aus stellt sich das zentrale Netz als ein grosses Tonus-Reservoir dar, aus dem ein jeder Muskel mittels seines Nerven, das für ihn momentan nötige Quantum von Tonus abzapft.

Trifft von einem Receptor herstammend eine neue Tonuswelle im Netz ein, so findet sie nicht ein indifferentes Ausbreitungsgebiet vor, sondern sie erhält sofort eine bis ins kleinste ausgeführte Marschroute.

Von dieser allgemeinen Vorstellung lassen sich ohne Schwierigkeit die Gesetze ableiten, die die Regulierung der Muskelarbeit beherrschen.

Wir betrachten zuerst die Muskelverkürzung. Auch bei einem ruhenden Tiere, dessen Sperrapparate alle gleichmässig ausgeschaltet sind, sind die Muskeln niemals gleich lang. Infolge dessen sind einige Verkürzungsapparate für den neu hinzutretenden Tonus empfänglicher als die anderen. Damit ist bereits der erste Grund gelegt für das Eintreten einer geordneten Bewegung, sobald sich neuer Tonus durch das zentrale Netz ergiesst, denn es fliesst nach dem allgemeinen Gesetz der Tonus immer den gedehnten Muskeln zu. Und wenn nun infolge des anatomischen Baues des Tieres durch die Verkürzung der ursprünglich gedehnten Muskeln andere Muskeln gedehnt werden, so ist damit bereits die Ursache des nun eintretenden Rhythmus aufgezeigt.

Die Muskeln wirken bei ihren rhythmischen Arbeiten wie ein Pumpwerk auf den Tonus in ihren Nerven, den sie bei der Dehnung ansaugen und bei der Verkürzung abstossen. Da der Nerventonus seinerseits die Produktion des Muskeltonus anregt und aufhebt, so ist hierdurch eine sehr vollkommene automatische Selbstregulierung geschaffen.

Während der Tonus in den Nervenröhren durch die Pumpwirkung der Muskeln hin- und hergeht, tritt im zentralen Netz ein entsprechendes Hinundherfliessen des Tonus ein, das sich in jenen Maschen des zentralen Netzes abspielt, die die nächste Verbindung der tätigen Muskelnerven ausmachen. Bald werden beim Hinundherfliessen die gleichen Bahnen benutzt werden, bald wird ein Kreisen eintreten können, wobei der Tonusstrom auf dem Hinweg andere Bahnen benutzt als auf dem Herweg. Letzteres wird immer dann der Fall sein, wenn es sich um ein rhythmisches Arbeiten zahlreicher Gruppen von Muskeln handelt. Dann versorgt der kreisende Tonusstrom immer neue Muskelnerven mit frischem Fluidum, während er

im gleichen Rhythmus aus anderen Muskelnerven, die das Fluidum zurückstossen, neuen Zufluss erhält.

Die Regulierung der Sperrapparate in den Muskeln bereitet dem Verständnis etwas grössere Schwierigkeiten.

Wohl wissen wir, dass in allen extremen Fällen, nach besonders starkem Reiz der Muskel des normalen Tieres sich unter allen Umständen verkürzt, mag er eine geringe oder eine schwere Last tragen.

Nimmt man aus früher erörterten Gründen den Tonusdruck als Ursache der Sperrung an, so kann man die in den Nerven einbrechende hohe Tonuswelle allein, ohne Inanspruchnahme besonderer Organe für die ausreichende Produktion von Tonusmenge und Tonusdruck verantwortlich machen. Wie das auch bei künstlicher Reizung des Muskelnerven der Fall ist.

In den extremen Fällen genügt daher die Annahme eines einfachen zentralen Netzes.

Sie bilden aber nicht die Regel. In der Norm zeigt jeder Muskel eines unverletzten Tieres, mag er bewegt oder unbewegt sein, immer nur so viel Sperrung, als die ihm momentan angehängte Last beansprucht.

Diese Regulierung der Sperrapparate durch die Last geschieht nur so lange, als der Muskel mit dem zentralen Netz in Verbindung steht.

Es fragt sich, ob wir ein allen gemeinsames Organ, wie es das zentrale Netz ist, für so spezielle Leistungen in Anspruch nehmen dürfen, oder ob sich für die speziellen Leistungen spezielle Organe vorfinden?

Der Versuch entscheidet in allen Fällen für das Vorhandensein spezieller Organe. Denn die Regulierung der Sperrapparate durch die Last ist nicht abhängig von der Integrität des zentralen Netzes. Sie ist die Funktion eines minimalen Teiles des Nervensystemes, der sich unmittelbar am Eintritt des Muskelnerven befindet.

Hart an der Eintrittsstelle des Muskelnervs in das zentrale Netz findet sich ein Organ, das man den Kopf des Muskels nennen könnte. So lange dieser Kopf noch vorhanden ist, ist der Muskel noch ein vollwertiges Organ, der auf Reiz sowohl erschlaffen, wie sich kontrahieren kann, der Sperrapparate und Verkürzungsapparate getrennt spielen lassen kann und der die Sperrung genau der Last entsprechend einzustellen, versteht. Mit seinem Kopf ragt der Muskel bis ins Zentralnervensystem hinein und dieser vermag daselbst in seiner Sprache die Bedürfnisse des Muskels zur Geltung zu bringen.

Weil das an der Eintrittsstelle des Muskelnerven gelegene Organ die Aufgabe hat, die Bedürfnisse seines Gefolgs Muskels dem übrigen Zentralnervensystem gegenüber zu repräsentieren, so habe ich ihm den Namen «Repräsentant» gegeben.

Ein Muskel, der von seinem Repräsentanten abgetrennt wurde, hat in Wahrheit seinen Kopf verloren. Er der zugleich das empfindsamste und selbständigste Organ des Körpers war — der die heterogensten Ansprüche, die von der äusseren Last und der inneren Erregung dauernd an ihn herantraten, immer in Einklang zu bringen verstand — er sinkt jetzt zu diesem stumpfen, bewegungslosen Torso herab, das wir ein Nervenmuskelpräparat nennen. Durch unsere rohen und undifferenzierten Reizmittel lässt er sich für kurze Zeit seiner Lethargie entreissen, zum Leben kommt er nicht mehr.

Versuchen wir uns über die merkwürdige Fähigkeit des Muskels: Last und Erregung in Einklang zu bringen, Rechenschaft abzulegen, so erschen wir aus den einfachsten Tatsachen, dass es sich um eine von der Last ausgehende Wirkung handelt, die vom Muskel mit einer entsprechenden Gegenwirkung beantwortet wird, nachdem ihm vom Repräsentanten die richtige Anweisung erteilt worden ist. Diese Anweisung kann aber der Repräsentant dem Muskel nur dann zu Teil werden lassen, wenn er selbst über die Schwere der Last in irgend einer Form unterrichtet worden ist.

Ohne irgend welche Voraussetzungen über das Wesen dieses inneren Zusammenhangs zu machen, lässt sich das Vorhandensein einer Kette von Ursachen und Wirkungen feststellen, die folgenden Weg nimmt: Last — Muskel — Nerv — Repräsentant — Nerv — Muskel — Last.

Die Vorstellung eines Nervenfluidums gestattet uns diesen Zusammenhang im Nervensystem im Bilde anschaulich zu verfolgen.

Als Ausgangspunkt diene ein ruhender und gedehnter Muskel. In seinen Nerven sei eine Tonuswelle eingetreten, die den Muskel zu einer entsprechenden Produktion von Tonusmenge und Tonusdruck veranlasst. Die Tonusmenge beginnt die Verkürzungsapparate zu speisen und der Muskel würde sich verkürzen, wenn er nicht eine Last trüge, die nur mit Hilfe der Sperrapparate gehoben werden kann. Infolge davon werden die Verkürzungsapparate in ihrer Tätigkeit gehemmt, obgleich genügende Mengen von Tonus zur Verfügung stehen. Hierdurch muss in irgend einer Form eine Beeinflussung der Sperrapparate eintreten, die sie veranlasst den vorhandenen Tonusdruck an sich zu ziehen und ihre Tätigkeit zu entfalten.

In unserem speziellen Falle stellt sich nun heraus, dass der im Muskel vorhandene Tonusdruck nicht genügt, um ein so schweres Gewicht zu sperren. Wohl brauchen die Sperrapparate den gesamten vorhandenen Tonusdruck auf — aber es genügt nicht, die Last ist zu schwer.

Der durch die Sperrapparate verursachte Verbrauch des Tonusdruckes im Muskel äussert seine Rückwirkung auf den Tonus im Muskelnerven. Es tritt ein Fallen des Druckes im Nerventonus ein, das sich bis in das zentrale Netz bemerkbar macht. Da aber im zentralen Netz gleichfalls ein niedriger Tonusdruck herrscht, so ist auch dieses nicht imstande, den von den Sperrapparaten geforderten hohen Druck zu liefern.

Hier springen die Repräsentanten ein und erzeugen durch Kompression des Nerventonus den notwendig gewordenen hohen Druck.

So weit ist die Anwendung des Bildes eines Fluidums bloss eine etwas schwerfällige Umschreibung der Tatsachen, die ebenso gut unterbleiben könnte. Im Moment aber, da die Repräsentanten eintreten, gibt uns das angewandte Bild eine ebenso präzise, wie anschauliche Antwort, die uns mit einem Schlage den weitesten Ausblick über die Vorgänge im Nervensystem eröffnet.

Die Repräsentanten sind nach dem Tonusschema Organe, die Tonusmenge in Tonusdruck verwandeln.

Wir können uns die Repräsentanten nach der Analogie einfacher Herzen anschaulich machen. Nur entnehmen die Tonusherzen die Energie, deren sie bei ihrer Kontraktion bedürfen, direkt ihrem Inhalte. Sie verbrennen demnach einen Teil ihrer Tonusmenge bei ihrer Kontraktion und erteilen durch die Kontraktion dem übrigen Rest an Tonusmenge einen höheren Druck. Durch die Kontraktion steigt der Binnendruck im Tonusherzen und leistet der Kontraktion einen stetig anwachsenden Widerstand, bis sich Kontraktion und Binnendruck die Wage halten.

Auf Grund dieses Bildes definieren wir die Repräsentanten genauer als Organe, die so lange Tonusmenge in Tonusdruck verwandeln bis ein labiles Gleichgewicht zwischen Kontraktionskraft und Binnendruck erreicht ist.

Man werfe mir nicht ein, dass dies müssige Spekulationen sind, denn noch habe ich mit der Darlegung von zwei fundamentalen Tatsachen zurückgehalten, die sich direkt widersprechen und nur durch Heranziehung der Repräsentanten in einen leidlichen Zusammenhang gebracht werden können.

Diese Tatsachen bestehen in folgendem. Jeder belastete und dauernd kontrahierte Muskel eines normalen Tieres kann auf zweierlei Weise zur Erschlaffung gebracht werden:

1. indem man ihm eine neue Last anhängt und
2. indem man ihm die eigene Last abhängt (Unterstützungs-  
hemmung).

So lange der Muskel mit seinem Repräsentanten in Verbindung bleibt, vermag man durch 2 entgegengesetzte Eingriffe in die Muskel-tätigkeit das gleiche Resultat zu erzielen. Diese Erfahrung wirkt anfangs so überwältigend, dass man jeden Versuch einer Erklärung für aussichtslos hält.

Erst die Erinnerung, dass jeder Muskel zwei Apparate besitzt, die von zwei verschiedenen Energiearten gespeist werden, obgleich sie einer einheitlichen Quelle entstammen, zeigt uns die Möglichkeit eines Ausweges.

Um frei von Hypothesen zu bleiben, nennen wir die Energie, die die Verkürzungsapparate treibt — Verkürzungsenergie und die Energie, die die Sperrapparate speist — Sperrenergie.

Bei der Mehrbelastung eines normalen Muskels können die Sperrapparate die neue Last nicht tragen, und infolgedessen werden die Verkürzungsapparate plötzlich gedehnt. Es entsteht vor allen Dingen ein Bedarf nach neuer Verkürzungsenergie, der sich bis ins Zentrum hinein kund gibt.

Bei der Entlastung dagegen wird bloss die Sperrenergie frei, da die Sperrapparate nicht mehr in Anspruch genommen sind.

Im Zentrum haben wir die indirekte Quelle beider Energiearten zu erblicken.

Hat im Zentrum die Steigerung der Sperrenergie die gleiche Wirkung wie die Abnahme der Verkürzungsenergie — so folgt daraus, dass im Zentrum eine Umwandlung von Verkürzungsenergie in Sperr-energie vor sich geht.

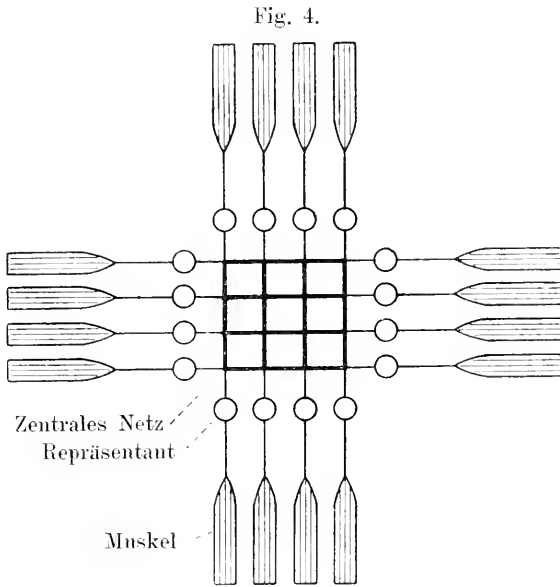
Denn nur im Falle der Verwandlung einer Energieart in die andere kann die Zunahme der einen Energieart im gleichen Sinne wirken wie die Abnahme der anderen.

Es ist für einen Verwandlungsprozess gleichgültig, ob ich die zu verwandelnde Energieart herabsetze oder die verwandelte steigere. In jedem Falle wird der Verwandlungsprozess herabgesetzt — vorausgesetzt, dass die Anhäufung des Verwandlungsproduktes den Verwandlungsprozess selbst direkt oder indirekt behindert.



Einen solchen Verwandlungsprozess führt uns, wie wir sahen, die Kontraktion der Repräsentanten anschaulich vor Augen. Ein Teil der Tonusmenge wird dazu benutzt, um die Kontraktionsenergie zu liefern, die den Binnendruck der unverwandten Tonusmenge steigert, welcher seinerseits der Kontraktion entgegenwirkt.

In einem Repräsentanten wird sowohl eine Entziehung der Tonusmenge wie eine Steigerung des Tonusdruckes für sich allein ein Nachlassen der Kontraktion und ein Erschlaffen des Organes zur Folge haben, weil in beiden Fällen das Gleichgewicht zu Ungunsten der kontrahierenden Kraft gestört wird und der Binnendruck die Wände des Tonusherzens auseinander treiben muss.



Da wir stets die Verkürzungsenergie des Muskels = der Tonusmenge und die Sperrenergie = dem Tonusdruck gesetzt haben, so liefert das Repräsentantenschema in der Tat das anschauliche Analogon des theoretisch geforderten Umwandlungsprozesses.

Durch die Einführung des Repräsentanten in das allgemeine Schema des Nervensystems ist uns die Möglichkeit geboten, den Grundtypus eines jeden Zentralnervensystems anschaulich vorzuführen.

Die obenstehende Abbildung (Fig. 4) zeigt uns ein einfaches Nervenetz. Ringsum sitzen ihm die Muskelnerven an, die nahe ihrer Eintrittsstelle ihren Repräsentanten tragen. Vom Repräsentanten führt der Nerv direkt zum Muskel.

Nach unserer Auffassung ist das zentrale Netz ein Reservoir, aus dem sich die Muskeln nach Bedarf den nötigen Tonus holen. Die spezielle Regulierung dieser Tonusentnahme liegt den Repräsentanten ob.

So ist es uns gelungen einen Blick zu tun in die inneren Regulierungsapparate, die es bewirken, dass der Muskel die Belastung mit Sperrung und die Dehnung mit Verkürzung zu beantworten vermag.

Es fragt sich nun, ob das einfache Schema des Nervensystems ausreicht, um den Anforderungen gerecht zu werden, die von den Muskeln im Lauf des Lebens an ein jedes Nervensystem gestellt werden. Die Ansprüche der Muskeln an das Nervensystem sind ihrerseits entsprungen aus den Anforderungen, die an die Muskeln gestellt werden.

Die beiden Hauptforderungen, die an alle Körpermuskeln im Lauf des Lebens gestellt werden, bestehen darin: die Last des eigenen Körpers

1. während der Untätigkeit zu tragen,
2. während der Tätigkeit tragend zu bewegen.

Da es eine ideale Ruhelage nicht gibt, in der alle Muskeln entlastet sind, dafür aber während der Untätigkeit verschiedene relative Ruhelagen eingenommen werden, so sind die einzelnen Muskeln gezwungen, bald gesperrt zu bleiben, bald in Erschlaffung zu verharren. Das Maß der Sperrung entspricht jedesmal genau dem Gewichte der Last. Daraus ergibt sich, dass bereits während der Untätigkeit von jedem Muskel eine Sperrenergie gefordert wird, die entstehen und verschwinden kann, nach Maßgabe der jedesmal angehängten Last.

Unser Schema entspricht dieser Anforderung, indem es jedem Muskel einen Repräsentanten zuerkennt, der durch seine Kontraktion die Sperrenergie, d. h. den Tonusdruck liefert und bei seiner Erschlaffung den Tonusdruck verschwinden lässt.

Die Regulierung durch die Last geschieht dem Schema entsprechend in der Weise, dass fortdauernd (so lange noch Tonusmenge vorhanden), so viel Tonusdruck im Repräsentanten erzeugt wird, als es das Fallen oder Steigen des Binnendruckes ermöglicht. Das Fallen oder Steigen des Binnendruckes steht aber in indirekter Abhängigkeit von der äusseren Last, welche die Sperrapparate bald mehr bald weniger in Anspruch nimmt, wobei bald weniger bald mehr Tonusdruck frei wird. Von diesem wird der Binnendruck im Repräsentanten bestimmt.

Es entspricht demnach das Schema dem ersten fundamentalen Anspruch — des Lebens an die Muskeln — nicht mehr und nicht weniger Sperrenergie zu besitzen, als die Last es erfordert.

Die zweite Hauptforderung an die Muskeln lautete: die Last des eigenen Körpers während der Tätigkeit tragend zu bewegen. Wir haben bei Besprechung der Muskel-tätigkeit gesehen, dass bei allen Tieren, die ihren Körper auf Beinen tragen, diese Tätigkeit in zwei getrennte Aufgaben zerfällt, nämlich den Körper vor dem Herabfallen von den Beinen und vor dem Umfallen mit den Beinen zu bewahren.

Es darf aber nicht vergessen werden, dass alle Tiere ohne Ausnahme bei Ausführung ihrer Ortsbewegung von einer oder der anderen dieser beiden Gefahren stetig bedroht sind, denn der Schwerpunkt eines jeden Körpers wird stets nach dem Erdmittelpunkt streben.

Nun sind alle Tiere so gebaut, dass ihre Körpermuskeln bei ihrer Verkürzung stets gegen einen Antagonisten wirken. Dieser mag in einem anderen Muskel oder in einem elastischen Widerstand irgend welcher Art bestehen. Durch diese Anordnung der Muskeln wird das Entstehen einer jeden Muskelaktion zugleich zur Ursache ihres Vergehens. Durch jede Muskelkontraktion wird entweder eine Gegenkraft im elastischen Widerstand geweckt oder eine Dehnung der Antagonisten-Muskeln veranlasst. Die gedehnten Muskeln aber saugen den Tonus an sich, während die kontrahierten Muskeln ihn in das zentrale Netz zurückwerfen.

Wir haben oben ausgeführt, wie hieraus ein Kreisen des Tonus im zentralen Netz entsteht.

Während dieses Kreisen des Tonus im zentralen Netz vor sich geht, wird durch die rhythmische Muskel-tätigkeit der Körper des Tieres fortbewegt. Dabei gerät er in die Gefahr des Umfallens oder Herabfallens, weil sein Schwerpunkt nach dem Erdmittelpunkt strebt. Durch das Schwanken der Körperlast nach der einen Seite werden die Muskeln der anderen Seite entweder gesperrt und verhindern das Herabfallen oder sie werden gedehnt. Dann reißen sie den Tonus an sich, verkürzen sich und verlegen dabei den Schwerpunkt des Körpers nach ihrer Seite, wodurch das Umfallen verhindert wird.

Dieses führt bei manchen Tieren zu einem doppelten Rhythmus bei der Lokomotion. Wir kennen bereits den Rhythmus der Gliedmaßen, der auf der wechselseitigen Dehnung der Antagonisten beruht und lernen nun einen zweiten Rhythmus kennen, der durch das

Hin- und Herschwanken der Körperlast hervorgerufen wird. Man kann daher von einem freien und einem belasteten Rhythmus sprechen.

Beim freien Rhythmus spielen nur die Verkürzungsapparate, beim belasteten Rhythmus die Verkürzungsapparate und Sperrapparate zusammen mit.

Selten werden diese beiden Rhythmen im gleichen Tier unabhängig nebeneinander ablaufen können. Meistens werden einige Muskeln von beiden Bewegungen gleichzeitig in Anspruch genommen werden. Dadurch allein und auch durch die direkte gegenseitige Beeinflussung der Strömungen im Nervennetz werden beide Rhythmen zu einem einzigen reicher variierten Rhythmus zusammenschmelzen.

Der ausschlaggebende Teil ist dabei der belastete Rhythmus, der seine Intervalle den Pendelschwingungen der Körperlast verdankt.

Durch das Mitspielen der Sperrapparate beim belasteten Rhythmus, die durch ihren dauernden Widerstand das volle Ausschlagen dämpfen, wird ein allmähliches Abklingen des Gesamtrhythmus eintreten und der Übergang in eine durch die Organisation gegebene relative Ruhestellung bewirkt.

Aus alledem ergibt sich, dass die Rolle des zentralen Netzes eine fast ausschliesslich passive ist.

Richtung, Dauer, Art und Rhythmus einer Bewegung verdanken ihre Eigenart lauter peripheren Faktoren.

Die Richtung einer Ortsbewegung wird zum Teil bestimmt von der Einbruchsstelle der neuen Tonuswelle in das zentrale Netz, weil immer die nächsten Muskeln zuerst ergriffen werden. Die Einbruchsstelle ist aber nichts anderes als die Eintrittsstelle des zentripetalen Nerven in das Netz. Der zentripetale Nerv verdankt seine Erregung wiederum seinem Rezeptor. Der zweite, die Bewegungsrichtung bestimmende Faktor ist die Stellung der Muskeln, weil die gedehnten Muskeln den Tonus ansaugen.

Die Dauer einer Bewegung hängt von der Grösse der Tonuswelle ab und diese ist wiederum bestimmt durch die Stärke des Aussenreizes und die Bauart des Rezeptors.

Art und Rhythmus der Bewegung hängt wesentlich vom Muskel- und Knochenbau und dem Gewicht des Körpers ab. Demgegenüber tritt die gegenseitige Beeinflussung der Tonusströme im zentralen Netz sehr in den Hintergrund. (Nur bei den Schlangensterne spielt das Aneinanderprallen der Ströme im Netz eine entscheidende Rolle.)

Es ist also im ganzen unzweifelhaft richtig, dass dem zentralen Netz im wesentlichen die Rolle eines Tonusreservoirs zukommt, aus dem jeder Muskel das entnimmt, was er braucht.

Auf einen Umstand sei noch ausdrücklich hingewiesen, weil er leicht Anlass zu Misverständnissen gibt. Das, was wir biologisch als zentrales Netz ansprechen, hat oft gar nichts gemein mit dem anatomisch als Zentralnervensystem definierten Gebilde. Da das zentrale Netz nach biologischer Auffassung das verbindende Organ der Repräsentanten ist, vermag es sich sehr wohl bis in sogenannte periphere Nerven hinein zu erstrecken, wenn die Repräsentanten nahe den Muskeln sitzen geblieben sind.

Ganz analog dem zentralen Netz der Stammesmuskeln verhalten sich die zentralen Netze der muskulösen Eingeweide (Darm, Herz etc.).

### **Die ersten Differenzierungen im zentralen Netz.**

Sehr früh zeigen sich im zentralen Netz die ersten Andeutungen einer Gliederung. Einige Bahnen fließen zusammen und sondern sich von den anderen. Auf diese Weise werden bestimmte Muskelgruppen in engere nervöse Verbindung gebracht und ihr gemeinsames Arbeiten erleichtert.

Beim Zustandekommen derartiger Verbindungswege sind nur funktionelle Gründe maßgebend. Bald sind es alle Muskeln der gleichen Seite, die sich zusammenschließen, weil sie bei den Bewegungen des Tieres gleichzeitig in Funktion treten. Bald schliessen sich alle Längsmuskeln für sich und alle Ringmuskeln für sich durch die nervösen Verbindungen zu höheren Einheiten zusammen. Das geschieht immer dann, wenn die gesamte Längsmuskulatur der Ringmuskulatur als geschlossenes Organ mit einheitlicher Tätigkeit gegenübersteht.

In solchen abgeschlossenen Bahnen herrschen dann die gleichen Verhältnisse wie im ursprünglichen Netz. Oder es treten neue Einrichtungen hinzu, die dem Tonus nur in einer bestimmten Richtung zu fließen gestatten. Wir stellen uns diese Einrichtungen nach Analogie von Ventilen vor, die ein Fluidum nur in einer Richtung passieren lassen.

Solche Ventile zeigen bisweilen eine Koppelung mit Ventilen anderer Bahnen. Dadurch wird im passenden Moment ein wirksamer Verschluss einer fremden Bahn erreicht.

Verbindet die Koppelung ein Ventil mit den Repräsentanten bestimmter Muskeln, so tritt das ein, was ich Reflexführung nenne, d. h. der normale Ablauf einer Bewegungsfolge wird an einer Stelle von der Ausführung einer besonders lebenswichtigen Bewegung ganz speziell abhängig gemacht. So tritt bei den Blutegehn die Erschlaffung der Körpermuskulatur beim Gehen immer nur dann ein, wenn die Saugnäpfe in die konkave Form umschlagen und dabei im zentralen Netz dem Tonusstrom neue Bahnen öffnen.

Eine sehr verbreitete Erscheinung ist das Auftreten des Tonustales. Sie besteht darin, dass alle Tonuswellen, sie mögen herkommen, woher sie wollen, sobald sie in das zentrale Netz eingebrochen sind, immer in einer bestimmten Richtung und nach einem bestimmten Orte abfließen. Meist befindet sich das Tonustal am Vorderende des Tieres und das hat zur Folge, dass alle Reize, welche Stelle des Körpers sie treffen mögen, mit einer Bewegung des Kopfes beantwortet werden. Das Tonustal ist aber nicht an das Vorderende gebunden, wie schon der Sipunculus beweist, der alle Hautreize mit der Kontraktion einer Muskelpartie beantwortet, die im zweiten Drittel seines Hautmuskelschlauches gelegen ist.

Charakteristisch für das Vorhandensein eines Tonustales ist der Umstand, dass die Durchschneidung der Bahnen die Tonuswellen zur Entgleisung in die vor der Schnittstelle gelegenen Muskeln zwingt. Oft ist dieser Eingriff das einzige Mittel, die Reaktion bestimmter Muskelgruppen vor Augen zu führen, weil der Tonus sich sonst verläuft.

Es ist noch zu früh, um über die Ursachen des Tonustales Vermutungen auszusprechen. Man muss sich vorerst mit der Darlegung der Tatsache begnügen.

### **Die Differenzierung der Repräsentanten.**

Wir haben gesehen, dass es vor allem eine Eigenschaft ist, die jeden Repräsentanten charakterisiert, das ist die Eigentümlichkeit, sowohl Abnahme an Tonusmenge wie Zunahme von Tonusdruck in gleicher Weise durch Erschlaffung zu beantworten. Wir dürfen erwarten, dass sich diese Eigenschaft offenbare, auch wenn die Einwirkung nicht vom Muskel aus, sondern vom zentralen Netz aus geschieht.

So ist es auch in der Tat. Der Sipunculus liefert uns hierfür den besten Beweis. Der Sipunculus besitzt, wie bereits

erwähnt wurde, ein Tonustal im zweiten Drittel seines Hautmuskelschlauches. Dort werden alle Reize, die die Haut treffen, mit einer Kontraktion beantwortet. Ausserdem tritt aber im Muskelbezirk, der der Reizstelle benachbart ist, eine deutliche Erschlaffung ein. Diese Erschlaffung, die auch eine Folge der neuentstandenen Tonuswelle ist, kann nur ihre Ursache im plötzlich auftretenden Tonusdruck haben, da die Menge dem Tonustal zueilt. Wird die Tonuswelle nahe der Reizstelle zur Entgleisung gebracht, so tritt keine Erschlaffung sondern eine Kontraktion im benachbarten Muskelbezirk ein, als Beweis dafür, dass jetzt die Repräsentanten genügende Tonusmenge erhalten haben, um den Binnendruck zu überwinden, während vorher, bei ihrer Erschlaffung, bloss ihr Binnendruck gesteigert wurde ohne die entsprechende Zufuhr an Tonusmenge.

Ich nenne diese Erscheinung die Reflexumkehr auf Entgleisung und stelle ihr die Reflexumkehr auf Reizsteigerung an die Seite, welche ich gleichfalls auf dieselbe Eigenschaft der Repräsentanten zurückführe. Die Reflexumkehr auf Reizsteigerung lässt sich am reinsten an der Stachelmuskulatur gewisser Seeigel demonstrieren. Reizt man die Haut mit schwachen Reizen, so tritt in den von der Erregung getroffenen Muskeln Kontraktion ein (schwache Reflexform). Benutzt man stärkere Reize, so schlägt an einem gewissen Punkt die Kontraktion in Erschlaffung um (starke Reflexform).

Dieses überraschende Ergebnis verliert an Fremdartigkeit, wenn man sich vergegenwärtigt, dass jede Tonuswelle aus zwei Faktoren, Tonusmenge und Tonusdruck, besteht, die je nach dem Verhältnis, in dem sie zu einander stehen, den entgegengesetzten Effekt auf die Repräsentanten ausüben können. Überwiegt, wie wir annehmen, beim schwachen Reiz die Tonusmenge, so kontrahieren sich die Repräsentanten und ihre Gefolgs-muskeln. Überwiegt aber bei starkem Reiz in der Tonuswelle der Tonusdruck über die Menge, so wird dem Binnendruck im Repräsentanten das Übergewicht verliehen und Erschlaffung ist die Folge.

Dass die Reflexumkehr bei nah verwandten Formen nicht eintritt und immer nur Kontraktion die Folge jeder Reizung ist, schiebe ich auf Unterschiede in den Reizbarkeitsverhältnissen der Rezeptoren, die sich auch anderweitig nachweisen lassen.

Setzen wir in einem Repräsentanten durch Dehnung eines Gefolgs-muskels die Tonusmenge herab, so saugt er, wie bekannt, den

Tonus aus seiner Nachbarschaft an. Besteht die Nachbarschaft aus anderen Repräsentanten, so wird auch in ihnen ein Tonusfall eintreten, der ihre Gefolgs Muskeln erschlaffen lässt. Diese Erscheinung wird um so deutlicher auftreten, je niedriger das Tonusniveau von Anfang an war. Ich nenne diese Erscheinung die Reflexverkettung.

Bisher liessen sich die angeführten Erscheinungen auf die normalen Eigenschaften eines jeden Repräsentanten zurückführen. Das ändert sich, wenn wir die Reflexspaltung ins Auge fassen.

Die Reflexspaltung ist an langgestreckten muskulösen Organen keine Seltenheit. Sie besteht darin, dass hart an der Reizstelle der Reflex sich spaltet, indem er in der einen Richtung Kontraktion, in der anderen Richtung Erschlaffung in den nächstgelegenen Muskeln hervorruft.

Die Richtungen, in denen bei der Reflexspaltung Kontraktion und Erschlaffung eintreten werden, sind immer von vornherein festgelegt und unabhängig von der Reizstärke und der Tonuswelle. Es muss daher die Reflexspaltung auf einer speziellen anatomischen Differenzierung beruhen.

Dem Tonusschema entsprechend führe ich die Reflexspaltung darauf zurück, dass die kurzen Verbindungsrohre der Repräsentanten nicht rechtwinklig, sondern schräg in die Hauptbahnen des zentralen Netzes münden. Entsteht in einer solchen zentralen Bahn irgendwo eine Tonuswelle, die nach beiden Seiten abfließt, so wird sie in der einen Richtung in die Verbindungsrohre hineinfließen und die Tonusmenge vermehren — in der anderen Richtung aber aus den Verbindungsrohren die Tonusmenge der Repräsentanten ansaugen, wie das aus nachstehender Abbildung (Fig. 5) unmittelbar hervorgeht. Die Folge ist Kontraktion auf der einen Seite und Erschlaffung auf der anderen Seite des Reizortes.

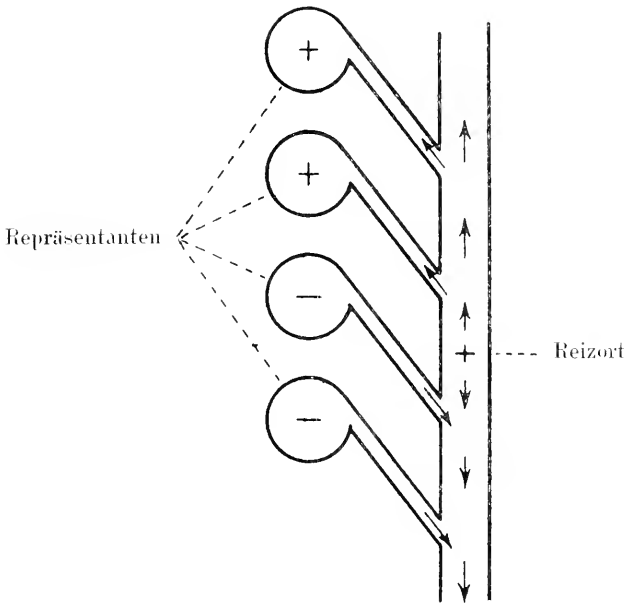
Die Erschlaffung bei der Reflexspaltung kann sehr intensiv werden und wird dann nicht selten zur Autotomie benutzt. Dabei reissen die Muskeln nahe der durch den fremden Angriff gefährdeten Stelle (dem Reizorte) durch und der Gegner behält bloss das Glied, anstatt des ganzen Tieres<sup>4)</sup>.

<sup>4)</sup> Dieser ursprünglichen Form der Autotomie durch Muskelerschlaffung steht die Autotomie durch Muskelverkürzung gegenüber, die bereits einen besonderen Apparat verlangt.



Neben der besprochenen Entstehungsweise des gewöhnlichen Bewegungsrhythmus durch den stets vorhandenen äusseren Antagonismus der Muskeln zeigt sich in einzelnen Fällen ein innerer Antagonismus, der die Muskeln aus Systemen, die keinen gegenseitigen Antagonismus aufweisen, zum rhythmischen Arbeiten zwingt.

Fig. 5.



Die Ursache dieses Rhythmus kann nur zentraler Natur sein. Dementsprechend nehme ich an, dass in diesem Falle die Repräsentanten der beiden Muskelsysteme derart miteinander verkoppelt sind, dass sie sich antagonistisch beeinflussen. Grobsinnlich ausgedrückt heisst das: nicht die Muskeln, sondern die Repräsentanten ziehen sich gegenseitig lang.

Ich neme dies Phänomen den Antagonismus der Repräsentanten.

Bei Besprechung der Wirkung des Schattenreizes hatte ich Gelegenheit, darauf hinzuweisen, dass gelegentlich im Zentralnervensystem Einrichtungen vorhanden sind, die zur Aufspeicherung von Erregung dienen und die daher mit Reservoiren verglichen werden können. Wir werden sie uns jetzt nach Analogie von Repräsentanten ohne Gefolgsmuskel vorstellen können.

## Paradoxe Repräsentanten.

An der Basis der Giftzangen gewisser Seeigel finden sich Muskeln, die gleich den Stachelmuskeln eine Umkehr des Reflexes auf Reizsteigerung zeigen. Nur tritt bei ihnen im Gegensatz zu den Stachelmuskeln die Erschlaffung auf schwachen Reiz ein, die Kontraktion aber auf starken Reiz.

Es müssen daher die Repräsentanten dieser Muskeln eine andere Bauart aufweisen, als alle übrigen Repräsentanten. Ich nenne sie deshalb paradoxe Repräsentanten, ohne auf die Bauart selbst näher einzugehen.

Ihr Vorkommen steht im Zusammenhang mit ganz besonderen biologischen Anforderungen.

Eine wahrhaft geniale Benutzung der paradoxen Repräsentanten findet sich aber an den Giftzangen von *Sphaerechinus*. Hier tragen die Öffner der Zangenglieder normale, die Schliesser dagegen paradoxe Repräsentanten. Infolge dessen öffnet sich die Zange auf jeden schwachen und schliesst sich auf jeden starken Reiz<sup>1)</sup>.

Identische Verhältnisse hat Biedermann bei der Krebssehene gefunden. Ihre Öffner kontrahieren sich auf schwachen Reiz und erschlaffen auf starken Reiz, während umgekehrt die Schliesser auf schwachen Reiz erschlaffen und auf starken Reiz sich kontrahieren. Ich halte mich angesichts dieser schlagenden Übereinstimmung (selbst auf die Gefahr hin, den Widerspruch Biedermann's zu erwecken) für berechtigt, die Krebssehene mit einem analogen Instrument eines anderen Wirbellosen zu vergleichen, anstatt bei den Hemmungsnerven der Wirbeltierherzen mein Heil zu versuchen.

Demnach rechne ich den peripheren Nerven der Krebssehene noch zum zentralen Netz und suche für die Öffner der Sehene nach normalen, für die Schliesser aber nach paradoxen Repräsentanten.

## Die Tonuserzeugung.

Die Muskel-tätigkeit ist vorläufig das einzige brauchbare Erkennungsmittel der gleichzeitigen Vorgänge im Nervensystem. Je weiter diese Vorgänge vom Muskel abliegen, je mehr andere Vorgänge sich dazwischen schieben, desto unsicherer wird unser Urteil.

<sup>1)</sup> Es findet sich bei ihnen noch eine besondere Versicherungsvorrichtung, die aber hier nicht in Betracht kommt.

Wenn es auch noch gelingt, sich in allgemeinen Zügen von den Leistungen der Repräsentanten und dem zentralen Netz Rechenschaft zu geben, so begegnet jede Forschung nach Apparaten, die jenseits der Repräsentanten und jenseits des Netzes liegen, fast unüberwindlichen Schwierigkeiten.

Bisher haben wir uns mit der Vorstellung begnügt, dass im zentralen Netz für gewöhnlich eine gewisse Tonusmenge vorhanden ist. Diese Tonusmenge steht bei einem ruhenden Tier unter einem gewissen gleichmäßigen Druck. Der Druck selbst wird von den Repräsentanten hervorgerufen, die dauernd Tonusmenge in Tonusdruck verwandeln.

Während der Tätigkeit entfaltet sich ein lebhaftes Strömen und Kreisen des Tonus im zentralen Netz, das ebenfalls durch die Tätigkeit der Repräsentanten unterhalten wird.

Die Repräsentanten stellen zur Erfüllung ihrer Aufgaben dauernde Ansprüche an die Tonusmenge, die ihre einzige Energiequelle bildet. So wird die Tonusmenge langsam verbraucht. Es lässt sich an günstigen Objekten direkt nachweisen, dass der Tonus verschwindet.

Der Ersatz stammt von den Rezeptoren her, deren Aufgabe es ist, jeden äusseren Reiz mit Erzeugung einer Tonuswelle zu beantworten. Ob diese Welle an sich bereits eine Neuerzeugung von Tonus bedeutet oder erst an anderer Stelle die Erzeugung frischer Tonusmengen veranlasst, ist nicht ohne weiteres zu entscheiden.

Die Schwierigkeit liegt in dem Umstand begründet, dass das Nervensystem überall reizbar ist, d. h. überall auf äusseren Reiz eine Tonuswelle entstehen kann. Ob aber diese Welle eine blosse Verschiebung des vorhandenen Tonus bedeutet oder in der Neuerzeugung von Tonus besteht, lässt sich mit unseren Methoden nicht unterscheiden. Daher beweist die vom Rezeptor übermittelte Reizung des peripheren Nervenendes noch nichts für eine wirkliche Tonuserzeugung.

Aus später ersichtlichen Gründen nehme ich an, dass die Tonuserzeugung in der Tat nicht an der Peripherie vor sich geht, sondern das Werk eines besonderen Apparates ist, den ich den Tonuserzeuger nenne und der seinen Sitz nahe der Einmündungsstelle des zentripetalen Nerven in das zentrale Netz hat.

Über den Prozess der Tonuserzeugung wissen wir nichts. Wir kennen nur das Resultat des Prozesses, die neue Tonuswelle, in der

die beiden Faktoren Menge und Druck in breitem Rahmen variieren können. Welcher Faktor im einzelnen Fall der überwiegende sein wird, hängt zum Teil von der Stärke des äusseren Reizes und vom Receptor, zum Teil aber auch von der Bauart des Tonuserzeugers ab.

Es liegen hier jedenfalls so verwickelte Verhältnisse vor, deren Faktoren wir nur andeutungsweise kennen, dass wir auf blosse Vermutungen angewiesen sind.

Wenn wir die Tonuserzeuger in das allgemeine Schema einfügen, so erhalten wir folgende Vorstellung eines einfachen Nervensystems: In der Mitte liegt das zentrale Netz. An dasselbe schliessen sich die von den Rezeptoren stammenden zentripetalen Nerven und die zu den Muskeln ziehenden zentrifugalen Nerven. Alle Nerven tragen nahe ihrer Mündung in das Netz einen besonderen Apparat. Die zentrifugalen Nerven tragen die Repräsentanten, die zentripetalen Nerven die Tonuserzeuger.

Jeder voll ausgebildete Reflexbogen enthält dementsprechend folgende Etappen: Receptor — Nerv — Tonuserzeuger — Netz — Repräsentant — Nerv — Effektor.

Nicht jeder Reflex durchläuft diesen vom Schema geforderten Reflexbogen, weil gelegentlich neben dem zentralen Netz noch ein peripheres Netz auftritt, das die Muskelfasern direkt untereinander verbindet. Da dieses periphere Netz durch besondere Bahnen mit dem zentralen Netz in Verbindung tritt, so ist damit der Tonuswelle Gelegenheit geboten, mit Umgehung der Repräsentanten vom Tonuserzeuger direkt zu den Muskeln zu gelangen.

### Die refraktären Perioden.

Je nach seinem Kontraktions- oder Erschlaffungsgrade ist ein jeder Repräsentant mehr oder minder fähig, neuen Tonus aus dem zentralen Netz in sich anzunehmen. Ich nenne diejenigen Repräsentanten, die neuen Tonus aufzunehmen vermögen — eingeklinkt und die nicht dazu fähigen ausgeklinkt oder refraktär.

Während jeder rhythmischen Tätigkeit, bei der die Repräsentanten der antagonistischen Muskeln abwechselnd den Tonus aus dem zentralen Netz ansaugen und wieder ausstossen, sind die Repräsentanten dementsprechend periodenweise eingeklinkt und ausgeklinkt. Die Periode der Ausklinkung nennt man die refraktäre Periode.

So lange die refraktäre Periode dauert, ist auch jeder neue Reiz ohne Wirkung auf die Repräsentanten.

Man wird daher geneigt sein, die auffallende Unempfindlichkeit fast aller Tiere gegen äussere Reize während ihrer rhythmischen Tätigkeit auf Rechnung der refraktären Periode in den Repräsentanten zu setzen.

Nun lässt sich aber an geeigneten Objekten, die einen Reflex mit Umgehung der Repräsentanten aufweisen, gleichfalls eine refraktäre Periode nachweisen, die also den Repräsentanten nicht zugeschrieben werden kann.

Diese refraktäre Periode steht im engsten Zusammenhang mit jenen Stellen des Netzes, die die Einnündungen der zentripetalen Nerven beherbergen. So lange man rezeptorenwärts von diesen Stellen reizt, sieht man nach jedem Reiz, der einen Reflex auslöst, eine refraktäre Periode eintreten, die auf eine gewisse Zeit jeden folgenden Reiz nicht zur Wirkung kommen lässt. Diese refraktäre Periode ist nicht mehr nachweisbar, sowie man effektorenwärts reizt.

Also muss ein refraktäres Organ an dieser Stelle sitzen.

Nun zeigt sich ferner, dass jeder Reiz, der in die refraktäre Periode fällt, völlig wirkungslos vorübergeht und auch während der nachfolgenden Ruhe (denn es handelt sich hierbei nicht um rhythmische Vorgänge) keinerlei Nachwirkung hinterlässt. Daraus lässt sich entnehmen, dass der wirkungslose Reiz keine Neuerzeugung veranlasst haben kann. Denn diese müsste nach Ablauf der refraktären Periode irgendwie zur Geltung kommen.

Wenn also alle Reize in der ganzen Strecke vom Rezeptor bis zum zentralen Netz nicht imstande waren neuen Tonus zu erzeugen, so kann daselbst kein Tonuserzeuger vorhanden sein. Aus diesem Grunde habe ich die Tonuserzeuger an die Einnündungsstellen der zentripetalen Nerven in das zentrale Netz verlegt.

Ich halte es für äusserst wahrscheinlich, dass das refraktäre Organ und der Tonuserzeuger ein und dasselbe sind oder mit anderen Worten, dass ebenso wie die Repräsentanten auch die Tonuserzeuger eine refraktäre Periode besitzen.

Es lassen sich somit zwei Arten der refraktären Periode unterscheiden, eine den Repräsentanten und eine den Tonuserzeugern zugehörige. Beide Arten entstehen durch direkte Einwirkung des Tonus auf den betreffenden Apparat.

Nun können sowohl Repräsentanten wie Tonuserzeuger, wenn sie bestimmten differenzierten Bahnen angehören, mit analogen Apparaten anderer Bahnen anatomisch verkoppelt sein. (Ich habe dies für die Repräsentanten den Antagonismus der Zentren genannt.) Durch diese Verkoppelung zwingt der tätige Apparat seinen Partner, je nach Art der Koppelung gleichzeitig dieselben oder die entgegengesetzten Bewegungen mitzumachen. Auf diese Weise wird auch in dem passiv mitgeführten Apparat, der nicht vom Tonus direkt getroffen wird, gleichfalls eine aber indirekte refraktäre Periode erzeugt.

Es gibt somit 4 verschiedene Arten von refraktären Perioden, 2 direkte und 2 indirekte.

1. direkte refraktäre Periode der Repräsentanten,
2. indirekte »
3. direkte » Tonuserzeuger,
4. indirekte »

Bisher sind zwei Arten genauer untersucht worden und zwar die direkte Periode der Repräsentanten (Magnus am Katzendarm) und die indirekte der Tonuserzeuger (Sipunculus). Und da stellte sich der merkwürdige Unterschied heraus, dass die Muskeln an der direkten refraktären Periode der Repräsentanten mit einer eigenen refraktären Periode teilnahmen, dagegen von der indirekten Periode der Tonuserzeuger gar nicht betroffen wurden. Die Entscheidung, ob dieser Unterschied am Apparat oder an der verschiedenen Erzeugungsart der refraktären Periode liegt, steht noch aus.

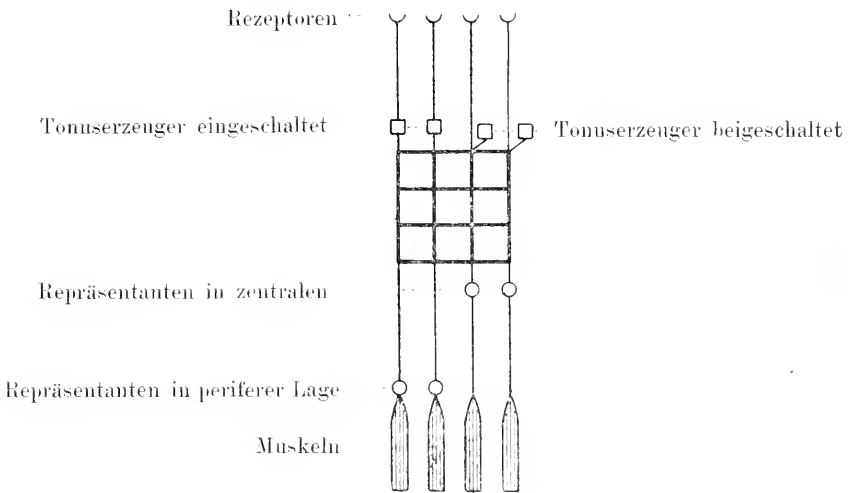
## Überblick.

Wir haben als zentrales Netz das Maschenwerk der Leitungsbahnen bezeichnet, das die Repräsentanten unter einander verbindet, ohne Rücksicht darauf, ob der Repräsentant dem Maschenwerk direkt benachbart oder durch eine lange zentrale Leitungsbahn von ihm getrennt war (Fig. 6). Wir haben hierbei die wirkliche Eintrittsstelle der zentralen Bahn in das Maschenwerk unberücksichtigt gelassen, weil ihm für gewöhnlich keine besondere Bedeutung zukommt. Das ändert sich, sobald mehrere zentrale Bahnen von Repräsentanten die gleiche Eintrittsstelle haben, die dadurch mehreren Repräsentanten subordiniert ist. Ich nenne eine solche beherrschende

Stelle des zentralen Netzes einen Kommandanten. Mehrere Kommandanten können ihrerseits einem Oberkommandanten subordiniert sein.

Etwas anders liegen die Verhältnisse für die Tonuserzeuger. Bei einigen Tieren scheint der Tonuserzeuger an der Eintrittsstelle des zentripetalen Nerven in das Netz zu liegen (eingeschaltet), bei anderen hingegen scheint er sich bloss in der Nachbarschaft zu befinden (beigeschaltet) (Fig. 6). Dadurch gewinnt die Eintrittsstelle des zentripetalen Nerven eine selbständige Bedeutung, die durch

Fig. 6.



ein besonderes Wort charakterisiert werden muss. Ich nenne sie das Rezeptorenzentrum, mag sie durch einen Tonuserzeuger bezeichnet sein oder nicht. Schmelzen mehrere Rezeptorenzentra zu einem speziellen Netz zusammen, das eine gemeinsame Bahn mit dem allgemeinen Netz verbindet, so nenne ich dies die Rezeptorenzentra verbindende Netz einen Kern. Je nach den Rezeptoren, die sich zu einem Kern vereinigen, erhält er seinen speziellen Namen Berührungskern — Witterungskern etc. Bei den Photorezeptoren lassen sich besondere Bewegungskerne und Bildkerne unterscheiden. Die Kerne verschiedener Rezeptionssphären vereinigen sich schliesslich zu einem Gegenstandskern, der seinerseits mit einem Oberkommandanten der Repräsentanten in direkte leitende Verbindung tritt. So sehen wir das anfangs einheitliche und einfache zentrale Netz

sich zu einem kunstvollen Aufbau gliedern. Die Leitungsbahnen breiten sich nach der Peripherie hin, sowohl nach den Effektoren, wie nach den Rezeptoren strahlenförmig aus und vereinigen sich nach der Mitte zu in immer weniger zahlreich werdenden Verbindungsnetzen und Bahnen. Schliesslich verbinden sich an der zentralsten Stelle die einzelnen rezeptorischen Netze durch besondere Bahnen mit je einem zentralen effektorischen Netze. So gleicht die Gesamtsumme aller Bahnen im Gehirn zwei Pyramiden, die mit den Spitzen aneinander stossen.

### Die Baupläne.

Nachdem wir jetzt die Bausteine kennen gelernt haben, aus denen sich die tierischen Organismen zusammensetzen, sind wir in der Lage einen Blick auf die Baupläne zu werfen, die der Anordnung der Bausteine zu Grunde liegen und durch die ein jedes Tier zu einer neuen und überraschenden Einheit verschmilzt.

Wir haben es hier nur mit den Bauplänen der animalen Funktionen zu tun, die sich ungewungen von dem vegetativen Bauplan im einzelnen Tier trennen lassen. Der animale Bauplan ist durchweg auf der Basis des Reflexes aufgebaut. Deshalb sind auch alle Akte der Tiere, die man unter dem Namen von Tropismen zusammenfasst, als unauflöste Reflexe zu betrachten. Die Bezeichnung einer Reaktion im animalen Leben der Tiere mit Tropismus bedeutet daher keine Lösung, sondern eine Aufgabe.

Ob die Tropismen berufen sind in den vegetativen Funktionen der Tiere eine selbständige Rolle zu spielen, lassen wir dahin gestellt.

Die vegetativen Funktionen lassen sich, so lange die Speisen im Nahrungskanal befinden, in das Reflexschema eingliedern. Sobald die Nahrung in die Blut- und Lymphbahnen übertritt und die Ernährung der einzelnen Zelle beginnt, ändern sich alle Beziehungen so von Grund aus, dass man mit dem Reflexschema nicht weiter kommt. Hier treten wir in eine fremde Welt ein, in die uns die grossartigen Entdeckungen Ehrlichs den ersten Blick tun liessen.

Es begegnet daher die Festlegung des vegetativen Bauplanes der Tiere viel grösseren Schwierigkeiten, als die des animalen Bauplanes.

Aber sowohl animale, wie vegetative Funktionen werden von bereits vorhandenen Organen besorgt und ihre Arbeitsweise ist in dieser Hinsicht von der der Maschinen prinzipiell nicht verschieden.



Uns fällt es nicht schwer ein Geschehen zu begreifen, das nach physikalisch-chemischen Gesetzen abläuft und dabei doch zweckmäÙsig ist, vorausgesetzt, dass eine Struktur vorhanden ist, die in den Ablauf des Geschehens zwingend eingreifen kann.

Aber das zweckmäÙsige Ablaufen eines Geschehens ohne den Zwang einer Struktur ist uns schlechterdings unbegreiflich. Denn eine jede neue Phase hat dann sowohl ihre kausale Ursache, wie ihren finalen Grund — und das sind für unseren Geist zwei diametral entgegengesetzte Betrachtungsweisen, von denen jede die andere ausschliesst.

In jeder Maschine laufen die physikalischen und chemischen Prozesse streng kausal ab und trotzdem ist ihre Leistung eine zweckmäÙsige, weil die Struktur der Maschine auf diesen Zweck hin gebaut worden war.

Die Funktionen, die der Entwicklung der Organismen dienen, finden jedoch diese zweckentsprechende Struktur nicht vor, sondern müssen sie selbst bauen.

Aus dem lebendigen Ungeformten bildet sich das Geformte in der Art, als wenn das Endziel zugleich die Ursache des Formens wäre. Die physikalisch-chemischen Prozesse laufen dabei streng kausal ab.

So erscheint uns jede Phase im Entwicklungsprozess, wenn wir rückwärts schauen, streng kausal aus den physikalisch-chemischen Prozessen hervorgegangen. Schauen wir dagegen vorwärts, so ist es sicher, dass die physikalisch-chemischen Prozesse ihrer eigenen Kausalität überlassen, die sofortige Zerstörung und Zersetzung des Organismus zur Folge haben müssen. Es ist in der Tat die klarste Definition des Absterbens, wenn wir von einem Organismus sagen, seine Prozesse laufen nicht mehr zweckmäÙsig, sondern nur noch kausal ab.

Der animalen und vegetativen Biologie fällt es leicht, an der Hand bekannter Analogien ihren Weg zu finden — die konstitutive Biologie ist auf sich selbst angewiesen.

Wir finden keinen Anlass zur Verwunderung, wenn in einem Organismus mit fertiger Struktur sich Bewegungsvorgänge abspielen, die zweckmäÙsig sind, weil wir das Gleiche von unseren Maschinen kennen. Ein zweckmäÙsig gebauter Organismus wird selbstverständlich zweckmäÙsig arbeiten.

Wie entstehen aber die zweckmäÙsigen Strukturen?

Wir sehen ja alle Tage, wie Häuser gebaut werden und wir würden uns nicht wundern, wenn die Arbeiter, die immer die gleichen Spezies von Häusern bauen, das schliesslich ohne Baumeister und ohne vorgedruckten Plan von selbst ausführten.

Aber wir würden doch sehr erstaunt sein, wenn die Bausteine beginnen würden das Haus aufzubauen, wenn die Ziegelsteine aneinander in die Höhe kröchen, sich übereinander legten und Mörtel ausschwitzen, wenn die Fensterrahmen die Glasscheiben sezernierten und das Dach sich mit Ziegeln beschuppte.

Und wie bequem wäre es solche Häuser zu sähen. Man brauchte bloss einen Dachziegel in die Erde zu stecken, um aus ihm ein neues Haus entstehen zu lassen.

Alle Reparaturen würden vom Hause selbst prompt ausgeführt werden.

Derartige Eigenschaften müssten aber unsere Häuser und Maschinen besitzen, um uns als Analogien für die Naturorganismen dienen zu können. — Sie besitzen sie leider nicht.

Und deshalb sehen sich die Forscher, die sich mit den spezifischen Lebenserscheinungen (wie Zeugung, Entwicklung, Wachstum und Regeneration) befassen, begrifflichen Problemen gegenüber, von deren Schwierigkeit die anderen Naturforscher keine Ahnung haben. Die Analyse ist freilich leicht, aber eine zweckmässige Synthese zu begreifen — da liegt der Haken.

Man kann es Driesch nicht hoch genug anrechnen, dass er es unternommen hat, diese Schwierigkeiten ins rechte Licht zu setzen. Mit dem blossen Ableugnen des Vitalismus wird jedenfalls der Wissenschaft ebensowenig gedient, wie mit dem Anrufen eines *deus ex machina*, der Lebenskraft.

Es ist bei den eigenartigen Hindernissen, die sich jeder biologischen Forschungsrichtung entgegenstellen, weise Beschränkung am Platz. Die Biologie der animalen Funktionen wird daher gut tun, sich auf die Erforschung der echten Reflexe zu beschränken. Damit fällt das Studium der Protozoön von selbst weg. Da die Protozoön aus einer einzigen Zelle bestehen, können sie keinen gegliederten Reflexbogen besitzen wie die Mitazoön.

Trotzdem hat Jennings auch bei ihnen einen reflexartigen Ablauf der animalen Funktionen beobachten können.

Inwieweit diese unechten Reflexe einzelner Zellen oder Antitypien auch bei Metazoen auftreten, ist nicht festgestellt. Wir finden sie im embryonalen Herzen bei den weissen Blutkörperchen und wahrscheinlich in den Pigmentzellen der Retina<sup>1)</sup>.

Die Entwicklung der animalen Funktionen, die zur Herbeischaffung der Nahrung dienen, hält bei den Metazoen mit der allgemeinen Differenzierung des Tierkörpers gleichen Schritt.

Bei den undifferenzierten Schwämmen sind die animalen Funktionen fast Null. Und so lange die Tiere aus Segmenten bestehen, die sich um eine gemeinsame Achse gruppieren (Strahlentiere), wodurch die Oberherrschaft eines Segmentes über die andern verhindert wird, so lange sind auch die Reflexe koordiniert und die Rezeptoren einfach.

In diesem Stadium wird eine höhere Differenzierung des Tierkörpers häufig dadurch erreicht, dass sich einzelne Organe mit ihrem gesamten Reflexapparat vom übrigen Tier mehr oder minder emanzipieren und zu selbständigen Personen werden, die entweder durch das allgemeine Nervensystem (Seeigel) oder durch den Darm (Siphonophoren) in Zusammenhang bleiben. Derartige Systeme von selbständigen Reflexpersonen nennt man Reflexrepubliken.

Erst wenn die Segmente im Tierkörper sich hintereinander anordnen (Bilateraltiere) ist die Basis für eine weitgehende Differenzierung gegeben. Bald gewinnen die vordersten Segmente, die sich als Kopf absondern, und die höchsten Rezeptionsorgane tragen, die Herrschaft über den übrigen Körper. Sie bestimmen, welche Muskeln im ganzen Tierkörper in Aktion geraten sollen. Sie sind es, die die Reize der Aussenwelt in Antworten des Tieres verwandeln.

Diese hohe Entwicklung verdanken die Bilateraltiere in erster Linie den Repräsentanten.

Das Zentralnervensystem besitzt in den von uns Repräsentanten genannten Muskelzentren ein Organ, das an jedem Orte, den es im Körper angewiesen erhält, fähig bleibt, seine Gefolgsmuskeln zu repräsentieren.

Man mag sich vom Bau der Repräsentanten ein Bild machen, welches man wolle, eine Tatsache bleibt davon unberührt, dass die Repräsentanten ihre Gefolgsmuskeln in effigie darstellen.

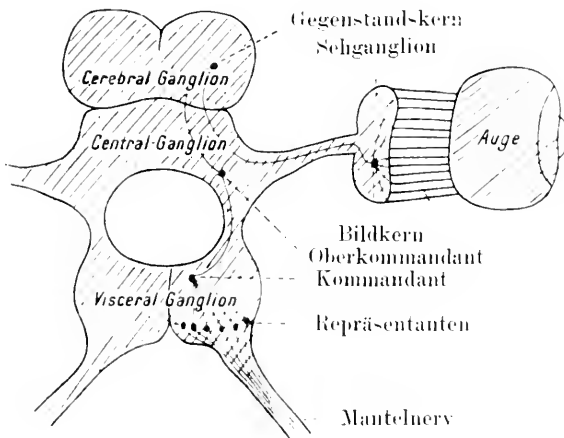
<sup>1)</sup> Steinach schreibt ihnen eine noch weit grössere Verbreitung zu.

Jedes Wort, das die Repräsentanten in der Sprache des Nervensystems aussprechen, wird von ihren Gefolgsmuskeln als mechanische Bewegung eingelöst.

Werden die Repräsentanten im Zentralnervensystem durch besondere Nervenetze zu Gruppen verbunden, so kann man auf diese Weise die heterogensten Muskeln zu gemeinsamen Arbeiten zwingen.

Tritt eine ganze Gruppe von Repräsentanten in ein Abhängigkeitsverhältnis zu einem höheren Zentrum, das ich den Kommandanten genannt habe, so ist damit das Koordinationsprinzip durchbrochen. Mehrere Kommandanten können schliesslich einigen wenigen Oberkommandanten unterstellt sein. Jeder Kommandant beherrscht eine Teilhandlung, der Oberkommandant eine der wenigen Gesamthandlungen des ganzen Tierkörpers.

Fig. 7.



Als Beispiel eines solchen Nervensystems mit Subordination der Zentren kann das Gehirn des Octopus (Fig. 7) dienen, das in anatomisch wie physiologisch deutlich gesonderte Teile zerfällt, die Ganglien genannt werden. Wir unterscheiden periphere, zentrale und zerebrale Ganglien. Die peripheren motorischen Ganglien enthalten die Muskelrepräsentanten, die sich in der Art ordnen, dass sich die Repräsentanten der Längs-, Quer- und Ringmuskeln zu je einem gesonderten Netz zusammenschliessen, das von je einem Kommandanten beherrscht wird. Die Kommandanten regulieren bereits die Atembewegungen und sitzen in den peripheren Ganglien.

Die Oberkommandanten aber, die den Gesamthandlungen des ganzen Tieres vorstehen, befinden sich nicht mehr in den peripheren Ganglien, sondern haben in den höheren Zentralganglien ihren Platz erhalten.

Die Zentren der Rezeptoren haben am gleichen Tier eine entsprechende Differenzierung durchgemacht. Ungeachtet unserer Unkenntnis der Rezeptorenzentren lässt sich doch ihre Anordnung andeutungsweise angeben.

Wir betrachten die Photorezeptorenzentren unter der Voraussetzung, dass bereits eine scharfe Ikonorezeption vorhanden ist<sup>1)</sup>. Wirken aber einzelne Bilder, die von der Linse auf die Retina entworfen werden, bereits als selbständige Reize, so muss angenommen werden, dass ebenso viele einzelne zentrale Nervenetze vorhanden sind, als es einzelne spezifisch wirksame Bilder gibt.

Jedes dieser Netze ist durch Nervenfibrillen mit all jenen Photorezeptoren der Retina verbunden, die bei dem dem Netze entsprechenden Bilde gereizt werden.

Jedes Netz ist ein Sammelzentrum, das ich als Bildkern bezeichne, weil es das ganze auf der Retina entworfenene Bild in nuce enthält.

Von den Bildkernen kann es direkte Verbindungen zu den Oberkommandanten geben, die vom peripheren rezeptorischen Ganglion, in dem die Bildkerne liegen, zu den Zentralganglien führen. Ausserdem treten von den Bildkernen Fibrillen in die Nervenetze der Cerebralganglien ein.

Die Nervenetze der Cerebralganglien stellen die Verbindung der verschieden rezeptorischen Kerne aus allen rezeptorischen Gebieten (Chemo-, Tangorezeptoren etc.) her. Auch sie bilden je ein Sammelzentrum, das ich den Gegenstandskern genannt habe. Im Gegenstandskern finden sich alle wirksamen Reize, die von einem äusseren Gegenstande ausgehen, zu einer Einheit zusammen.

Von hier aus wird im normalen Leben die Erregung an die Oberkommandanten weitergegeben.

Es ist aus dem Gesagten leicht verständlich, warum die Cerebralganglien, welche die Netze der Gegenstandskerne enthalten, der

---

<sup>1)</sup> Dafür spricht auch, wie Beck (Pflüger's Arch. 1899) gefunden, dass die Beschattung einen viel energischeren Aktionsstrom hervorruft als die Belichtung.

direkten künstlichen Reizung unzugänglich scheinen. Nur bei regeltem Ablauf der Erregung in allen Bahnen eines bestimmten Netzes, das einen Gegenstandskern bildet, kann die Erregung an die Oberkommandanten weitergegeben werden, weil jedes Netz eine einzige Pforte besitzt, die vom Cerebralganglion zum Zentralganglion führt. Diese bleibt einer jeden künstlich erzeugten und deshalb ungeordneten Erregung für immer versperrt.

Das Gehirn der Oktopoden scheint die höchste Komplikation zu besitzen, die überhaupt von den Wassertieren erreicht wird (mit Ausnahme natürlich der Wassersäugetiere).

## **B. Methoden.**





# Einleitung.

Wenn man sich die Frage stellt, welches das erste Erfordernis für eine erfolgreiche biologische Forschung sei? so gibt es nur eine Antwort: »Die andauernde und eingehende Beobachtung des lebenden Tieres in seinem Milieu.«

Wer die Fähigkeit besitzt, sich frei von Absichten und Vorurteilen in die Bewegungen eines Tieres zu vertiefen, und wer stundenlang zu beobachten vermag, indem er seine Aufmerksamkeit bald dieser, bald jener Einzelheit zuwendet — der hat das Zeug zu einem Biologen.

Nachdem wir lange genug die wechselnden Bilder in uns aufgenommen haben, die ein freilebendes Tier darbietet, wird sich von selbst das Bedürfnis einstellen, uns von dem, was wir gesehen, Rechenschaft zu geben.

Dann werden wir versuchen, die Bewegungen des Tieres mit seinem anatomischen Bau in Einklang zu bringen. Das Studium der Anatomie lehrt uns bald, dass jedes Tier aus einzelnen Organen besteht. Infolge davon werden wir versuchen, die am ganzen Tier beobachteten Allgemeinbewegungen durch passende Versuche an den losgetrennten Organen in ihre Teilbewegungen aufzulösen.

Diese biologische Analyse führt uns bei allen Tieren endlich auf den Reflexbogen und seine Tätigkeit den Reflex.

Im theoretischen Teil ist der Reflexbogen und die ihn zusammensetzenden letzten Bausteine des lebenden Körpers abgehandelt worden. Hier ist es unsere Aufgabe, zu zeigen, wie man durch das Experiment bis zu diesen letzten Bausteinen vordringt.

Der Weg, den die experimentelle Forschung einzuschlagen hat, ist im allgemeinen folgender:

1. Studium der Leistungen des Gesamttieres.
2. Studium der Leistungen seiner Organe.
3. Studium der Leistungen seiner Gewebe.

Dieser Weg ist aber nur bei niederen Tieren ohne Einschränkung gangbar, weil bei ihnen die einzelnen Organe noch einen vollen Reflexbogen beherbergen. Bei den höheren Tieren reisst man beim Studium der einzelnen Organe stets einen Reflexbogen auseinander, weil ihre Reflexbögen an einer Zentralstelle zusammenlaufen.

Die biologische Analyse der Tiere bietet dementsprechend immer grössere Schwierigkeit, je ausgesprochener die Zentralisation wird.

Wenn es im allgemeinen unantastbar feststeht, dass je einfacher ein Organismus gebaut ist, es um so leichter gelingt, ihn zu entwirren, so darf man doch nicht vergessen, dass jedes Tier seine speziellen Vorteile und Nachteile der experimentellen Erforschung bietet und dass man von jedem Tier etwas lernen kann.

Immerhin wird man bei der Wahl eines Forschungsobjektes gern einige allgemeine Regeln zur Hand haben, um sich im voraus zu vergewissern, ob man es im vorliegenden Falle mit einem geeigneten oder ungeeigneten Objekt zu tun hat. Da sind es vor allem drei Eigenschaften, deren Anwesenheit zu gunsten und deren Mangel zu ungunsten des gewählten Objektes sprechen.

Ein gutes Versuchstier muss:

1. in zahlreichen Exemplaren vorhanden sein,
2. gut überlebende Organe haben,
3. eine Leibeshöhle besitzen.

Besonders wird der Besitz einer geräumigen Leibeshöhle, in der die einzelnen inneren Organe weit getrennt voneinander abliegen, von dem Experimentator geschätzt werden.

### **Aufbewahrung der Seetiere.**

Wenn die grossen Städte, die sich jetzt den Luxus eines Zoologischen Gartens erlauben, die ungeheureren Summen, die ihnen diese anmutige Spielerei kostet, für biologische Institute aufwenden wollten, so würde sowohl dem Publikum wie der Wissenschaft ganz anders gedient sein.

Vor allem würden dann die Seetiere mit ihrem unvergleichlichen Formen- und Farbenreichtum in den Mittelpunkt des Interesses rücken. In grossen geheizten Bassins würde sich das Leben der tropischen Wundertiere in seinen normalen Bedingungen vor unseren Augen abspielen.

Doch ist es unnütz, sich mit solchen Träumereien abzugeben. Die rauhe Wirklichkeit ist die, dass es überhaupt kein einziges biologisches Institut gibt noch in absehbarer Zeit geben wird.

Der Biologe hat dankbar zu sein, wenn man ihm irgendwo ein Bassin mit fließendem Seewasser einräumt, in dem er seine Versuchstiere halten kann.

Mit Ausnahme mancher pelagischer Tiere halten sich die Seetiere gut in der Gefangenschaft. Vor allem hat man darauf zu achten, dass das Seewasser stets folgende Eigenschaften aufweise:

1. Reinheit,
2. gute Durchlüftung,
3. gleichmäßige Temperatur,
4. gleichmäßigen Salzgehalt.

Für die Reinheit sorgt ein beliebiges Filter, das die Algen abfängt, die sich sonst übermäßig vermehren und das Wasser trüben.

Die Durchlüftung geschieht am sichersten durch den Strahl des einfließenden Seewassers, der schon bei geringem Druck eine Menge Luft mit in die Tiefe reisst.

Da die Temperatur des Seewassers ohne Schaden für die Tiere eher sinken als steigen kann, so ist in unseren Breiten diese Bedingung leicht zu erfüllen.

Von dem Gleichbleiben des Salzgehaltes im Bassin überzeugt man sich durch folgendes einfache Hilfsmittel. Man bereitet sich eine farbige Lösung am besten von Genzianviolett in Seewasser und verdünnt sie, bis sie das spezifische Gewicht des Seewassers erreicht. Man überzeugt sich von der Richtigkeit der Lösung, indem man eine lange Pipette ins Seewasser führt und einen Tropfen der Farbflüssigkeit als feinen Ringel austreten lässt. Fällt der Ringel, so ist die Lösung zu konzentriert, steigt er, so ist sie zu verdünnt. Nachdem man sich auf diese Weise eine Normallösung geschaffen, kann man mit dieser wiederum das Seewasser prüfen.

### **Die Beobachtung.**

Zur Beobachtung eines frei beweglichen Tieres benutzt man kleinere Bassins, die allseitig Glaswände tragen. Von Vorteil ist es, wenn man an dem Beobachtungsbassin, das auf hohen Füßen stehen muss, oben, unten und an beiden Seiten Spiegel anbringen lässt, die in Scharnieren beweglich sind. Auf die Weise vermag der Beobachter

ohne sich selbst zu rühren allen Einzelheiten der Bewegungen seines Versuchstieres zu folgen.

Zur Beobachtung der Licht- und Schattenwirkung benutzt man kleine Bassins, über die man schwarze Pappdeckel stülpt oder man versieht die Bassins mit Jalousien, die man einzeln vor- oder wegziehen kann.

Runde, rotierende Bassins von einem Meter Durchmesser wird man zur Prüfung von Bewegungsstörungen gerne benutzen. Bethé hat ein Bassin konstruieren lassen, das einen fest verschraubbaren Deckel besass und sich um seine horizontale Achse drehte.

Die Bassins, die der Aufbewahrung dienen, können einfache Holzkästen sein, die mit Blei gefüttert sind. Dienen sie gleichzeitig zur Beobachtung, so gibt man ihnen Glaswände und einen Marmorboden. Mit Blei, Glas und Marmor muss man auszukommen suchen. Alle sonst in Frage kommenden Stoffe sind bei Anwendung von Seewasser zu vermeiden. Natürlich ist der Beschaffenheit des Kittes besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Der wesentliche Teil der Beobachtung geschieht mit unbewaffnetem Auge. Als ein unentbehrliches Hilfsmittel für alle kleineren Objekte hat sich die Doppellupe von Braus und Drüner erwiesen. Sie gestattet, an dem grossen Lupengestell befestigt, die denkbar grösste Anwendung. Alle Mikroskope treten ihr gegenüber in den Hintergrund.

### Die Registrierung.

Der photographische Apparat ist das Hauptprüfzeug des Biologen geworden. Wiederum steht die Camera der erwähnten Doppellupe im Vordergrund, die ausgezeichnete Stereoskopbilder liefert. Ein Atlas der topographischen Anatomie, aus solchen Stereoskopbildern bestehend, würde für die Biologie ein wichtigeres Hilfsmittel liefern als die schönsten zoologischen Zeichnungen.

Neben der photographischen Aufnahme des ruhenden Tieres hat die Chronophotographie, d. h. die Photographie bewegter Objekte die grösste biologische Bedeutung.

Die Chronophotographie, die wir Marey verdanken, hat so grosse Fortschritte gemacht, dass der technische Teil einem geübten Photographen keine Schwierigkeiten mehr bereitet.

Aber die Apparate sind noch sehr teuer und vor allen Dingen fehlt es an einem Institut, das die geeigneten Räumlichkeiten für die Chronophotographie böte. Im Süden genügt eine Terrasse unter

freiem Himmel, auf der man die Apparate und Aquarien nach dem Stande der Sonne umherschoben kann. Im Norden wird man ohne ein grosses Atelier mit künstlicher Beleuchtung nicht auskommen können.

Da der chronophotographische Apparat möglichst wenig bewegt werden soll, ist es empfehlenswert, die Aquarien auf Tische zu setzen, die eine Verschiebung in der Vertikalen gestatten. Zur Aufnahme von oben oder von unten bedient man sich eines Spiegels, der unter 45° Neigung unter resp. über dem Aquarium angebracht wird.

Um von den Wirbeln, die sich bei raschen Bewegungen der Tiere an der Oberfläche des Wassers bilden, nicht gestört zu werden, bedient man sich des Kunstgriffs, die Wasseroberfläche allein zu beschatten, während man das Versuchstier im Lichte lässt.

Durch Glasscheiben, die man in das Bassin hängt, kann man den Vorwärtsbewegungen der Tiere die gewünschte Richtung geben, ohne das Bild zu beeinträchtigen.

Marey hat zwei Apparate konstruiert, die zur Chronophotographie dienen. Der eine ist der bekannte, gewöhnlich Kinemato-graph genannte Apparat, bei dem die einzelnen Bilder der aufeinander folgenden Bewegungsphasen auf ein langes Band entworfen werden. Der Apparat ist teuer, die Filmas sind es noch mehr und die Entwicklung langer Filmstreifen ist unbequem. Der Kinemato-graph ist aber unentbehrlich für alle Fälle, in denen es sich um ein dunkles Objekt handelt, das vor einem hellen Hintergrund (weisse Marmorplatte) photographiert werden soll.

Für alle Fälle, in denen man ein helles Objekt vor einem schwarzen Hintergrund (schwarzer Sammt oder Rubin-glas) chronophotographieren will, genügt eine einfache Einrichtung, die sich vor jedem photographischen Apparat anbringen lässt.

Die Einrichtung besteht in einem schwarzen Kasten, in dem sich eine drehbare Pappscheibe befindet, die einen Ausschnitt trägt. Lässt man diese Scheibe vor der Linse vorbei rotieren, so erhält man mehrere Momentbilder nacheinander auf dieselbe Platte. Ist der Hintergrund völlig schwarz, so bildet er sich auf der Platte nicht ab, dafür aber das bewegte helle Objekt jedesmal an einer anderen Stelle.

Die Chronophotographie auf feststehender Platte gibt die interessantesten und übersichtlichsten Bilder, weil man alle Bewegungsphasen leicht vergleichbar vor sich hat. Sie ist unentbehrlich, wenn

man nicht bloss die Koordination der Bewegungen festlegen, sondern auch ihre Amplituden messen will. In diesem Falle muss man das Tier, ohne es in seiner Beweglichkeit zu stören, an einem Ort fixieren (an dem festsetzend es seine Bewegungen ausführt, ohne von der Stelle zu kommen) und dann auf der feststehenden Platte chronophotographieren.

Da der Rhythmus aller tierischen Bewegungen ein kurzer ist, so ist der Chronophotographie auf feststehender Platte die weiteste Anwendung gewiss. Die Wiedergabe langer Begebenheiten kann nur vom Kinematographen mit dem viele Meter langen Film gelöst werden. Die Wiedergabe der Geh- oder Schwimmbewegungen der Tiere löst die Chronophotographie auf feststehender Platte genügend.

Begnügt man sich mit diesem einfacheren Instrument, so ist der Tag nicht fern, an dem man stereoskopische Chronophotographien aufnehmen wird, denn die Konstruktion eines solchen Apparates kann keine Schwierigkeiten bereiten.

Eine Reihe der wichtigsten biologischen Fragen liessen sich mit einem solchen Apparat lösen. Aber er wird ebenso ein Desiderat bleiben wie Alles andere.

Nächst der Photographie kommen für die Biologie alle physiologischen Registrierapparate in Betracht, die von den Physiologen benutzt werden. Nur wird der Biologe bei den sehr wechselnden Ansprüchen seiner Objekte, an den Übertragungen und den Schreibbeheh immer herummödeln müssen, bis sie für seine Zwecke sich eignen.

Da ihm die mathematische Auswertung der Kurven völlig fern liegt, wird er hierbei freier schalten und walten können, als ein Physiologe.

Galvanometer und Elektrometer finden in der Biologie nur sehr beschränkte Anwendung und die Registrierung ihrer Ausschläge wird sich auf so spezielle Fälle beschränken, dass sie hier übergangen werden kann.

Nur auf die Anwendung des Kymographions als Schattenschreiber will ich noch aufmerksam machen. Es wird zu diesem Behufe mit lichtempfindlichem Papier überzogen und in einen schwarzen Kasten gesteckt, der einen Spalt besitzt. Vor diesen wird der bewegte Gegenstand gebracht, dessen Schatten sich dann als Kurve auf dem Papier abbildet.

## Die Fesselung.

Hat man die Allgemeinbewegungen seines Versuchstieres beobachtet und registriert, so wird man zur Beobachtung und Registrierung seiner einzelnen Organe schreiten. Die Lostrennung der Organe aus dem Verbande des Körpers bietet oft sehr grosse Schwierigkeiten, die nur überwunden werden können, wenn das Versuchstier vor der Operation immobilisiert ist. Dies geschieht, soweit möglich, durch eine geeignete Fesselung, wenn diese ausgeschlossen ist durch Narkotisierung.

Bei höheren Tieren wird man der Narkotisierung immer den Vorzug geben, um den Tieren den Schmerz zu ersparen. Bei niederen Tieren würde das eine unnütze Fürsorge sein. Der Schmerz ist als objektive Erscheinung ein Schutzmittel gegen gefährliche äussere Eingriffe und Verletzungen, weil er sofort dem Zentralorgan von dem fremden Eingriff eindringliche Kunde gibt. Vom Zentralorgan werden dann alle Hebel in Bewegung gesetzt, um die Schädigung zu entfernen. Bei niederen Tieren gibt es gar kein differenziertes Zentralorgan, das diese Funktion übernehmen könnte, sondern nur ein einfaches Nervennetz, das die einzelnen Reflexbögen miteinander verbindet. An Stelle des zentralen Hilfsmittels tritt bei den niederen Tieren das Autodermin, jener Hautstoff, der die Reflextätigkeit lahm legt, sobald das Tier in Gefahr gerät, sich selbst anzufressen.

Als allgemein verwendbare Fesselungsmittel spielt, neben der den Zoologen geläufigen Präparierschale mit ihren Nadeln, der Bleidraht die wesentlichste Rolle. Mit Bleidraht und entfetteter Watte lassen sich die allermeisten kleineren schwimmenden Tiere zur Ruhe bringen.

Als weiteres, sehr allgemein verwendbares Hilfsmittel kann jedes weitmaschige Drahtnetz gelten. Auf dieses fesselt man die Tiere, indem man Gummibänder, die an beiden Enden Metallhaken tragen, an das Drahtnetz befestigt, nachdem man sie stramm über das Versuchstier gezogen hat.

Nach diesem Prinzip habe ich zwei Apparate bauen lassen, die ich den kleinen und den grossen Krabbenhalter nenne.

Der kleine Krabbenhalter besteht aus einem Drahtnetz, das eine Grösse von 20 qcm hat. Es ruht auf einem gusseisernen Dreifuss und ist, wie aus der Abbildung 8 ersichtlich, um eine Achse drehbar und durch eine Schraube festzustellen. Diese Verstellung gestattet dem Experimentator sein Versuchstier in jede ihm

Fig. 8.

Kleiner Krabbenhalter.  
(Grösse des Drahtnetzes 20 qcm.)

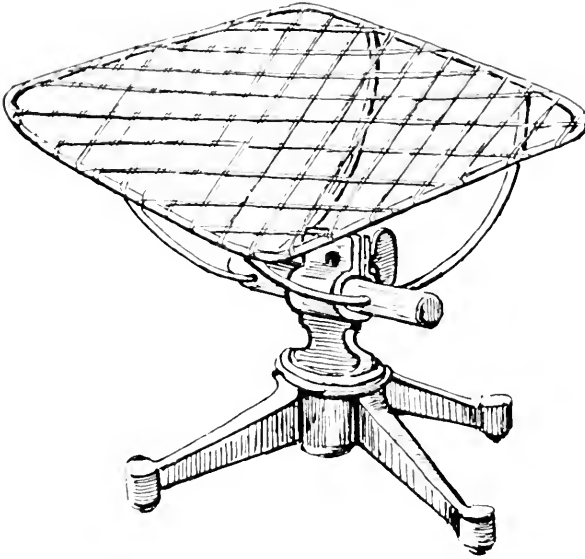
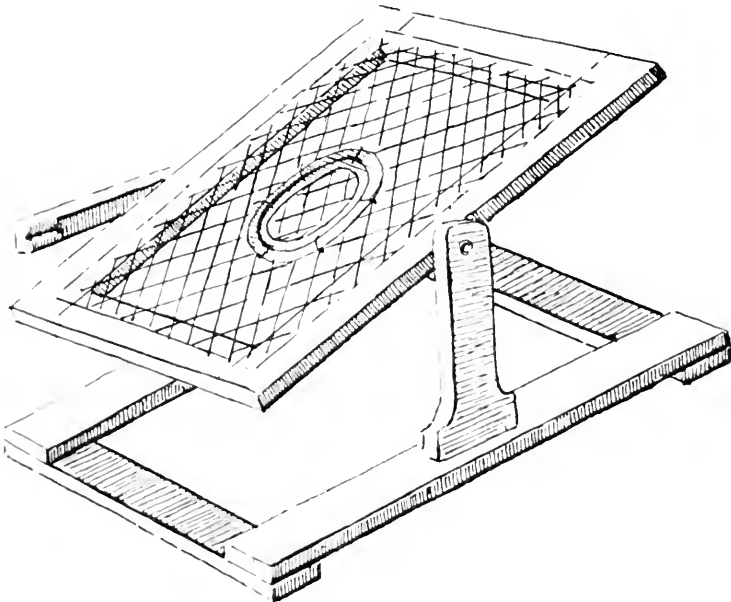


Fig. 9.

Grosser Krabbenhalter.  
(Grösse des Drahtnetzes 30 qcm.)





zusagende Lage zu bringen. Von den nicht abgebildeten Gummibändern mit Metallhaken wird man sich immer eine Auswahl längerer und kürzerer, breiterer und schmalerer Exemplare bereit halten.

Im grossen Krabbenhalter ist das Drahtnetz (30 qcm gross) auf einem quadratischen Holzrahmen montiert. Der Holzrahmen kann, wie aus der Abbildung 9 ersichtlich, um 360° gedreht werden. Dadurch wird es möglich ein Tier erst in aller Bequemlichkeit aufzuspannen und dann nach unten zu kippen. Die Operation in dieser Lage, wenn das Tier unter dem Drahtnetz liegt, wird durch eine runde Scheibe ermöglicht, die mittels Bajonettverschluss am grossen Drahtnetz haftet. Wird diese Scheibe entfernt, so ist die darunter liegende Partie der Operation leicht zugänglich. Diese Vorrichtung ist für Operationen an der Bauchseite von Maja oder Torpedo besonders geeignet. Bethé hat gefunden, dass sich die meisten Tiere ruhig halten lassen, so lange ihre Unterseite den Boden berührt, dass sie dagegen mit dem Rücken auf der Unterlage liegend unruhig sind — ganz abgesehen von der Lage, die sie im Raum dabei einnehmen.

Deshalb muss man immer darauf bedacht sein, die Tiere mit ihrer Unterseite an die Unterlage zu heften.

Der Rahmen des Drahtnetzes im grossen Krabbenhalter ist mit zwei Holzstützen drehbar verbunden, die ihrerseits auf einem festen Holzrahmen stehen, der den soliden Fuss des Instrumentes bildet. Die eine Stütze trägt einen horizontalen Arm, der an der Spitze eine Kerbe trägt. In diese Kerbe schnappt der Holzrahmen des Drahtnetzes jedesmal ein, wenn er sich in horizontaler Lage befindet. Diese Einrichtung gewährt dem Drahtnetz die nötige Sicherheit. Die Gummibänder sind für grössere Tiere entsprechend breiter und stärker zu wählen.

Wir wenden uns jetzt den Apparaten zu, von denen eine beschränktere Anwendung gemacht wird, die aber nicht übergangen werden können, weil sie für biologisch wichtige Versuchstiere gebaut sind.

Der Seeigelhalter besteht aus einem Ring von Hartgummi (12—15 cm Durchmesser), in dem drei Metallschrauben stecken, die an der feinen Spitze dreikantig abgeschliffen sind. Mit diesen Schrauben wird die Schale des Seeigels an drei Stellen durchbohrt. Der Halter wird mit Hilfe seines Griffes an ein Stativ befestigt und frei im Seewasser gehalten. Es ist dies schlechterdings die einzige Art, die scheinbar so unbeholfenen Seeigel festzuhalten.

Fig. 10.

Seeigelhalter.  
(Durchmesser 15 cm.)

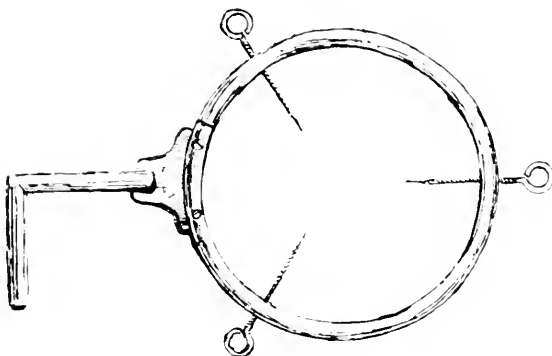
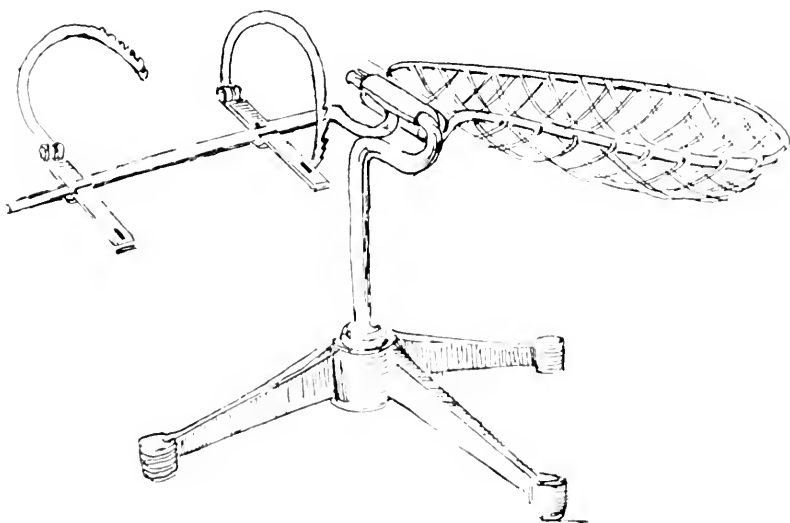


Fig. 11.

Oktopodenhalter  
(ganze Länge 40 cm.)



Der Oktopodenhalter. Frédéricq hat als Fesselungsmodus für die Oktopoden vorgeschlagen, sie mit ihren Armen an ein Brett zu nageln. So roh diese Methode scheint, so hat sie sich dennoch für alle Blutdruckversuche gut bewährt.

Dagegen ist sie unbrauchbar, wenn man den Erfolg der Operation an den Bewegungen des wieder freigegebenen Tieres studieren will. Für alle Operationen am Kopf des Tieres hat sich Anwendung des Oktopodenhalters bewährt.

Der abgebildete Oktopodenhalter von 40 cm Gesamtlänge genügt für Operationen an *Eledone*, *Oktopus makropus* und an kleineren Exemplaren von *Oktopus vulgaris*. Die grossen Oktopoden verlangen viel grössere und derber gebaute Apparate.

Der Oktopodenhalter ruht auf einem gusseisernen Dreifuss und besteht aus einem flachen, länglichen Drahtkorb zur Aufnahme des Körpers. An den Drahtkorb schliesst sich leicht nach unten abbiegend der Armhalter, bestehend aus einem Stab mit zwei federnden Spangen. Die Spangen sitzen gelenkig auf kleinen Metallplatten, die einen Schlitz tragen, in welchen die Spangen mit kleinen Sperrzähnen einschnappen.

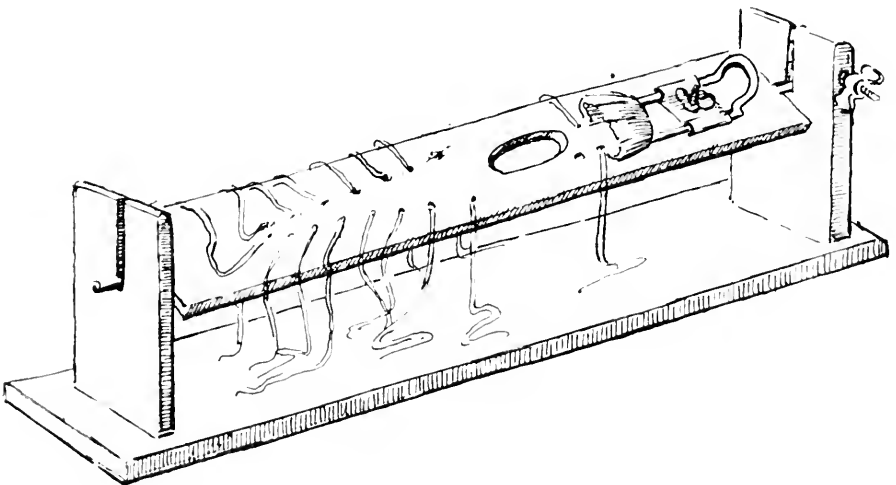
Als Hilfsapparat dient ein an beiden Enden offener Schlauch aus grober Leinwand, der 30 cm in der Länge und 22 cm im Umfang misst. Er wird von rückwärts über das Versuchstier gezogen und mittels einer eingenähten Schnur halskrausenförmig dicht hinter dem Ansatz der Arme mit aller Kraft zugezogen und festgebunden. Da die Gefahr besteht, dass der Schädel unter die Schnur nach vorne rutscht, so muss man durch einen Assistenten während des Einbindens das Tier lang ziehen lassen. Auch muss darauf geachtet werden, dass der Trichter nicht mit eingebunden wird. Einerseits ist es wünschenswert, soviel wie möglich vom Kopf frei zu lassen, andererseits ist die ganze Fesselung umsonst, sowie man nicht hinter, sondern auf den Armen gebunden hat. Denn die Oktopodenarme vermögen sich aus jeder Schlinge herauszuziehen. Der Schlauch wird nun über die Arme herübergezogen und noch zweimal, während er straff gespannt wird, mit dünner Schnur um die Arme eingebunden.

Das derart gefesselte Tier wird auf den Oktopodenhalter getan, wobei der Kopf auf die höchste Stelle zwischen Korb und Armhalter zu liegen kommt. Die Spangen fixieren die im Schlauch eingewickelten Arme. Zur Durchspülung mit Atemwasser dient ein nicht zu dünner Gummischlauch, den man mit einer Naht an den Mantel heften kann.

Der Haifischhalter (Bethé). Für kleinere Haifische genügt der abgebildete, von Bethé konstruierte Halter von 60 cm Länge.

Ein kräftiges Grundbrett, das zwei Stützen trägt, dient als Fuß für den eigentlichen Halter. Dieser besteht aus einem länglichen Brett, das an beiden Enden einen Metallstab trägt. Die Metallstäbe liegen in entsprechenden Kerben, die in die Stützen eingeschnitten sind. Die Kerbe der einen Stütze kann durch Anwendung einer Flügelschraube zusammengepresst werden. So erreicht man es, dass das Brett aus den Kerben frei herausgenommen und wieder eingesetzt werden kann. In den Kerben kann das Brett nach allen Seiten gedreht und beliebig festgestellt werden.

Fig. 12.  
Haifischhalter.  
(Länge 60 cm.)



Wie die Abbildung zeigt, trägt das Brett eine Anzahl von Schnüren, die zum Festbinden des Haies dienen und deren Ansatzstellen ungefähr der Form des Versuchstieres angepasst sind. Da die Haifische eine raue Haut besitzen, haften die Schnüre sehr gut.

Für den Kopf ist eigener Halter vorgesehen, der eine Bewegung nach vor- und rückwärts gestattet. (In zwei Metallhülsen laufen zwei Rundstäbe aus Metall. Sie können durch eine Flügelschraube beliebig festgestellt werden.) Der eigentliche Kopfhalter besteht aus einem Halbring aus Blei, der tiefe Einschnitte trägt. Er wird eng an das Kopfende angepresst, das er möglichst allseitig umfasst.

Das Brett zeigt einen ovalen Ausschnitt, um auch Operationen an der Unterseite, speziell Herzoperationen, zu ermöglichen.

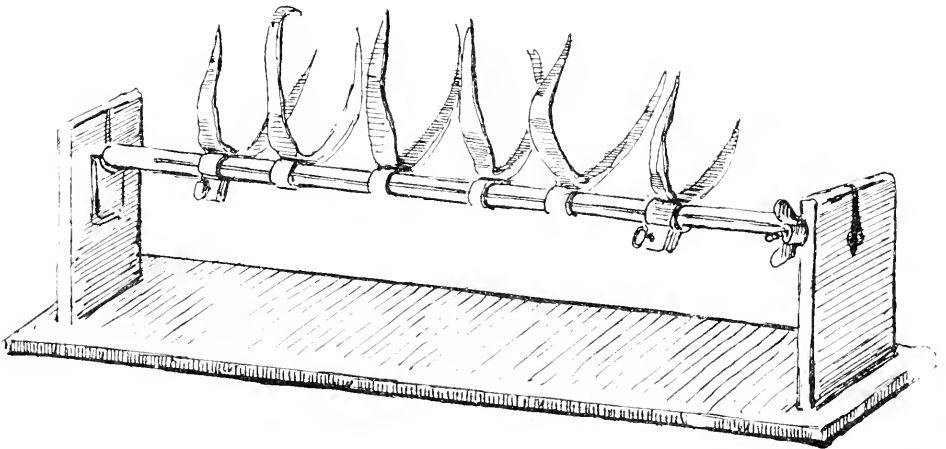
Das Atemwasser wird dem Tier am besten zugeführt, indem man ein kleines Glasröhrchen durch ein Spritzloch steckt und an dem zuführenden Gummischlauch den Zufluss durch eine kleine Schraubenklemme reguliert.

Bei blutigen Operationen ist zu beachten, dass das Blut der Haifische nur dann gerinnt, wenn es mit dem Hautschleim in Berührung gekommen ist (v. Dungen).

Die grösseren Blutgefässe verstopft man mit einem Zündhölzchen (v. Dungen).

Fig. 13.

Knochenfischhalter.  
(Länge des Stabes 60 cm)



Der Knochenfischhalter hat dasselbe Fussbrett wie der Haifischhalter, auch ist dieselbe Einrichtung an den Kerben der Stützen getroffen, um den aufgebundenen Fisch in jede beliebige Lage zu bringen. Nur wird der Halter selbst beim Fesseln des Knochenfisches nicht aus den Stützen genommen.

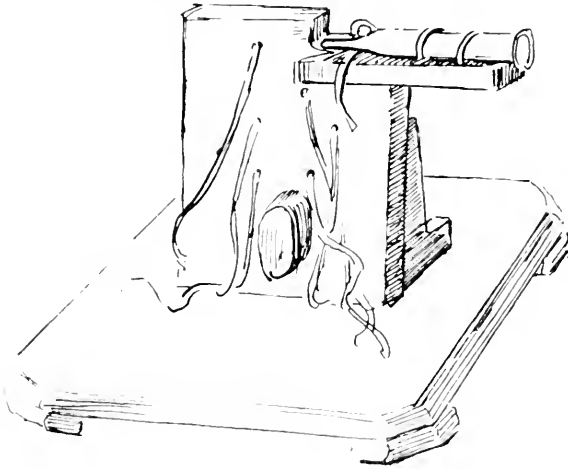
Die Fesselung geschieht durch das Anpressen der lanzettförmigen Bleibänder, die an einem langen Stabe paarweise hinter einander sitzen. Die Bleibänder nehmen nach der Mitte des Fisches an Länge zu und sind am Schwanz und Kopfende kürzer. Sie werden auf der Rückenseite des Fisches, nachdem man sie möglichst platt ange-drückt hat, durch strammsitzende Klemmschrauben paarweise verbunden.

Auf diese Weise gelingt es, den glattesten und stärksten Knochenfisch frei und doch fest zur Operation herzurichten.

Das Atemwasser wird durch ein am Munde angenähertes Gummirohr zugeführt.

Im abgebildeten Instrument betrug die Länge des Stabes 60 cm. Es gestattete daher die Fesselung von Fischen bis zu einem halben Meter Länge.

Fig. 14.  
Seepferdchenhalter  
(aufrechtes Brettchen 5 cm hoch).



Der Seepferdchenhalter (Bethe) besteht aus einem 5 cm hohen Brettchen, das senkrecht auf einer Holzplatte steht. Nahe seiner unteren Seite trägt das Brettchen ein kurzes Stäbchen von ovalem Querschnitt. Hierum ringelt das Seepferdchen seinen Klammerschweif und bleibt ruhig sitzen. Bethe hat beobachtet, dass ohne diese Vorrichtung die Seepferdchen niemals zur Ruhe kommen. Einige Schnüre fesseln das Tier vollkommen in aufrechter Haltung. Ein kleines Glasröhrchen führt den Kiemen das nötige Atemwasser zu.

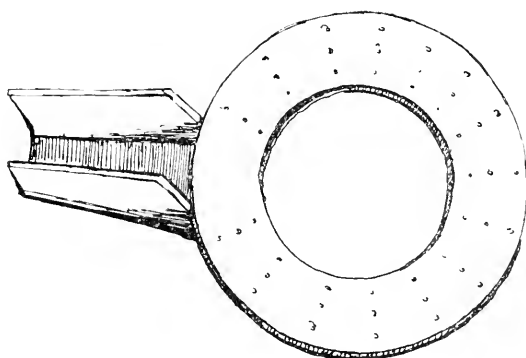
Der Lophiushalter (Schönlein). Ein hölzerner Ring von 25 cm im grössten Durchmesser mit drei Reihen von Löchern, an den eine aus drei Brettchen gebildete Rinne stösst, stellt diesen einfachen und zweckmäßigen Apparat dar.

Der *Lophius piscatorius* ist ein in Neapel recht häufiger Fisch, dessen Lebensgewohnheiten er angelt mit seinem Dorsalstachel, an dem ein häutiges Band flattert, das die Bewegungen eines schwimmenden

Fisches nachahmt, nach kleinen Raubfischen – ihm berührt gemacht haben. Ein sehr merkwürdiges Gehirn und eine phänomenale Hypophyse, die, wie Gast gefunden, vom riesigen Rachen aus relativ leicht zugänglich ist, lassen den Lophius als wichtiges Operationsobjekt erscheinen.

Fig. 15.

Lophiushalter  
(grösster Scheibendurchmesser 25 cm).



Der kurze Leib wird in die Rinne geschoben. Dann werden die Zähne des Unterkiefers mit Sehlngen, die durch die Löcher des Holzringes gezogen sind, an den Ring festgebunden. Der Oberkiefer lässt sich durch einen eingeschobenen Holzklötz feststellen. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, die operierten Tiere am Leben zu erhalten.

### Die Betäubung.

In vielen Fällen ist infolge der Bauart der Tiere die Betäubung der Fesselung vorzuziehen.

Als Narcotica dienen im allgemeinen Kokaïn und Pelletierin, die man als Injektionsmittel verwendet. Alkohol und Kohlensäure werden meist dem Atemwasser zugesetzt. Man wird gut tun, in jedem Falle verschiedene Narcotica durchzuprobieren und sich eine passende Lösung in Seewasser zu bereiten. Man kann für alle Meerestiere annehmen, dass das Seewasser, in dem sie leben, die ihnen zusagende Kochsalzlösung ist. Deshalb wählt man am einfachsten Seewasserlösungen der zu prüfenden Substanzen zur Injektion.

Ein sehr wirksames Lähmungsmittel für alle glattmuskuligen Tiere ist die Wärme. Nur muss man mit der Erwärmung des Wassers sich nach den Wärmemaxima des Meeres richten, in dem die Tiere leben. Für das Mittelmeer und seine Bewohner darf man 28° Celsius als das erlaubte Maximum ansehen, das aber auch nur kurze Zeit ertragen wird.

### Die Operation.

Allgemeines über die Operationstechnik bei den Seetieren zu sagen ist kaum möglich, da sie der Form und Grösse nach zu sehr variieren. Eine Auswahl von kleinen Messern, Scheren, Kanülen und Haken wird man neben einigen grösseren Instrumenten bereit halten.

Die Aufbewahrung der Instrumente erfordert ganz besondere Vorsichtsmaassregeln, da sie sonst nach Berührung mit dem Seewasser in kürzester Zeit rosten. Am besten fährt man, wenn man sein ganzes Instrumentarium dauernd unter Öl hält und jedes Instrument vor dem Gebrauch nur leicht abwischt, sodass es stets mit einer Öldecke bekleidet bleibt.

Der Wundverschluss ist bei allen Tieren, die autotomieren, ein idealer. Leider ist dieses Hilfsmittel in den meisten Fällen nicht anwendbar. Lücken im Panzer werden durch Klebwachs geschlossen. Deshalb sollte man stets nach dem Vorschlag Bethes eine Auswahl Klebwachs von verschiedenem Schmelzpunkt bei sich führen. Alle sonst gebräuchlichen Hilfsmittel, wie Zement, Paraffin, Teer oder Kollodium usw. haben sich nicht bewährt.

Die ungepanzerten Tiere müssen genäht werden. Wie und womit das geschieht, ist ziemlich gleichgiltig, da es noch nicht gelungen ist, eine Wunde zur Heilung zu bringen.

Bisher ist die Frage, ob man Tiere in Seewasserbassins aseptisch halten kann, noch nicht gelöst. Diese Frage kann nur in einem biologischen Institut entschieden werden. Und ein solches wird in absehbarer Zeit nicht entstehen.

Da man während der Operation den Versuchstieren in den meisten Fällen stets frisches Atemwasser zuführen muss, so führt man am besten die Operation auf einem grossen, mit Blei ausgeschlagenen Tisch aus, der erhöhte Ränder und einen weiten Abfluss besitzt. Ohne eine gründliche Überschwemmung mit Seewasser geht es niemals ab.

Der Blutverlust bei der Operation kann eigentlich nur bei den Fischen und Oktopoden in der gleichen Weise wie bei den höheren



Wirbeltieren verhindert werden. Nur bei ihnen kann man durch Unterbinden von Gefässen das Blut stillen. Aber bereits die Oktopoden besitzen im venösen Kreislauf grosse Sinus eingeschaltet, deren Eröffnung langsam zum Verbluten führt, weil ihnen aus unsichtbaren Gewebslücken das Blut zufliesst.

Bei den niederen Mollusken schrumpft das venöse Gefässsystem immer mehr zusammen und schliesslich ist die ganze Leibeshöhle ein einziger venöser Blutsinus. Das Herz entnimmt dann durch besondere Klappen das Blut direkt aus der Leibeshöhle und pumpt es in die Arterien, die sich überall hin verteilen und in Gewebslücken endigen. Diese stehen wieder mit der Leibeshöhle in Verbindung.

Nach diesen Verhältnissen hat man sich bei der Operation zu richten. Oft wird man gut tun, die ganze Leibeshöhlenflüssigkeit vor der eigentlichen Operation zu entfernen und vor Schluss der Wunde wieder ins Tier einzufüllen.

Die Krebse zeigen die gleichen Kreislaufverhältnisse wie die niederen Mollusken. Nur sind die Blutdruckverhältnisse bei ihnen durch das Vorhandensein eines äusseren unachgiebigen Panzers kompliziert. Infolge dessen spielt der Magen, der als elastischer Schlauch in einer starren mit Flüssigkeit gefüllten Kapsel liegt, eine ganz besondere Rolle. Sein Füllungsgrad beherrscht unmittelbar den Blutdruck im ganzen Tier. Deshalb hat Bethe vorgeschlagen, den Magen der Krebse vor Eröffnung des Panzers auszuhebern, um den Blutdruck im Versuchstier herabzusetzen. Das hat zur Folge, dass das Blut nicht über die Wundränder quillt, sondern sich auf ein niedriges Niveau in der Wunde einstellt. So verhindert man den Blutverlust und erleichtert zugleich die Operation. Vor Schluss der Wunde lässt man langsam Wasser in den Magen laufen bis das Blut das Niveau des Wundrandes erreicht hat, um den Lufteintritt zu verhindern.

Über die Anneliden fehlen uns operative Erfahrungen. Viele von ihnen autotomieren.

Die Gephyreen werden wie die Mollusken behandelt, da bei ihnen die Leibeshöhle zugleich arterielles und venöses Gefässsystem ist. Bei den übrigen Würmern braucht man keine Rücksicht auf den Blutverlust zu nehmen.

Das gleiche gilt für die Radiaten, deren Leibeshöhlenflüssigkeit, soweit bekannt, aus Seewasser besteht (Cohnheim). Bei den Cnidarien dient der Verdauungskanal zugleich als Atmungsorgan und Kreislaufsystem (Gastrovascularraum).

## Die Reizung.

Was dem Anatomen das Messer, das sind dem Biologen die Reizelektroden. Wenn die vorbereitende Operation beendet ist, greift der Biologe nach den Elektroden des Induktoriums. Sie sind es, die ihm die verzweigten Bahnen der Reflexe entwirren, die ihm lehren, motorische von rezeptorischen Nerven zu unterscheiden, im Gehirn die Zentren von den Bahnen scheiden<sup>1)</sup>.

Ein kleiner Dubois'scher Schlitten und ein Elektrodenpaar mit langen und feinen Platinaspitzen gehören daher zum eisernen Bestand einer biologischen Ausrüstung.

Wegen der hohen Leitfähigkeit des Seewassers soll man es, wenn irgend möglich, vermeiden, unter Wasser zu reizen. Ist es dennoch nicht zu umgehen, so hülle man die Elektroden in ein Kautschukrohr und tauche die hervorschauenden Platinaspitzen in flüssigen Siegellack. Dann entfernt man mit einer feinen Feile an der äussersten Spitze den Siegellack, bis eine winzige Metallfläche zum Vorschein kommt. Auf diese Weise gelingt es, die Stromschleifen auf ein Minimum zu reduzieren.

Zur Reizung kleinerer Objekte unter der Doppellupe benutzt man, wie bei der Reizung unter dem Mikroskop, eine schwere Glasplatte, die links und rechts breite Metallplatten trägt. Zu den Metallplatten führen die Drähte des Induktoriums. Auf ihnen befinden sich frei beweglich kleine Gewichte aus dem gleichen Metall, die seitliche Spitzen tragen. Legt man das Versuchsobjekt auf die freie Glasplatte, so kann man ihm von links und rechts die Spitzen der Metallgewichte nähern, während diese selbst durch die Metallplatten mit dem Induktorium in Verbindung bleiben.

Das Metall muss möglichst wenig durch Seewasser angreifbar sein, da man es doch nicht vermeiden kann, es gelegentlich zu benetzen.

Reagieren die Versuchsobjekte nicht auf die schnellen Schwankungen der Induktionsströme, so muss man zum konstanten Strom greifen. Ich benutze dann eine Batterie von 30 kleinen Leclanché-Elementen, wie sie von der Firma Reiniger, Gebbert & Sehall geliefert wird und die für alle Zwecke ausreicht.

<sup>1)</sup> Bei alledem darf man nicht vergessen, dass es noch niemals gelungen ist, durch Reizung eines motorischen Nerven eine normale Muskelbewegung hervorzurufen.

Zur intermittierenden Reizung mittels konstantem Strom benutzt man mit Vorteil ein gewöhnliches Metronom, an das man 2 leitend verbundene Platinhaken anbringt, die bei jedem Pendelschlage in ein Doppelbassin eintauchen. Jedes Bassin ist mit Quecksilber gefüllt und empfängt je einen Draht, die in den Reizkreis eingeschaltet werden. Beim Eintauchen wird der Kreis einen Moment geschlossen und gleich darauf geöffnet. So erhält man sehr wirksame Reizungen.

Als Elektroden verwendet man dabei die gleichen Platinelektroden wie bei der Induktionsreizung.

Bei Dauerreizung mit dem konstanten Strom verwendet man die gebräuchlichen Tonstiefelektroden. Nur wird der Ton mit einer 3—4proz. Kochsalzlösung angeknetet. Zum Versuchsobjekt führt vom Tonstiefel ein in Seewasser getauchter Wollenfaden.

Zur Auslösung eines Reflexes vom Rezeptor aus wendet man meist die mechanische Reizung an. Eine feine Borste, die von einem Holzstiel getragen wird, leistet die besten Dienste. Sonst verwendet man feine Glasstäbchen, deren Spitze man jede beliebige Form geben kann.

Zur tetanisierenden mechanischen Reizung hat Bethe in seiner Allgemeinen Anatomie und Physiologie des Nervensystems auf Seite 417 einen Apparat angegeben, der das vollkommenste in dieser Art zu sein scheint.

Zur chemischen Reizung eignen sich Kochsalzkrystalle am besten, weil sie sich in Seewasser nicht allzu rasch lösen und doch energisch wirken, sodass man die Wirkung entstehen sieht, während noch ein Rest der reizenden Substanz den Ort der Reizung angibt.

Sehr bequem ist auch Saccharin, das gleichfalls nicht allzu leicht löslich ist und das wie eine schwache Säure wirkt.

In vielen Fällen ist Kaffein brauchbar, auch Rohrzucker tut seine Dienste. Zur lokalisierten Narkotisierung benutzt man Kokainkrystalle.

Zur biologischen Analyse eignen sich die festen Reizkörper viel besser als die flüssigen, weil sie sich besser lokalisieren lassen. Da sich aber die Reizung mit flüssigen Substanzen nicht umgehen lässt, so führt man sie bei Reizung unter Wasser mit einer ganz fein ausgezogenen Pipette nahe an's Versuchstier heran. Zur Vorsicht kann man sie mit einem unschädlichen Stoff färben, um ihre Verbreitung zu kontrollieren. Ausserdem empfiehlt es sich, die Reizlösung ein klein wenig spezifisch schwerer zu machen als das Seewasser, wodurch man eine viel lokalisiere Wirkung erhält.

Als flüssige Reizmittel kommen Essigsäure, Ammoniak und Nikotin hauptsächlich in Betracht, alle mit Seewasser verdünnt. Ferner bedient man sich häufig kohlensaures Seewassers als Reizmittel. Dieses wird am besten mit Hilfe einer Kapsel flüssiger Kohlensäure in den gebräuchlichen Sodorflaschen hergestellt.

### **Die Methode der Fragestellung in der Biologie.**

Nur derjenige, der die einzigartige Stellung der Biologie erfasst hat, wird verstehen, worin das Charakteristische in der biologischen Fragestellung besteht.

Wie die Mineralogie zwischen Geologie einerseits und Physik-Chemie andererseits ihren Platz behauptet, so hat sich die Physiologie zwischen Zoologie (resp. Anatomie) einerseits und Physik-Chemie andererseits eingeschoben.

Sowohl Geologie wie Zoologie sind reine beschreibende Naturwissenschaften, während Physik und Chemie danach streben, reine experimentelle Wissenschaften zu sein.

Weder der Geologe noch der Zoologe befasst sich mit Experimenten. Dagegen führt jeder von ihnen möglichst übersichtlich Buch über die Naturerscheinungen, die er erforscht.

Chemiker und Physiker streben danach, die Beschreibung der Naturerscheinungen unnötig zu machen, indem sie an ihre Stelle eine einfache Darstellung der Naturgesetze setzen.

Wer die Naturerscheinungen in ihre Elemente zu zerlegen vermag und sie aus ihren Elementen wieder aufbauen kann, der braucht sich nicht mit der Beschreibung einzelner Fälle abzuquälen, da er die Regel kennt, die alle Fälle beherrscht.

Sowohl Mineralogie wie Physiologie streben dem gleichen Ziele zu. Sie suchen die Naturprodukte, wie sie sich in der anorganischen und organischen Welt vorfinden, zu sichten und sie, soweit als möglich, unter die bereits von der Chemie und Physik gefundenen Naturgesetze zu bringen.

Die Naturprodukte sind in der anorganischen Welt nicht zweckmäßig geordnet (oder wenn sie es sind, in einer für uns unerkennbaren Weise).

In der organischen Welt aber sind die Naturprodukte zweckmäßig geordnet. Und im Studium dieser Zweckmäßigkeit besteht die Biologie. Sie betrachtet die Organismen als Naturzwecke, während die Physiologie sie als Naturprodukte behandelt.

Die Erkenntnis einer Zweckmäßigkeit ist eine Einsicht in die Beziehungen der Teile zum Ganzen. Wo uns in der Natur das zweckmäßige Ganze fertig entgegentritt, ist die Tätigkeit der Biologie eine analysierende, indem sie die Teile aufsucht, aus denen das Ganze zweckmäßig aufgebaut ist. Das kann nur auf experimentellem Wege geschehen.

Da aber im Gegensatz zu unseren Maschinen die Naturzwecke gegeben sind, aber nicht gemacht werden können, so fällt die für die experimentellen Wissenschaften ausschlaggebende Synthese in der Biologie fort. An Stelle der experimentellen Synthese tritt die Beschreibung der gefundenen Zweckmäßigkeit.

Aus diesem Grunde muss die Biologie darauf verzichten, jemals ein wirkliches Naturgesetz zu finden, das sich sowohl durch die Analyse wie durch die Synthese prüfen liesse. Da sie keine für alle Fälle gültige Regel aufstellen kann, ist sie gezwungen, die Einzelfälle zu beschreiben und zu registrieren.

So hat denn die Biologie sowohl eine experimentelle Seite, mit der sie an die Physiologie grenzt, als auch eine beschreibende Seite, durch die sie der Zoologie benachbart ist.

Da es keine Biologen von Fach gibt — weil die Biologie bisher kein Fach ist — so ist es nur allzu natürlich, dass die aus den Nachbargebieten der Biologie stammenden Forscher sich der Fragestellung bedienen, die in ihrer Wissenschaft am Platz ist.

Es werden die Zoologen, die den hohen Wert allgemeiner Gesichtspunkte kennen gelernt haben, um die notwendige Ordnung in die zahllosen anatomischen Daten hinauszubringen, allezeit geneigt sein, auch in die Biologie immer neue Gesichtspunkte einzuführen, von denen aus sie oft in geistreicher Weise die biologischen Probleme von allen Seiten beleuchten.

Bis vor kurzem wurde z. B. Alles in Tropismen aufgelöst. Und was kann nicht alles als Tropismus betrachtet werden: Wenn ein Fisch flussauf oder flussab schwimmt, so ist das positiver oder negativer Rheotropismus. Wenn ein Wurm sich in eine Ecke verkriecht, so ist das positiver Goniotropismus oder Kryptotropismus. Überblickt man das Gesamtergebnis dieser Terminologie, so ist, abgesehen von dem Vergnügen an griechischen Namen, nur wenig dabei gewonnen worden. Eine tiefere Erkenntnis ist durch diese Klassifikation nicht erreicht worden.

Das blosse Einfügen eines biologischen Phänomens in ein neues oder altes Schema hat nur problematische Bedeutung, d. h. es

bedeutet das Erkennen eines wissenschaftlichen Problems in einer Naturerscheinung und die Klassifizierung des erkannten Problems unter bereits bekannte Gruppen von Problemen.

Das Erkennen einer Aufgabe ist aber keineswegs identisch mit ihrer Lösung.

Immerhin ist das Entdecken eines Problems der Beginn aller wissenschaftlichen Arbeit. Dagegen ist das Klassifizieren bereits bekannter Probleme unter neue Gesichtspunkte gar keine wissenschaftliche (d. h. Wissen schaffende) Arbeit, sondern eine dialektische. Diese führt zu keinerlei Erkenntnis, sondern verführt allzu leicht zu fruchtloser Spekulation.

Wenn ich eine Fliege in eine Flasche tue und sie dann mehrere Male mit dem Kopf ans Glas stösst, ehe sie ins Freie gelangt, so kann ich auch hieraus einen Gesichtspunkt gewinnen, von dem aus sich alle Lebenserscheinungen der Tiere betrachten lassen. Ich brauche bloss von Versuch und Irrtum (Trial and Error) zu reden und jede tierische Handlung gruppiert sich von selbst nach diesem Schema. Aber gewonnen habe ich hierdurch nichts.

Die Aufgabe des Biologen ist die Erforschung der Zweckmäßigkeit in den Lebenserscheinungen der einzelnen Tiere. Diese Zweckmäßigkeit kann aber nicht logisch gefolgert werden, sondern muss jedes einzelne Mal mit Hilfe der Anschauung erforscht werden. Die Neuordnung der biologischen Probleme bedeutet nichts anderes als den bekannten Inhalt in andere Gefässe giessen. Unsere Aufgabe aber soll es sein diesen Inhalt zu vermehren.

Unser biologisches Wissen vermehren wir einzig und allein durch Beobachtung und durch das Experiment.

Nur durch die Beobachtung jedes einzelnen Tieres lernen wir in ihm die Beziehungen der Teile zum Ganzen kennen. Für die animale Biologie konnten wir feststellen, dass allen Lebenserscheinungen die gleichen Elemente zu Grunde liegen, die den Reflexbogen bilden. Deshalb gibt es für die animale Biologie nur einen Gesichtspunkt: den zweckmäßigen Aufbau eines jeden Tieres auf seinen Reflexbögen zu erkennen.

Dieser Gesichtspunkt ist deswegen so ungemein fruchtbar, weil er immer wieder zur Analyse, zum Experiment anregt. Nach diesem Gesichtspunkt hat sich daher die gesamte Fragestellung in der animalen Biologie zu richten.

## Die Methode der Darstellung in der Biologie.

Wir haben die Biologie dahin charakterisiert, dass sie eine experimentelle-analytische und eine beschreibende-synthetische Seite besitzt.

Durch das Experiment wird das Tier in seine Teile zerlegt, durch die Beschreibung wird der Zusammenhang der Teile zum Ganzen dargestellt.

Während die biologischen Forscher, die aus der Zoologie stammen, die Neigung zeigen, die experimentelle Seite auf Kosten der beschreibenden zu unterschätzen, sind die Physiologen dahingegen der Ansicht, dass nur das Experiment irgend welchen Wert habe und dass die Darstellung bloß als Verständigungsmittel in Betracht kommt. Sie alle zeigen mehr oder minder das Bestreben, die Darstellung möglichst auf eine mathematische Formulierung der beobachteten Erscheinung zu beschränken.

Diese Stellungnahme bedeutet den Verzicht auf das Studium des Lebens, da das Leben uns immer nur in der Form einer bestimmten, von der Natur gegebenen Zweckmäßigkeit entgegentritt und zur Erkenntnis einer Zweckmäßigkeit ausser der Analyse auch noch die Synthese gehört.

Die Synthese von Naturorganismen kann nur eine beschreibende sein. Daher spielt die Beschreibung in der Biologie eine ganz andere Rolle als in der Physiologie.

Die blosse experimentelle Analyse eines Lebensvorganges liefert keine biologische Erkenntnis.

Es muss das Versuchsergebnis als ein neuer Baustein bei der Beschreibung des zweckmäßigen Aufbaues des Tieres benutzt werden, sonst hat das Experimentieren keinen Sinn.

Einzel Tatsachen, die in keinem Zusammenhang mit der Organisation des Ganzen stehen, haben für die Biologie keinen Wert. Sie belasten bloss das Gedächtnis. Und Gedächtnisballast soll man wegfehen so schnell man kann.

Die Biologie ist die einzige Wissenschaft, welche die Darstellung der gefundenen Daten nicht dem Belieben des Einzelnen überlässt, weil erst durch die Darstellung die wissenschaftliche Arbeit ihren Abschluss erreicht.

Die Darstellung darf daher nicht in einer blossen Beschreibung des Gesehenen bestehen, sondern soll einen Beitrag zum weiteren Ausbau der bisher erkannten Zweckmäßigkeit liefern. In der Biologie

liefert eine Summe von Wissen keine Erkenntnis. In ihr ist nur organisiertes Wissen Erkenntnis. Alles andere ist Ballast.

Wenn sich die Biologen von dieser Überzeugung durchdringen lassen, so wird das auf die recht verwahrlosten Zustände in der Literatur einen wohlthätigeren Einfluss ausüben, als alle Klassifizierung und Referierung der erschienenen Arbeiten. Sobald sich die Arbeiten selbst an den von der Natur gegebenen Rahmen der Zweckmäßigkeit innerhalb eines jeden Tieres halten, wird jede äussere Ordnung der Literatur entbehrlich.

Dann werden die Forscher auch vor der Publikation unfertiger Arbeiten zurückschrecken. Zu den unfertigen Arbeiten sind z. B. alle Arbeiten zu rechnen, die bloss statistisches Material beibringen.

Wenn ich durch Beobachtung feststelle, dass ein Tier auf den gleichen Reiz 10 mal nach rechts und 20 mal nach links geht, so ist damit nur bewiesen, dass es mir noch nicht gelungen ist, die Allgemeinbewegung in ihre Teilerscheinungen aufzulösen. Denn dann würde ich eben wissen, warum das Tier 10 mal nach rechts und 20 mal nach links geht. Bevor ich das aber nicht weiss, habe ich gar nicht das Recht meine Beobachtung zu publizieren.

Wo würden wir hinkommen, wenn wir die Lebensbeschreibung jedes Tieres schreiben wollten, ohne uns um die innere Notwendigkeit zu kümmern, die jedem Tiere sein Dasein vorschreibt?

Schon von der ersten Arbeit an sollten es sich die Biologen zur Pflicht machen, nur solche Arbeiten zu publizieren, die einen weiteren Aufschluss über die innere Zweckmäßigkeit eines Tieres zu geben geeignet sind. Wenn sich dann Baustein an Baustein fügt, dann kann sich die Biologie allen anderen Wissenschaften an Vollkommenheit der inneren Ausgestaltung überlegen zeigen. Denn nur bei ihr ist das Ziel der Erkenntnis zugleich das Mass der Darstellung.

Was die biologische Ausdrucksweise betrifft, so sind in ihr alle psychologischen Bezeichnungen streng zu meiden und statt ihrer neue Worte anzuführen, um die objektiven Vorgänge im Nervensystem zweifelsfrei wiederzugeben. Es hat wirklich keinen Sinn Worte wie Intelligenz, Gedächtnis etc. anzuwenden und ihnen dabei eine Bedeutung unterzuschieben, die dem allgemeinen Sprachgebrauch schurack zuwiderläuft. Von Beer, Bethe und mir ist der erste umfassendere Vorschlag einer objektivierenden Nomenklatur ausgegangen und Nuel hat in seiner Vision in glänzender Weise den Beweis erbracht, dass sich eine solche Nomenklatur bis zum Menschen hinauf durchführen lässt.



# Spezieller Teil.



## Einleitung.

Die möglichst kurz gehaltenen Aufsätze über die einzelnen Tierarten sollen nur zur Einführung des Forschenden dienen und keine Darstellung des biologischen Wissens sein. Von allgemeinen biologischen Gesichtspunkten ausgehend, sollen sie den Leser so weit mit den speziellen Verhältnissen bekannt machen, als er gerade bedarf, um von da ab selbständig und ohne Führung weiter zu schreiten.

Es ist in den Einführungen auf ein Referieren der erschienenen Arbeiten verzichtet worden, weil ein Referat nur für den Fernstehenden von Interesse ist. Der Forschende kann nur aus den Originalarbeiten selbst Nutzen ziehen. Nur um dem Anfänger den Weg zu den Spezialarbeiten zu erleichtern, sind zum Schluss der Aufsätze ein paar Arbeiten genannt.

Ich habe mich daher im wesentlichen darauf beschränkt, nur das zu sagen, was sich in den Spezialarbeiten nicht findet. Indem ich eine jede Tierart als einen neuen und eigenartigen Strauss von Problemen dem Leser darzubieten trachte, hoffe ich den Einen, der sich für bestimmte Probleme interessiert, zu den geeignetsten Objekten hinzuführen, und den Anderen, der sich für ein bestimmtes Tier interessiert, auf die interessantesten und allgemeinsten Fragen aufmerksam zu machen, die sich an diesem Tier besonders leicht lösen lassen.

Dass diese Hinweise sehr unvollkommener Art sind, weiss ich selbst. Aber ein Jeder tut nur das, was er kann.

### Allgemeine Literatur.

Als unentbehrliches Hilfsmittel hat sich stets die systematisch behandelte Zoologie von Ludwig (in der Synopsis der drei Naturreiche von Leunis, Bd. 1 und 2) erwiesen, um vor allen Dingen festzustellen, wohin das beobachtete Tier gehört.

Die nächste Frage nach der Anatomie des Tieres wird vom Lehrbuch der vergleichenden Anatomie von Lang in zuverlässiger Weise gelöst.

Das Lehrbuch der praktischen vergleichenden Anatomie von Vogt und Jung gibt uns wertvolle Aufschlüsse über die Präparation. Der Atlas d'Anatomie comparée des Invertébrés von Vassière unterstützt uns dabei.

Die vegetative Biologie hat ihre Darstellung gefunden in der Vergleichenden chemischen Physiologie der niederen Tiere von v. Fürth. Ein Lehrbuch der animalen Biologie fehlt. Dafür haben einzelne Kapitel eine vergleichende Darstellung erfahren. Zu nennen ist besonders: Die äusseren mechanischen Werkzeuge der Tiere von Vitus Graber in dem Wissen der Gegenwart, Bd. XLIV und XLV).

Die Photorezeption der Tiere hat im ersten Abschnitt der La Vision von Nuel (in Bibliothèque internationale de Psychologie expérimentale 1904) eine übersichtliche, streng wissenschaftliche Darstellung erfahren.

Die allgemeinen Probleme des Nervensystemes haben in der Allgemeinen Anatomie und Physiologie des Nervensystemes von Bethe eine grundlegende Umbearbeitung und eminente Bereicherung erhalten. Während Loeb in seiner Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie zum ersten Male an die speziellen Probleme der einzelnen Zentralnervensysteme herantrat, die er in durchaus individueller und einheitlicher Weise behandelt.

Verworn's allgemeine Physiologie stützt sich im wesentlichen auf die Einzelligen und kommt daher für uns weniger in Betracht.

Alle Einzelwerke werden aber, soweit sie zur Orientierung dienen sollen, an Bedeutung übertroffen durch die meisterhaften Jahresberichte der Station Neapel, die uns in einem speziellen Kapitel auch über die biologischen Neuerscheinungen auf dem Laufenden halten.

Die gesamte Literatur der Muskel und Nervenphysiologie findet sich in Biedermanns Elektrophysiologie, fortgesetzt in Asher und Spiro.

## Allgemeine Gesichtspunkte und Einteilung.

An allen Metazoen lassen sich zwei Organgruppen unterscheiden, die den beiden Hauptfunktionen des Lebens dienen: der animalen Funktion, der Nahrungsaufnahme und der vegetativen Funktion, der Nahrungsassimilierung. Man scheidet die beiden Funktionen auch als Bewegung und Verdauung.

Anatomisch werden die beiden Organgruppen kurz als Mantel und Eingeweide einander gegenüber gestellt.

Soll weniger das Umhüllende, als das Tragende der animalen Organe zum Ausdruck gelangen, so spricht man auch von Stamm und Eingeweiden.

Jedoch drückt das Wort Mantel die Beziehungen der animalen Organe zur Aussenwelt besser aus und diesen Beziehungen verdanken sie allein ihre Form und ihre Bedeutung.

Der wichtigste Teil im Tierkörper ist der Mund, der die beiden Organgruppen funktionell miteinander verbindet. Es kam daher nicht Wunder nehmen, dass die Lage des Mundes für die gesamte Organisation der Tierkörper von ausschlaggebender Bedeutung ist. Er liefert uns denn auch das Merkmal, um die beiden prinzipiell verschiedenen Gruppen des Tierreiches von einander zu trennen.

1. Der Mund liegt in der Mitte des Tieres — Radiaten.
2. Der Mund liegt am Vorderende des Tieres — Bilateral-Tiere.

### Die Radiaten.

Tiere ohne Vorderende. (Keine Achse des Tierkörpers gibt zugleich die Bewegungsrichtung des Tieres an.)

Der Mund sitzt in der Mitte des Tieres an einem Ende der Zentralachse des Körpers, um welche sich die Körpersegmente strahlenförmig anordnen. Der Mund wird nach oben oder unten getragen (Ausnahme: die Holoturien).

Alle Körpersegmente sind einander gleichwertig.

Alle Reflexe sind einander koordiniert. Das zentrale Nervensystem besteht aus einem einfachen Netz ohne oder mit nur geringer Gliederung. Fast alle Bewegungen lassen sich auf das allgemeine Gesetz der Erregungsleitung in einfachen Nervennetzen zurückführen.

Die Repräsentanten sitzen stets in möglichster Nähe ihrer Gefolgs-muskeln, selbst da, wo sie mit dem Netz zu einem zentralen

Strang vereinigt werden. Die Repräsentanten sind nie verkoppelt noch einander subordiniert.

Ganz kurze Reflexbögen sind überall die Regel. Sie ermöglichen die Ausbildung von Reflexpersonen, d. h. die Ausstattung einzelner Organe mit einem vollen Reflexapparat. Die Reflexpersonen können auch getrennt vom Tier ihr selbständiges Dasein eine Zeitlang weiterführen.

Man nennt Tiere, die sich aus Reflexpersonen und einem einfachen zentralen Verbindungsnetz zusammensetzen, Reflexrepubliken. Wenn eine Reflexrepublik viele, verschiedene Handlungen ausführen soll, müssen zahlreiche Reflexpersonen vorhanden sein, die sich in der Bauart unterscheiden. Eine Reflexrepublik ist nicht imstande mit wenigen einfachen Organen verschiedene Handlungen zu vollführen. Sie bedarf für jede Handlung eines besonderen, diesem Zweck angepassten Apparates.

Es treten deshalb hoch differenzierte knöcherne und muskulöse Apparate auf, die technisch geradezu vollkommen gebaut sind.

Da alle Radiaten bloss ein einfaches Netz besitzen, das eine Differenzierung der Rezeptoren nicht zu verwerten vermag, so sind sie von einem allgemeinen anelektiven Rezeptionsorgan überzogen. Doch werden Licht- und Schattenreize in diffuser Weise häufig in Erregung verwandelt. Speziell ausgebildete Photo-, Tango- und Chemorezeptoren finden sich nur gelegentlich. Die Radiaten sind gut überlebend.

### **Schwämme.**

Festsitzende Tiere, die noch keine Differenzierung in Mantel und Eingeweide zeigen. Die Körperwand ist zugleich Verdauungsorgan. Die animalen Funktionen beschränken sich auf ein Herbeistrudeln des Seewassers, dem beim Passieren der Körperkanälchen die suspendierten Nahrungspartikel entnommen werden. Die Ausfuhröffnung kann bei den einfachen Kalkschwämmen auf Reiz geschlossen werden. Doch scheint noch kein echter Reflex vorzuliegen. Die Literatur, die im wesentlichen physiologisch-chemische Fragen behandelt, findet sich bei v. Fürth.

### **Aktinien.**

Sind meist festsitzende, wenn auch selten festgewachsene Mägen, die mit einer derben Muskelschicht überzogen sind. Der nach oben schauende Mund ist von einem Kranz muskulöser wassergefüllter

Schläuche (Tentakeln) umgeben, die ihm die Nahrung zuführen. Ihre Bewegungen sind nicht genügend analysiert. Die Tentakel tragen Chemorezeptoren und sind autodermophil.

Einen ausreichenden Schutz gewähren den Aktinien ihre Nesselorgane. Man benutzt die Aktinien gern als biologisches Reizmittel.

Viele Aktinien stossen ihre Gekrösefäden, die als Verdauungsorgane fungieren, nach aussen und ziehen sie mit Nahrungspartikeln beladen wieder ein. Der Vorgang ist nicht analysiert.

Da der muskulöse Magen bei einigen Arten (*Cerianthus*) bis zu 25 cm lang wird, eignen sich diese zu interessanten Orientierungsversuchen.

Literatur: Loeb, Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie. Nagel, Experimentelle sinnesphysiologische Untersuchungen an Coelenteraten in Pflügers Arch., Bd. 57 1894.

## Medusen.

Der Grundtypus einer Meduse ist ein Schirm aus elastischem Gewebe, der an seinem freien Rande ein ringförmiges Muskelband trägt. Die Verkürzung des Muskelbandes bewirkt eine Vorwölbung des Schirmes, der seinerseits beim Zurückfedern die Muskeln dehnt. Schirm und Muskelband wirken als Antagonisten rhythmisch gegeneinander. Das zentrale Netz ist einfach und einheitlich. Der Rhythmus gehorcht dem allgemeinen Gesetz des Erregungsablaufes.

Jede Schirmbewegung reizt besondere am Rand sitzende Tangorezeptoren, von denen die Erregung für die nächste Muskelkontraktion ausgeht.

Bei den akraspeden Medusen dient die Schirmbewegung durch passive Erweiterung und Verengung des Magens zugleich zur Nahrungsaufnahme, der Atmung und dem Kreislauf.

Die kraspedoten Medusen, die einen langen muskulösen Mundstiel und zum Teil muskulöse Fangfäden besitzen, zeigen richtigen Nahrungsfang und ein reicheres animales Leben.

Literatur: Romanes: Jelly-Fisch o. c., New-York 1895. — Bethe, Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems. — Yerkes, Mehrere Abhandlungen im American Journ. Physiol. — Uexküll, Mitt. d. zool. Station Neapel, Bd. 14 1901.

## Ctenophoren.

Die Rippenquallen, die sich durch Schlagen kleiner Plättchen freischwimmend fortbewegen, zeigen nur geringe echte reflektorische Tätigkeit. Ihr Bewegungsmodus steht der Flimmerbewegung näher als der Muskelbewegung, obgleich er auch vom zentralen Netz beherrscht wird. Nur der Venusgürtel schwimmt durch rhythmische Kontraktion echter Muskelfasern. Seine Bewegungen sind nicht genügend analysiert.

Ein komplizierter Statolit scheint die Bewegungen der Rippenquallen zu beherrschen. Einige Arten besitzen hochausgebildete Fangfäden, deren Tätigkeit nicht analysiert ist.

Literatur: Chun, Ctenophoren-Fauna und Flora des Golfes von Neapel, I. Jahrgang No. 1. — Verwoorn, Gleichgewicht und Otolithenorgan, Pflüger, Bd. 50.

## Siphonophoren.

Die Siphonophoren tragen ihre einzelnen vegetativen und animalen Organe wie Perlen an der Schmur an ihrem Darm aufgereiht. Den muskulösen Darm umspinnt das zentrale Netz und verbindet die einzelnen Reflexpersonen dieser vollkommensten Reflexrepublik. Eine Analyse fehlt.

## Seeigel.

Was den Seeigeln ihr charakteristisches Gepräge gibt, ist die Verschiedenheit ihres animalen und vegetativen Bauplanes. Während die, innerhalb der Schale gelegenen, Eingeweide einem einzigen Individuum angehören, sind die animalen Organe ausserhalb der Schale lauter selbständige Reflexpersonen, die eines der interessantesten republikanischen Gemeinwesen bilden. Die Reflexpersonen sind untereinander durch zahlreiche einfache Nervenetze verknüpft. Alle gleichartigen Reflexpersonen sind durch den gleichen und spezifischen Bau ihrer Repräsentanten auf eine bestimmte Form der Tonuswelle eingestellt, die wiederum von der Intensität des äusseren Reizes und der Empfänglichkeit der allgemein vorhandenen anelektiven Rezeptoren abhängt. Dieses allgemeine Rezeptionsorgan gestattet nach verschiedenen Richtungen Abweichungen entsprechend den Bedürfnissen der einzelnen Art. (Licht- und Schattenreizung mit Hilfe von Purpur und zentralen Reservoiren.) So kommt ein reiches und doch einheitliches Handeln zu Stande.



Interessant ist die mannigfaltige Ausbildung von Reflexpersonen durch normale und paradoxe Repräsentanten unterstützt durch einen technisch merkwürdigen Knochenbau und eigenartige Neurodermorgane, ferner die Schutzvorrichtung zur Verhütung eines Kampfes aller gegen alle durch die Autodermophilie. Gift- und Schleimsekretion greifen gleichfalls an passender Stelle in den allgemeinen harmonischen Gang der Handlungen ein, der den höchsten Grad der Vollkommenheit bezeichnet, den reine Koordination zu erreichen imstande ist.

Literatur: Ludwig und Hamann, Die Seeigel in Bronns Klassen und Ordnungen.

### **Spatangiden.**

Das Leben unter dem Sande vereinfacht die Lebensbedingungen und beschränkt die Ausbildung der animalen Organe. Dementsprechend besteht die Bewaffnung der Spatangiden im wesentlichen aus einem gleichartigen Borstenkleide. Die schöne Wellenbewegung dieser Borsten beim Verschwinden unter dem Sande ist nicht analysiert. Zwei lange Borstenbüschel dienen zur Freihaltung der Atemöffnungen bis die zum Tapezieren der Atemschachte dienenden Sandkörnchen herbeigeschafft und von den Kölbchen mit klebrigem Sekret umkleidet sind. Ich habe gefunden, dass diese Kölbchen grüne und purpurfarbige Pigmentzellen besitzen, die sich durch Einwirkung des Sonnenlichts verfärben und zwar werden die grünen Zellen tiefschwarz, die Purpurzellen aber hellen sich auf. Dabei kontrahieren sie sich alle. Diese Tatsachen scheinen mir für die Lichtrezeption von allgemeiner Bedeutung zu sein.

Eine gründliche biologische Bearbeitung der Spatangiden wäre sehr wünschenswert. Besondere Aufklärung erheischen die Bewegungen der so ausserordentlich dehnbaren grossen Tentakeln des Mundes.

Literatur: Vitus Graber, die Werkzeuge der Tiere.

### **Die Seesterne.**

Wie eine Hand mit fünf Fingern umfassen die Seesterne mit ihren fünf Armen ihre Beute und stülpen dann ihren Magen aus, der das Opfer zu verdauen anfängt. Um ihrer Beute habhaft zu werden, sind die Seesterne immer auf der Jagd, geleitet durch ausgezeichnete Chemorezeptoren. Ihr Hautsekret ist ein furchtbares Gift. Tausende kleine Zangen schützen die Rückenhaut vieler Arten.

Das reiche Reflexleben dieser schönen Tiere spielt sich gleichfalls auf der Basis eines einfachen Nervennetzes ab. Es harret einer durchgreifenden Analyse.

Literatur: Ludwig und Hamann, die Seesterne in Bronns Klassen und Ordnungen. — Demoor und Chapeaux, Contribution à la physiologie nerveuse des Echinodermes in Tijdschr. Nederl. Dierk. Ver. (2) Deel 3 1891.

### Schlangensterne.

Die rhythmischen Gehbewegungen der Schlangensterne beruhen auf dem antagonistischen Arbeiten ihrer Armmuskeln, das nach dem allgemeinen Gesetz des Erregungsablaufes die Tonusbewegungen beherrscht. Die Bauart der knöchernen Wirbelgelenke wirkt Richtungsgebend mit. Die Nahrungsaufnahme geschieht entweder durch eine Armbewegung oder eine Tentakelbewegung. In jedem Falle sitzen die Chemorezeptoren in den Tentakeln. Der einzige Punkt von zentraler Bedeutung ist ein funktioneller und kein anatomischer, der Pulsationspunkt an dem die Tonuswellen von entgegengesetzten Seiten stammend im Ringkanal zusammenstossen. Reflexspaltung und Autotomie spielen eine bedeutende Rolle.

Literatur: Ludwig und Hamann, die Schlangensterne in Bronns Klassen und Ordnungen. — Uexküll, Studien über den Tonus II in Zeitschr. für Biologie, Bd. XLVI, 1904.

### Crinoiden.

Die Haarsterne vermögen mit ihren feinfedrigen Armen sowohl zu schwimmen wie zu gehen. Eine Analyse ist sehr erschwert durch ihre ausserordentliche Zerbrechlichkeit. Sie sind die ersten Tiere, in denen die völlige Trennung des Zentralnervensystemes in einem animalen und einem vegetativen Teil experimentell nachgewiesen wurde (Carpenter).

### Die Holoturien.

Die Seewalzen sind die einzigen Radiaten, die sich in der Richtung ihrer Zentralachse fortbewegen und auf diese Weise ein Vorderende erworben haben, an dem der Mund liegt. Da sie aber meistens still liegen und Sand und Schlamm fressen, hat die veränderte Körperdisposition auf die animalen Funktionen wenig eingewirkt. Nur die Synaptiden mit ihrem langen Körperrohr zeigen

die erste Andeutung peristaltischer Bewegungen. Ihre Analyse ist durch die ausserordentlich leicht auslösbare Autotomie erschwert.

Bei den übrigen Holoturiern tritt die Muskel-tätigkeit immer mehr zurück gegen die Bewegungen der Körperwandung, deren Anschwellen und Erweichen mehr den Eindruck einer inneren Sekretion als einer Kontraktion macht.

Literatur: Ludwig, die Seewalzen in Bronns Klassen und Ordnungen.

### **Bilateralia.**

Tiere mit Vorderende. Mund vorne. Wenn Segmente vorhanden, liegen sie hintereinander in der Längsachse des Körpers.

Das Zentralnervensystem, das anfangs ein einfaches und ungegliedertes Netz ist, teilt sich bald in mehrere Netze, die verschiedenen Muskelgruppen angehören. In einigen Hauptbahnen zeigen sich bald Ventile. Trotzdem bleiben die Reflexe kurz, sofern nicht ein Tonusal eingeschaltet ist, das meist am Vorderende liegt.

Die Koordination der Repräsentanten wird erst sehr spät durchbrochen, wenn auch die Koppelung einzelner Repräsentanten schon frühe, in gewissen Fällen den Antagonismus der Zentren an Stelle des Antagonismus der Muskeln treten lässt.

Dagegen scheint es, als bedinge die Ausbildung eines Vorderendes eine höhere Organisationsstufe der Rezeptorencentra (Tonus-erzeuger) im Vorderende.

Das Vorderende eines Tieres steht in ganz anderen und intimeren Beziehungen zur Aussenwelt, wie der übrige Körper. Bei jeder Ortsbewegung kommt das Vorderende zuerst mit allen nützlichen oder schädlichen Änderungen des Milieus in Berührung. An das Vorderende tritt die Aufgabe heran, die veränderten äusseren Bedingungen mit dem richtigen Reflex zu beantworten. Der Bewegung des Vorderendes folgt der übrige Körper unter allen Umständen. Es kommt daher vor allen Dingen darauf an, das Vorderende mit jenen Rezeptoren zu versehen, die am feinsten die Reize der Aussenwelt differenzieren. Kein Wunder, dass das Vorderende aller Tiere zum Träger der höchstentwickelten Rezeptoren wird, die dem übrigen Körper mangeln. Dazu kommt, dass der Mund (mit verschwindenden Ausnahmen) am Vorderende liegt, der seine speziellen Rezeptoren der Nahrungsauswahl trägt.

Worin besteht im wesentlichen die höhere Entwicklung der Rezeptoren? Sie besteht 1. in einer Verfeinerung der Reizaufnahme.

Dies ermöglicht, Reize, die bisher unter der Schwelle lagen, in Erregungen zu verwandeln. Sie besteht 2. in der Zusammenfassung verschiedener Erregungen zu einer einzigen. Man denke an den Motoreflex einfacher Augen, bei dem die nacheinander erfolgenden Reizungen zahlreicher Photorezeptoren wie ein einziger Reiz wirken. Noch klarer liegen die Verhältnisse beim Ikonoreflex. Hier erzeugt die gleichzeitige Reizung mehrerer ganz bestimmter Photorezeptoren einen einzigen wohldefinierten Reflex.

Die Verlegung aller höheren Rezeptoren an das Vorderende des Tieres macht es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass von vorneherein die Kombination mehrerer Reize zu einem einzigen nicht bloss innerhalb eines Rezeptionsorganes auftritt, sondern sich ebenfalls zwischen den verschiedenen Rezeptoren abspielt.

Das Vorhandensein solcher Reizkombinationen ist an den verschiedensten Stellen in der Tierreihe nachgewiesen. So schnappen sowohl die Giftzangen von *Echinus acutus* wie das Haifischmaul erst dann zu, wenn ein chemischer und ein mechanischer Reiz zusammenwirken, während jeder allein keine Wirkung ausübt.

Es ist dieses hochinteressante Gebiet der Reizkombinationen noch gar nicht bearbeitet, obwohl hier der Schlüssel liegt für die Frage nach der Stellung eines jeden Tieres zu seinem Milieu.

Wir können hier nur auf die allgemeinsten Folgerungen aufmerksam machen. Tiere, die gleich den Radiaten<sup>1)</sup> keine Reizkombinationen (mit Ausnahme bestimmter Pedicellarien) besitzen, sind nur im Stande, die Eigenschaften der sie umgebenden Gegenstände zu unterscheiden. Dagegen besitzen die Tiere mit Reizkombinationen die Fähigkeit, die Gegenstände selbst von einander zu sondern.

Nun zeigen alle Bilateralia an ihrem Vorderende ein nervöses Organ, das die zentripetalen Nerven der höchsten Rezeptoren in sich aufnimmt. Man nennt dieses Organ das Hirn. Ist es nun zu gewagt, das Hirn als das Organ der Reizkombinationen anzusprechen?

Wir haben im Gehirn des Oktopus gesehen, wie alles darauf hinauslief, bestimmte Erregungskombinationen durch die verschiedenen Kerne der verschiedenen Rezeptionsphären den Gegenstandskernen zuzuführen.

Wir dürften demnach annehmen, dass das Hirn die ersten Andeutungen der Gegenstandskerne birgt.

<sup>1)</sup> Bei der Nahrungsaufnahme der Ascidien scheint es sich um blosse Summation zu handeln.

Leider sind die Beziehungen vom Hirn zum zentralen Netz noch so ungeklärt, dass es unmöglich ist, irgend einen bestimmten Gesichtspunkt aufzustellen.

Wir müssen uns daher mit einer rein äusserlichen Einteilung der Zentralorgane begnügen.

Wie bei den Radiaten macht sich auch bei den Bilateraltieren mit steigender Ausbildung das Bestreben geltend, das anfangs nahe den Muskeln gelegene und diffus verbreitete zentrale Netz zu einem einheitlichen Organ zusammenzuziehen.

Dieses Zentralorgan bildet entsprechend der Bauart des Gesamtkörpers entweder zwei deutlich getrennte Stränge, die bei höherer Ausbildung vereinigt werden (Bauchstrang), oder mehrere Ganglienkugeln wie bei Oktopus.

Der Bauchstrang kann sich in Segmente gliedern, die der äusseren Ausbildung der Gliedmassen entsprechen. Schliesslich werden die vordersten Segmente und das Hirn zum beherrschenden Zentralorgan, dem Gehirn vereinigt. Man kann als gemeinsamen Ausgangspunkt die Planarien betrachten, deren Körper ein diffuses Nervennetz beherbergt, das durch zwei Längsnerven mit dem Hirn verbunden ist.

Nach der einen Richtung geht über die Schnecken zu den Cephalopoden die Entwicklung so vor sich, dass das Netz mit den Repräsentanten schliesslich zum Hirn hinauf wandert, wobei die peripheren Nerven sehr lang werden.

Nach der anderen Richtung sehen wir das zentrale Netz in die Längsnerven treten, die sich zum Bauchstrang vereinigen (Nemertinen, Würmer, Anthropoden, Wirbeltiere).

## Planarien.

Ogleich wir über die Lebensäusserungen der Planarien durch Pearl in besonders eingehender Weise unterrichtet sind, so ist dennoch die Analyse der Reflexbögen noch wenig gefördert. Das liegt hauptsächlich an den ungünstigen anatomischen Verhältnissen. Rezeptoren, zentrales Netz und Muskeln liegen im ganzen Körper unmittelbar nebeneinander, sodass überall ganz kurze Reflexbögen vorhanden sind, die bisher der experimentellen Analyse widerstanden haben.

Aber auch die Beziehungen von Hirn zum Nervennetz sind noch unangeklärt und die von Loeb gefundene Tatsache, dass sich marine Planarien nach der Dekapitation ganz anders benehmen als Landplanarien, bleibt uns ein Rätsel.

Pearl: The movements and Reactions of Freshwater Planarians. Quart. Journ. Microsc. Sc. Vol. 46, 1903.

Loeb: Einleitung in die vergl. Gehirnphysiologie.

### Nemertinen.

Die bald freischwimmenden, bald im Sande lebenden bandartigen Würmer sind noch gänzlich unerforscht. Während der Körper ein einfaches Nervennetz zu enthalten scheint, das zwei Hauptbahnen an den Seiten trägt, ist das Vorderende bereits merkwürdig hoch differenziert. Es trägt hochentwickelte Rezeptoren zum Teil ganz unbekannter Natur und einen mächtigen Rüsselapparat, der als Wurfspieß dient. Dementsprechend findet sich ein kompliziertes Gehirn vor. Da die Tiere keine Leibeshöhle besitzen, ist das Experimentieren sehr erschwert.

Literatur. Bürger: Nemertinen, Fauna und Flora des Golfs von Neapel.

### Blutegel.

Das Zentralnervennetz ist ein einfaches strangförmiges Nervennetz, das sich der Länge nach in mehrere Netze gespalten hat, die den drei Muskelsystemen (Ring-, Längs- und Quermuskeln) angehören. Das Schwimmen geschieht durch den Antagonismus der oberen und unteren Längsmuskelschichten, nachdem die Kontraktion der Quermuskeln das Tier in ein flaches Band verwandelt hat. Das Gehen geschieht durch den Antagonismus der Ring- und Längsmuskeln, unterstützt durch ventilartige Vorrichtungen in den zentralen Bahnen, die unter der Herrschaft der Saugnäpfe stehen (Reflexführung). Sperrung und Verkürzung der Längsmuskulatur lassen sich am normalen Tier getrennt leicht demonstrieren. Die Blutegel liefern ein gutes Beispiel für die Reflexspaltung. Für alle drei Netze liegt das Tonustal am Vorderende. Das Blutsaugen ist von Carlet in seinen einzelnen Phasen verfolgt worden.

Literatur. Uexküll: Studien über den Tonus III (Blutegel). Zeitschr. für Biologie Bd. XLVI, 1904. — Carlet: Compt. rend. 1883, Bd. 96.

## Sipunculus.

Der Sipunculus ist infolge seiner schematischen Bauart und seiner Lebensfähigkeit ein Experimentaltier par excellence. Sein Hautmuskelschlauch, der die riesige Leibeshöhle umschliesst, besteht aus einem regelmäßigen Gitter von Längs- und Ringmuskeln. Das Vorderende zeigt 4 schöne Retraktoren, die nur aus Längsmuskeln bestehen. Der Bauchstrang kann dank seiner festen Hüllen unverletzt herausgerissen werden. An ihm treten in regelmäßigen Abständen die Seitennerven heran, die z. T. frei in der Leibeshöhle verlaufen. Das Hirn ist leicht reizbar und steht in direkter Verbindung mit dem peripheren Nervennetz der Retraktoren, während die Repräsentanten der Retraktoren im Bauchstrang sitzen. Das Vorderende des Tieres, das zu einem Rüssel umgebildet ist, zeigt gegenüber dem übrigen Hautmuskelschlauch prinzipielle Unterschiede. Im Rüssel dienen Längs- und Ringmuskeln als Antagonisten, während sie im übrigen Tier immer zusammenarbeiten und den Binnendruck des Blutes erhöhen und erniedrigen. Nur beim Schwimmen arbeiten sie getrennt. Dabei sind alle Ringmuskeln kontrahiert und die Längsmuskelschichten der Ober- und Unterseite arbeiten rhythmisch gegeneinander. Dementsprechend ist der Bauchstrang des Körpers ein einfaches Nervennetz, das sich bloss in zwei Hauptnetze gegliedert hat, die den beiden Muskelschichten entsprechen. Ein Tonustal liegt im Beginn des zweiten Drittels (Entgleisung und Reflexumkehr auf Entgleisung). Der freie Bauchstrang des Rüssels zeigt demgegenüber eine hohe Komplikation. Hier finden sich Ventile in den Bahnen und durch Koppelung der Repräsentanten wird hier ein Antagonismus der Zentren erzeugt, der ganz unabhängig ist vom Antagonismus der Muskeln. Auch das Hirn zeigt Koppelung.

Dass ein so geartetes Tier auch zur Untersuchung der Giftwirkung sehr geeignet ist, wird niemand Wunder nehmen.

Literatur. Uexküll: Studien über den Tomus I (Sipunculus). Zeitschr. für Biologie, Bd. 44. — Magnus: Pharmakologische Untersuchungen an Sipunculus nudus. Arch. exper. Pathol. u. Pharmacol. Bd. 1.

## Regenwurm.

Die Ortsbewegung des Regenwurms beruht auf einem antagonistischen Rhythmus von Längs- und Ringmuskulatur, der aber im Gegensatz zu den Blutegehn sich nicht im ganzen Tier gleichzeitig abspielt, sondern von Strecke zu Strecke umspringt. Herrscht in den

vorderen Partien Ringmuskelerkürzung und Längsmuskelerkchlaffung (Verdünnungswelle), so zeigen die nächstfolgenden Partien das umgekehrte Verhalten (Verdickungswelle). Da die Streckung des Wurmes durch Ringmuskelerkcontraktion reibungslos erfolgt, er dagegen während der Längsmuskelerkcontraktion am Boden haftet, so wird der Körper des Wurmes, während Verdünnungs- und Verdickungswellen über ihn ablaufen, in der entgegengesetzten Richtung des Wellenablaufes vorwärts kommen. Es kommt daher nur darauf an, zu wissen, an welchem Ende die Bewegung beginnt, denn das beginnende Ende ist stets das Vorderende. In der Tat können die Regenwürmer auch mit dem hinteren Ende vorankriechen. Da dies aber nur ausnahmsweise geschieht, so scheint es, dass am Vorderende sich ein Tonustal befindet, das aber nicht sehr ausgesprochen ist. Friedländer hat gefunden, dass die hintere Hälfte eines Regenwurmes, die nach der Durchschneidung in anormale Krümmungen verfällt, normal weiterkriecht, wenn man sie durch einen Bindfaden mit der vorderen Hälfte verbindet.

Aus alledem scheint hervorzugehen, dass der Bauchstrang des Regenwurmes ein einfaches Nervenetz ist, das sich in ein Längsmuskelerknetz und ein Ringmuskelerknetz gliedert, sonst aber keine Komplikationen aufweist. Ob aber die Repräsentanten völlig in den Bauchstrang hineingezogen sind, ist noch nicht sicher bewiesen.

Literatur bei Biedermann: Studien zur vergleichenden Physiologie der peristaltischen Bewegungen, I, Pflüger, 1904. Interessante Aufschlüsse über Reizkombination bei E. Hancl. Verworms Zeitschrift 1904.

### Gliederwürmer.

Leider fehlt bisher eine eingehende Darstellung eines echten Anneliden. Interessant ist es, dass an Nereis die hemmende Wirkung des Hirns festgestellt wurde. Diese Anneliden verlieren nach ihrer Dekapitierung ihre Sesshaftigkeit und wandern ruhelos umher, ohne auf irgend welches Hindernis mehr Rücksicht zu nehmen. Besonders diese Eigentümlichkeit lässt darauf schließen, dass bei der Dekapitierung die Gegenstandskerne entfernt worden sind. Da die Dekapitierung ausser dem Verlust der Gegenstandskerne auch den Verlust der Statocysten mit sich bringt, so wird der bei allen möglichen Tierarten eintretende Hemmungsabfall nach der Dekapitierung sich z. T. auch auf einen durch den Statocystenverlust verursachten Tonusfall



zurückführen lassen. Hierdurch werden die Tonserzeuger und Repräsentanten für eine Menge von Reizen eingeklinkt, gegen die sie durch den normalen hohen Tonusdruck bisher refraktär waren.

Die Segmentierung des zentralen Netzes ist bei einigen Amneliden so ausgesprochen, dass man von einer Serie von Reflexpersonen reden könnte. Darauf weist das normale Weiterleben einzelner (durch Autotomie) abgeworfener Segmente, was zu einer Fortpflanzung durch Teilung führen kann.

Einen wirklichen Einblick in diese Art von Serienrepubliken besitzen wir nicht.

Die Amneliden bieten mit ihren reichen Übergangsformen vom freien Leben bis zum Höhlendasein eine Fülle ungelöster biologischer Probleme. Eine vergleichende Studie allein über das Schwimmen der Würmer würde die interessantesten Aufschlüsse bieten. Dazu kommen die Apparate für Borstenbewegung, die technisch höchst merkwürdig sind.

Literatur. Loeb: Einleitung in die vergl. Gehirmpysiologie.  
— Vitus Grabes: Die Werkzeuge der Tiere.

## Krebse.

Wenn wir auch noch weit davon entfernt sind, ein einheitliches Bild des Reflexablaufes in einem Krebs entwerfen zu können, so sind wir doch über einzelne Probleme relativ gut unterrichtet. Die Leichtigkeit der Operation am Statoliten-Apparat (besonders bei *Penaeus*) hat in vier Beziehungen die Wirkung dieses Organes sichergestellt: 1. zur Tonusproduktion und durch ihre Vermittelung, 2. zur Reflexerregbarkeit, 3. zur Orientierung im Raum, 4. zu den kompensatorischen Augenbewegungen. Über die Wirkung der Schallwellen auf das Organ gehen die Meinungen noch auseinander. Diese Unsicherheit beruht zum grossen Teil auf der unklaren Fragestellung. Ob im Krebs durch den Statolitenapparat eine Tonempfindung oder eine Tastempfindung ausgelöst wird, ist gar keine biologische Frage, sondern gehört in das Gebiet der psychologischen Dialektik.

Das ändert sich auch nicht, wenn man die Frage scheinbar objektiv formuliert: Ist der Statolitenapparat ein Gehörsorgan oder ein Tastorgan?

Das einzige, was entschieden werden kann, sind die Fragen, ob im Wasser erzeugte Schwingungen die Krebse überhaupt zur Reaktion bringen, und ob die Rezeption der Schwingungen durch den Stato-

litenapparat vermittelt wird. Beide Fragen werden, so scheint es mir, bei den verschiedenen Krebsarten verschiedene Antworten erfahren.

Literatur. Prentiss: The Oocyst of decapod Crustacea in Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard. Coll. Vol. XXXVI. 1901. -- Fröhlich: Studien über die Statocysten wirbelloser Tiere (Krebse). Pflügers Arch. 1904.

Von den übrigen Rezeptoren sind die Augen am besten bekannt aus Exners klassischem Buch: Die Physiologie der facettierten Augen von Krebsen und Insekten. Leipzig und Wien, Verlag F. Dentieke, 1891.

Wenn wir über die Lebensweise der Krebse genauer unterrichtet sein werden, versprechen die an Stelle von Augen regenerierten Witterungsorgane bei den Krebsen (Herbst) interessante Fragestellungen.

Am Herzen von *Limulus* verdanken wir Carlson (Americ. Journ. Phys. 1904) den entscheidenden Nachweis, dass Rhythmus- und Erregungsleitung nervöser Natur sind.

Die Autotomie durch Muskelkontraktion findet bei den Krebsen eine reiche Verwendung. Den Einblick in diesen sinnreichen Apparat hat uns Frédéricq eröffnet (Dictionnaire de Physiologie von Richet unter Autotomie).

Die unverrückbare Grundlage unserer Kenntnisse über den inneren Bauplan der Krebse hat Bethe begründet, der an kurz- und langschwänzigen Krebsen die Analyse der Handlungen in Reflexe vorgenommen hat und den Zusammenhang der einzelnen Reflexbögen mit den Ganglien des Tieres aufklären konnte.

Es hat sich dabei herausgestellt, dass analogen Ganglien bei verschiedenen Tieren keineswegs die gleiche biologische Bedeutung zukommen muss, sondern bedeutende Unterschiede in der Subordination vorhanden sind. Es hat sich ferner gezeigt, dass es Bahnen gibt, die lokalisierte Reflexe leiten, während andere nur allgemeine Bewegungen hervorrufen.

Ja es ist Bethe gelungen nachzuweisen, dass ein Reflex ganz ohne die beige-schalteten Ganglienzellen ablaufen kann, dass aber diese Ganglienzellen zur Tonuserzeugung in Beziehung stehen.

Wenn es trotzdem nicht gelungen ist, einen durchgängigen Zusammenhang zu ermitteln, so liegt das an unserer Unwissenheit über die Beziehungen der Muskeln zu den Zentren bei den Krebsen.

Aus Biedermanns Arbeiten über die Krebssehne schliesse ich, dass daselbst die Repräsentanten sich von den Muskeln noch nicht zurückgezogen haben und dass die peripheren Nerven intrazentrale Bahnen sind, d. h. verlängerte Maschen des zentralen Netzes. Inwieweit das zentrale Netz noch den einfachen Charakter bewahrt hat oder in Komplexe von Leitungsbahnen zerfallen ist, die besonderen Kommandanten unterstehen — darüber fehlt uns jedes Wissen.

Neben dem Studium der Tierfunktionen setzt jetzt auch allgemeiner das experimentelle Studium der Lebensgewohnheiten der Tiere ein. Die Krebse sind dafür recht geeignete Objekte und die Untersuchung über die Bildung von Lebensgewohnheiten (habit formation), wie sie Yerkes in Angriff genommen, haben schon zu interessanten Aufschlüssen geführt. Im Mittelpunkt des Interesses steht immer die Frage, ob die Tiere ein Gedächtnis haben und ob sie mit seiner Hilfe etwas »lernen« könnten. Es scheint mir, als schwebte manchem Forscher bei dieser Fragestellung ein besonderes Organ vor, das bei höheren Tieren im Gehirn vorhanden sein soll und in das die Erinnerungen wie alte Akten niedergelegt werden.

Ich fürchte, dass diese Vorstellung die Fragestellung ungünstig beeinflusst. Sie ist nämlich ganz überflüssig. Vergegenwärtigen wir uns, dass alle Tiere, die ein Hirn besitzen, in diesem auch einige Gegenstandskerne ausgebildet haben müssen

Ich muss daher, bevor ich zur Frage übergehe: Kann jenes Tier neue Gegenstandskerne ausbilden? erst wissen, wieviel verschiedene Gegenstandskerne es bereits besitzt, oder mit anderen Worten: wieviel verschiedene Reizkombinationen das Versuchstier unterscheidet, für wieviel Fragen seiner Umgebung es eine gesonderte Antwort hat und wieviele es in einen Topf zusammenwirft.

Es ist nun ausserordentlich schwierig, im gegebenen Fall eine präzise Fragestellung zu finden, weil man sich streng an die Reizkombinationen des Milieus halten muss, um brauchbare Antworten zu erhalten.

Mir scheint, dass man vorerst am besten vorwärts kommt, wenn man die Tiere sorgfältig in ihrem Milieu beobachtet und erst dann mit der Fragestellung beginnt, anstatt gleich mit ingeniös ersonnenen Apparaten zu arbeiten.

So hat mich folgende einfache Beobachtung an einem *Carcinus maenas* in überraschender Weise über die Anpassung des Krebses an sein Milieu aufgeklärt. Unter eine grosse Aktinie legte ich ein

kleines Stück Fischfleisch so nahe dem Stamm, dass die Tentakel es nicht erreichen konnte. Ein ins Bassin gesetzter *Carcinus* eilte, sobald er Witterung empfing, auf die Aktinie los, an der er sich bei jeder Berührung verbrannte. Von allen Seiten und immer wieder wiederholte die Krabbe den Angriff. Immer verwehrten ihm die nesselnden Schläuche den Weg. Da änderte die Krabbe ihre Angriffsweise; anstatt einfach drauf los zu rennen, kniff sie mit ihren Scheren nach den Tentakeln, diese verkürzten sich und das Fleischstückchen war freigegeben. Schnell wurde es erwischt und davongetragen.

Literatur. Bethe: Das Nervensystem von *Carcinus maenas*. (3 Mitteilungen.) Arch. mikr. Anat. u. Entwicklungsgesch. 1897 und 98. — Bethe: Vergl. Untersuchungen der Funktionen des Zentralnervensystems der Anthropoden. Pflügers Arch. 1897. — Biedermann: Über die Innervation der Krebssehne. Sitzungsber. Kais. Akad. Wien 1887. — Yerkes u. Huggins: Habit formation in the Crawfish. in Harvard Psychological Studies Vol. I.

## Mollusken.

Bilateraltiere ohne Segmente.

## Schnecken.

Die Schnecken besitzen einen Hautmuskelschlauch, der Rezeptoren, Tonuserzeuger, zentrales Netz, Repräsentanten und Muskeln beherbergt. Daher sind überall kurze Reflexbogen vorhanden. Die einheitliche Regulierung der Muskelbewegung geschieht durch grosse in den Ganglien gelegene Reservoirs, die nach dem Typus der Repräsentanten gebaut sind. Jordan hat neuerdings an Lungenschnecken gezeigt, dass man ein Stück des Hautmuskelschlanches als Indikator für die Vorgänge in den Ganglien benutzen kann, während man ein anderes Stück, das mit ihm allein durch die Ganglien in Verbindung steht, dehnt oder entlastet.

Über die Stellung des Hirnes zu den Reservoirs ist noch nichts bekannt.

Die Muskelbewegung ist durch den Ein- und Austritt von Schwellwasser kompliziert. Es scheint aber im übrigen das Gesetz der Erregungsleitung in einfachen Nervenetzen zu gelten.

Als besonders geeignetes Versuchstier hat sich *Aplysia* erwiesen, die eine grosse Leibeshöhle besitzt und an der man

ausser den Kriechbewegungen, auch ein flugartiges Schwimmen studieren kann.

Auch das Herz von *Aplysia* hat eingehende physiologische und pharmakologische Bearbeitung erfahren.

Literatur. Bethe: Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems. — Jordan: Die Physiologie der Lokomotion bei *Aplysia limacina*. Pflügers Arch. 1901. — Jordan: Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems bei Pulmonaten. Pflügers Arch. 1905 (Bd. 106). — Straub: Fortgesetzte Studien am Aplysienherzen. Pflügers Arch. 1904. — Straub: Beiträge zur physiologischen Methodik mariner Tiere (*Aplysia*). Mitt. Zool. Stat. Neapel 1904.

### Muscheln.

Während die Gehäuseschnecken nur im Fuss ein Bewegungsorgan besitzen, weil ihr Wohnungsrohr unbeweglich ist, verfügen die Muscheln ausser dem Fuss noch über einen speziellen Bewegungsapparat, der ihr zweiseitiges Wohnungsrohr öffnet und schliesst. Die Öffnung geschieht durch ein elastisches Band, während die Muskeln erschlaffen. Der Schluss geschieht durch die Kontraktion der Muskeln. Bei der Teichmuschel ist dieser Apparat untersucht worden, ohne zu einer einheitlichen Vorstellung zu gelangen. Vielleicht ist es heute möglich, nachdem bei den Schnecken die Ganglien als Reservoir erkannt worden sind, auch bei den Muscheln zu befriedigenden Resultaten zu gelangen. Von den Meeresmuscheln steht *Pholas dactylus* obenan. *Pholas* ist ausgezeichnet durch die Fähigkeit, auf Reizung eines langen peripheren Nerven einen leuchtenden Schleim zu sezernieren. Auch sind die langen muskulösen Syphonen sehr leicht reizbar (Schattenreiz).

Die kräftig schwimmende *Pecten* besitzt am Mantelrand sehr zahlreiche hochausgebildete Augen. Das Nervensystem ist sicher nicht im Stande, die Reizwirkung verschiedener Bilder auf der Retina eines Auges verschieden zu verwerten, geschweige denn von all den zahllosen Augen am Mantelrande.

Es ist aber wohl möglich, dass ein einzelnes bestimmtes Bild als besonders lebenswichtig allein in eine Erregung verwandelt wird. Untersuchungen in dieser Richtung fehlen.

Literatur. Pawlow: Wie die Muschel ihre Schale öffnet. Pflügers Arch. 1885. — Biedermann: Elektrophysiologie. — Raphael Dubois: Anatomie et physiologie comparée de la *Pholade Dactyle*. Annales de l'Université de Lyon 1892.

### Kielfüsser.

Die Heteropoden, Carinaria und Pterotrachea machen dank ihrer Durchsichtigkeit bereits im Leben den Eindruck eines fertigen Nervenpräparates. Eine brauchbare Methode, diese Tiere zu behandeln, gibt es noch nicht. Vielleicht gelingt es mittels ganz feiner Pravarspritzen, die Nerven lokal durch gefärbte Gifte zu beeinflussen.

Der Statolitenapparat ist sehr kompliziert, könnte jedoch durch geeignete Beleuchtungsvorrichtungen auch am lebenden Tier der Beobachtung zugänglich gemacht werden. Auch das Schwimmen und Fressen liefert interessante Probleme. Leider sind die Tiere nicht besonders haltbar und gegen operative Eingriffe recht empfindlich.

### Kephalopoden.

Durch den Reichtum an Lebensäusserungen und durch ein hochentwickeltes Zentralnervensystem zeichnen sich die Kephalopoden vor allen Meerestieren aus. Unter ihnen sind die Oktopoden durch ihre grosse Lebenszähigkeit als Experimentaltiere besonders geeignet. *Eledone moschata* und *Oktopus makropus* lassen sich leicht in der bereits beschriebenen Weise fesseln, während es mit einem grösseren Exemplar von *Oktopus vulgaris* immer einen Kampf gibt.

Über die Rezeptoren der Kephalopoden liegen bereits eingehende Arbeiten vor. Am Auge haben Beer die Akkommodation (Pflügers Arch. 1897, Bd. 67) und Magnus die Pupillarreaktion (Pflügers Arch. 1902, Bd. 92) klargestellt, während Fröhlich den Einfluss des Statocysten-Apparates auf den Tonus, die Reflexerregbarkeit und die Orientierung im Raum neuerdings dargestellt hat. Zugleich findet sich bei ihm die neuere Literatur der Statocystenfrage besprochen (Studien über die Statocysten I. Pflügers Arch. 1904, Bd. 102).

Von den Effektoren verdienen besonders die Chromatophoren Beachtung, deren Innervation völlig zentralisiert ist und deren Tätigkeit durch Reflexe vom Auge aus ausgelöst wird. Trotz aller auf sie verwandten Mühe haben sich die Chromatophoren nicht enträtseln lassen. Doch soll es pelagische Kephalopoden geben, deren Chromatophorenapparat dank seiner Grösse und der Durchsichtigkeit der übrigen Gewebe im Leben der direkten Beobachtung zugänglich ist.

Literatur. Rabel: Über Bau und Entwicklung der Chromatophoren. Sitzungsber. Akad. Wien 1900, Bd. CLX.

Lo. Bianco verlinken wir die Beobachtung, dass die Oktopoden die von ihnen ergriffenen Krabben vor dem Fressen vergiften. Ich habe gelegentlich beobachtet, wie eine Eledone alle Arme nach hinten schlug, ihre Lippen rüsselartig verlängerte und einen feinen Flüssigkeitsstrahl einige 20 cm hoch in die Luft spritzte. Das Nähere über dieses Gift findet sich in den Arbeiten von Krause und Ida Hyde (Zeitschr. f. Biol. 1897).

Als Fundament für alle animalen wie vegetativen Studien am Oktopus hat die Arbeit von Frédéricq zu gelten (Recherches sur la physiologie du Poulpe commun. Arch. Zool. exper. T. VII, 1878), der sich die Beiträge zur Physiologie des Kreislaufes bei den Kephhalopoden von Fuchs (Pflügers Arch. 1895) anschliessen.

Autotomie lässt sich bei Oktopus de Philippi beobachten. Sie beruht auf extremer Muskeler schlaffung. Interessant ist auch die Beobachtung, dass man die langen Fangarme von Loligo, die eine kräftige Muskulatur besitzen, nach dem Tode ohne Schwierigkeit durchreissen kann. Loligo ist im übrigen ein schwer zu behandelndes Versuchstier, das ausserordentlich empfindsam ist. Mit einem mäfsigen Induktionsschlag, dem Gehirn appliziert, kann man selbst grosse Exemplare erschlagen.

Über das Zentralnervensystem von Oktopus ist bereits das nötige gesagt worden. Es sei nur noch auf die Probleme hingewiesen, die das Zentralnervensystem der Arme und der Bucca bieten. Die Bucca mit dem ihr ansitzenden Bucco-Intestinal-Ganglion führt auch nach Abtrennung von Gehirn auf jede Reizung eine geregelte Folge von Bewegungen aus, während die abgeschnittenen Arme sich nach allen Seiten ringeln und ihre Saugnäpfe spielen lassen. Beide Organe verdienen ein eingehenderes Studium.

Literatur. Uexküll: Physiologische Untersuchungen an Eledone moshuta II (Reflexe der Arme) und IV (Funktionen des Zentralnervensystems). Zeitschr. f. Biol. 1894 u. 1895.

Die bereits bei den Krebsen berührte Frage nach dem Gedächtnis tritt bei so hochstehenden Tieren, wie die Oktopoden sind, noch mehr in den Vordergrund. Folgendes sind die Resultate, die ich hierüber erzielt habe. Eine Anzahl kräftiger Exemplare von Eledone wurden einem mehrwöchentlichen Hunger unterworfen, bis sie mit Sicherheit auf jede dargereichte Krabbe losfahren. Dann wurde statt der Krabbe ein mit kräftigen Aktinien bewehrter Einsiedlerkrebs ins Bassin getan. Sofort wurde er gepackt, aber nach mehreren vergeblichen

Versuchen wieder losgelassen, nachdem sich die Eledones tüchtig an den Nesseln verbrannt hatten. Dieser Versuch wurde auch am nächsten Tag wiederholt. Dann rührten die verbrannten Eledones den Einsiedlerkrebs nie wieder an. Aber, und hierin liegt das Beherzigenswerte, sie rührten auch die gewöhnlichen Krabben nicht mehr an, und kam es zu einer zufälligen Berührung, so zogen sie ihren Arm sofort zurück, wie nach einer Verbrennung. Die Eledones kränkelten bald und gingen nach einigen Wochen ein, ohne einen Bissen zu sich genommen zu haben.

Wie steht es dem gegenüber mit der Frage nach einem Gedächtnis? Eine Veränderung war durch die neue Erfahrung unzweifelhaft eingetreten, aber eine verderbliche Veränderung. Mir scheint es näher zu liegen, eine Zerreißung der Bahnen im Cerebralganglion anzunehmen, wodurch der geregelte Ablauf der Erregung im Gegenstandskern für die Krabbe vernichtet ward.

### **Tunikaten.**

Bilateraltiere mit verwischter Segmentierung und zurückgebildetem Nervensystem.

### **Ascidien.**

*Ciona intestinalis* zeigt sich auch nach Entfernung des Ganglions erregbar durch Reflexe, was auf das Vorhandensein zweier zentralen Netze für Ringmuskeln und für die Längsmuskeln schliessen lässt. Das Ganglion, das wohl als Rudiment eines Hirnes anzusehen ist, ist die Stätte der Haupttonusproduktion. Zugleich ist das Ganglion die Kreuzungsstelle der noch vorhandenen langen Bahnen und dient zur Übertragung des Reflexes von einer Atemöffnung zur andern.

Literatur. Fröhlich: Beitrag zur Frage der Bedeutung des Zentralganglions bei *Ciona intestinalis*. Pflügers Arch., Bd. 95, 1903.

### **Salpen.**

Vor mehreren Jahren wurde an der Zoologischen Station in Neapel von einem jungen englischen Gelehrten die Beobachtung gemacht, dass *Pyrosoma* durch Lichtreiz zum Leuchten gebracht wurde und dass wahrscheinlich die Einzeltiere der Kolonie sich gegenseitig wie Einzelkerzen an einander entzündeten. Eine Publikation hierüber ist mir nicht zu Gesicht gekommen. Dieses wäre eine originelle Art der Reflexübertragung.



Die Umkehr im Herzschlag der Salpen hat lange das allgemeine Interesse erregt, bevor man das gelegentliche Vorkommen des gleichen Phänomens an anderen Herzen kannte. Mit unserer jetzigen Vorstellung von einem Nervenetz hat die Eigenschaft des Salpenherzens alles Befremdliche verloren.

Literatur. Ransom: On the Cardiac Rhythm of invertebrata. Journ. of Physiol. Vol. V. — Schultze: Untersuchungen über den Herzschlag der Salpen. Jena. Zeitschr. Naturw. 35. Bd., 1901.

### Fische.

Bei Betrachtung der Fische kehren wir zu den echten segmentierten Tieren zurück. Trotz allen zahlreichen Arbeiten an Fischen ist es unmöglich, den Bauplan eines einzigen Fisches zu skizzieren. Wohl wissen wir aus den Arbeiten von Luchsinger (Pflügers Arch. 1880) und von Bickel (Rückenmarksphysiologie des Aales. Pflügers Arch. 1897), dass wir uns das Rückenmark der Fische im allgemeinen als ein einfaches Netz vorstellen dürfen, in dessen Repräsentanten gelegentlich Reflexumkehr festzustellen ist. Im übrigen hat sich die Forschung lauter getrennten Einzelproblemen zugewandt, die sich meist über mehrere Tierarten erstrecken.

Über die Bogengänge sind wir durch Lee in sehr eingehender Weise unterrichtet worden (American Journ. of Physiol. 1898 u. 1894).

Die Frage nach der Schallrezeption der Fische ist durch Parker in ein neues Stadium getreten (Parker-Hearing and allied senses in fishes. U. S. Fish Comm. Bull. for 1902).

Über die Akkommodation des Fischeauges sind wir durch Beer in eindeutiger Weise unterrichtet, während die Kontroverse zwischen Steinach und Magnus über den Sphincter pupillae des Aales nicht ausgetragen ist.

Literatur. Beer: Pflügers Arch., Bd. 58, 1894. — Guth: Pflügers Arch., Bd. 85, 1901.

Die schwierige Frage nach der Funktion der Seitenorgane ist noch nicht entschieden. Fuchs (Pflügers Arch., Bd. 59, 1895) hat zum Nachweis der Erregung in den zentripetalen Nerven mit Erfolg die Aktionsströme benutzen können. (Siehe auch Lee, Amer. Journ. of Physiol. Bd. I, 1898.)

Von allen Fischherzen scheint sich das Aalherz für experimentelle Untersuchungen am besten zu eignen. Im übrigen bieten die

Fischherzen von den Schlachierherzen bis zu den Herzen der Knochenfische eine Kette interessanter Phänomene dar. Der Beweis, dass auch bei ihnen der Rhythmus und die Erregungsleitung nervösen Ursprunges sind, ist Wilson Greene am Kandallherzen eines Myxinoiden gelungen.

Neben dem Herzen und den Kreislaufverhältnissen spielt noch die Atmung (Bethe) und die spezielle Einrichtung der Fischblase eine Rolle bei den Untersuchungen.

Literatur. McWilliam: On the Structure and Rythm of the Heart in Fishes, with especial Reference to the Heart of the Eel. *Journal of Physiol.* Bd. 6. — Wilson Greene: Contributions to the Physiology of the California Hayfish. *Amer. Journal of Physiol.* Vol. III, 1900. — Brünings: Zur Physiologie des Kreislaufs der Fische. *Pflügers Arch.* Bd. 75, 1899. — Bethe: Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems. — Jaeger: Schwimmblase. *Pflügers Arch.*, Bd. 94, 1903.

Über die Lokomotion der Haiische und ihre Beziehungen zu den einzelnen Gehirnteilen und zum Labyrinth hat Bethe (in *Pflügers Arch.*, Bd. 76, 1899) Versuche angestellt. Doch zeigt sich dabei wie an allen Fischexperimenten, dass die Fische mit ihren wenig zahlreichen Bewegungsreaktionen ganz ausserordentlich viel unvorteilhafter sind als die Kephelopoden.

# Schluss.

## Die Grundlagen der Biologie.

In höherem Maße als jede andere Wissenschaft muss die Biologie die Verpflichtung empfinden, ihre Grundlagen gewissenhaft zu prüfen. Sind doch die Grundlagen, auf denen sie sich erhebt, zugleich die Basis, auf der ein jedes Wissen ruht.

Ohne Rezeptionsorgane und ohne Gehirn gibt es für uns Menschen kein Wissen. Sie sind die Instrumente, deren wir bei jeder Erfahrung bedürfen. Diese unentbehrlichen Instrumente eines jeden Wissens sind die Forschungsobjekte der Biologie.

Die anderen Wissenschaften studieren die Erzeugnisse dieser Instrumente, die Biologie untersucht die Instrumente selbst.

Wohl sind wir noch weit davon entfernt, uns vom Bauplan unseres Gehirns ein Bild machen zu können, und doch kennen wir schon die Grundlinien, nach denen dieser Aufbau errichtet ist.

Die experimentelle Biologie gibt uns Kunde davon, wie sich die Tiere den Gegenständen ihres Milieus gegenüber benehmen: Nur mit solchen Gegenständen treten die Tiere in Beziehung, welche im Stande sind, Reize auszusenden, die stark genug sind, um die Schwelle der Rezeptionsorgane zu überschreiten. Der Reiz muss in eine Erregung verwandelt werden, sonst existiert er für das Tier nicht.

Die Radialtiere verwandeln einen jeden wirksamen Reiz ohne weiteres in eine Erregung, die dann eine ihrer Stärke entsprechende Reaktion auslöst. Die Bilateraltiere zeigen dagegen die Fähigkeit, in bestimmten Rezeptoren den Reiz erst dann wirken zu lassen, wenn er mit einem andern Reiz verbunden ist. Derartige Rezeptoren antworten auf Reizkombinationen. Auf diese Weise gelingt es den Bilateraltieren, verschiedene Gegenstände vermöge der von ihnen ausgehenden verschiedenen Reizkombinationen zu unterscheiden.

Während die Radialtiere bloss die verschiedenen Eigenschaften, gleichgültig welchem Gegenstand sie angehören, zu unterscheiden im Stande sind,

Die höhere Ausbildung des Zentralnervensystems beruht zum grössten Teil auf der Ausbildung einer immer grösser werdenden Anzahl von differentiellen Netzen, von denen jedes einzelne der Aufnahme einer neuen Reizkombination dient. Diese zentralen Netze, die ich Kerne genannt habe, haben die Aufgabe, beim Eintritt einer bestimmten Kombination zahlreicher äusserer Reize eine einzige Erregung den zentralen Partien weiterzugeben.

Die zentralsten Netze, die jene bereits gesichteten Erregungen aus den Kernen der einzelnen Rezeptionssphären in sich aufnehmen, habe ich Gegenstandskerne genannt.

Im Gegenstandskern findet die endgültige Synthese aller Reize eines Gegenstandes statt, die vorher durch die verschiedenen Rezeptoren einer weitgehenden Analyse unterworfen worden waren.

Soviel Gegenstandskerne in einem Hirn vorhanden sind, soviel Gegenstände kann es unterscheiden.

Es ist jedoch zur erfolgreichen Erregung eines Gegenstandskernes nicht nötig, den entsprechenden Gegenstand selbst als Reizmittel zu benutzen. Es genügt, wenn man die ihm entsprechende Reizkombination auf irgend welche Art auf das Tier einwirken lässt, um den gewünschten Effekt zu erzielen. Hierauf begründen sich die anziehendsten Aufgaben der Biologie: die dem Milieu des Tieres entsprechenden Reizkombinationen willkürlich herzustellen und anzuwenden. Erst wenn es uns gelungen ist, die Herrschaft über die einzelnen in Frage kommenden Reize zu gewinnen, um sie dann gleich Klaviertasten in allen möglichen Kombinationen anzuschlagen, dann wird es uns gelingen, die Tiere wie feine Spieldosen ihre Bewegungsmelodien nach unserem Belieben vor uns abspielen zu lassen.

In unserer Unkenntnis des menschlichen Gehirns nehmen wir an, dass die Prinzipien, die dem Bauplan des Zentralnervensystems aller höheren Tiere zu Grunde liegen, auch das Gehirn des Menschen beherrschen. Auch beim Menschen werden die Reize der Gegenstände durch die Rezeptoren zerlegt und in Erregungen verwandelt, die sich dem Bauplan entsprechend in Kernen sammeln, um schliesslich in dem entsprechenden Gegenstandskern zu einer einheitlichen Erregung zu verschmelzen.

Auch beim Menschen bestimmt die momentan vorhandene Zahl der Gegenstandskerne die Zahl der Gegenstände seines Milieus, das er mit echt menschlicher Annahmung das Universum nennt.

Auch beim Menschen brauchen die Reize gar nicht von einem bestimmten Gegenstande auszugehen, um den entsprechenden Gegenstandskern zu erregen. Sobald eine entsprechende Reizkombination die Rezeptoren trifft oder die zentripetalen Nerven in entsprechender Weise gereizt werden, spielt sich im Gehirn der gleiche Vorgang ab wie bei Reizung durch einen Gegenstand.

Nun wissen wir durch Selbstbeobachtung, dass Hand in Hand mit den Vorgängen im Gehirn Empfindungsfolgen sich in uns abspielen, die man als sekundäre Funktionen der Bewegungsvorgänge im Gehirn anspricht. Wenn wir einzelne Rezeptoren reizen, so entstehen ganz bestimmte Empfindungen, und wenn wir Reizkombinationen spielen lassen, die den Reizkombinationen eines Gegenstandes unseres Milieus entsprechen, so entsteht eben dieser Gegenstand in uns und wird mit derselben Sicherheit in den Raum hinaus verlegt, wie beim Wirksamwerden einer Reizkombination, die ihren Ursprung einem äusseren Gegenstande verdankt.

Dies ist auch gar nicht besonders merkwürdig, da wir es ja niemals mit den Gegenständen selbst zu tun haben, sondern immer nur mit den von ihnen ausgehenden Reizkombinationen in Beziehung treten.

So lässt sich ein vollständiger Parallelismus zwischen dem Gang der Erregungen und dem Ablauf der Empfindungen nachweisen. Beide endigen in den meisten Fällen in einer Einheit. Für die Erregungen besteht sie in der schliesslichen Erregung des Gegenstandskernes. Für die Empfindungen ist sie der aus ihnen aufgebaute Gegenstand.

Da wir die Empfindungen als Funktionen des Gehirns angesprochen haben, so dürfen wir auch die aus ihnen aufgebauten Gegenstände als Funktionen des Gehirns bezeichnen.

So lautet die bis zum Schlussstein aufgebaute materialistische Lehre, die in der Seele des Menschen nur eine Funktion des Gehirns sieht und nach der wir *besessene Automaten* sind.

Dieser Schlussstein aber wird ihr Verderben.

Die als Funktionen des Gehirns angesprochenen Gegenstände, die aus den Empfindungen aufgebaut werden, sind ja gar nicht Gegenstände, die neben den wirklichen Gegenständen da draussen als ihr mehr oder minder ähnliches Ebenbild existieren, sondern es

sind diese wirklichen Gegenstände selbst. Nur mit diesen aus Empfindungen aufgebauten und hinaus verlegten Gegenständen haben wir unser Leben lang zu tun. Andere kennen wir gar nicht. Zu ihnen gehört auch unser Körper, der mit allen übrigen Gegenständen in steter Wechselwirkung steht.

Wir dürfen daher den Schlusssatz der materialistischen Lehre getrost in der Form aussprechen: Alle wirklichen Gegenstände der Aussenwelt sind Funktionen unseres Gehirns.

Daraus ergibt sich ohne weiteres, dass die Gegenstände der Aussenwelt nicht materiell sein können, weil es der kleinen Materie unseres Gehirns ganz unmöglich ist, die ganze Masse an Materie der Aussenwelt selbst zu erzeugen.

Wir kommen zu dem unerbittlichen Schluss, dass, wenn die Gegenstände Funktionen sind, es ihre Materie auch sein muss. Aber eine Funktion wovon?

Wir dürfen jetzt nicht mehr von Funktionen unseres materiellen Gehirns reden, denn auch seine Materie ist wie alle anderen Gegenstände in Frage gestellt.

Um diesem Dilemma zu entgehen, drehen wir das Problem langsam um und betrachten es auch einmal von der andern Seite. Da bemerken wir zu unserem Erstaunen, dass es die ganze Zeit auf dem Kopf gestanden hat und dass wir stets die Äusserung für das Wesen und das Wesen für die Äusserung gehalten haben.

In der Tat sind nicht materielle Gegenstände die Grundelemente, aus denen sich alles aufbaut, denn sie selbst entstehen aus immateriellen Empfindungen.

Schwarz, Hart, Viereckig und Linksunten vereinigen sich zu einem vor mir liegenden Buche.

Wir können jeden Gegenstand analysieren soviel wir wollen, nie kommt etwas Materielleres zum Vorschein als unsere Empfindungen. Und doch ist eine Materie vorhanden, denn die Empfindungen Schwarz, Hart etc. sind, sobald der Gegenstand entstanden ist, nicht mehr unsere Empfindungen, sondern die Eigenschaften der Materie jenes Gegenstandes.

Bei dem Verwandlungsprozess unserer Empfindungen in Eigenschaften der Gegenstände ist auch die Materie der Gegenstände mit Notwendigkeit mitentstanden und zur Trägerin der Eigenschaften geworden.

Dieser Verwandlungsprozess unserer Empfindungen geht unabhängig von unserem Willen, aber nach Gesetzen vor sich, die einer experimentellen Prüfung sehr wohl zugänglich wären.

Alle Gegenstände verlegen wir gleichfalls mit Notwendigkeit in den Raum und ordnen sie ohne Ausnahme unter das Kausalgesetz.

Da alle Gegenstände ohne Ausnahme dem Gesetz von Ursache und Wirkung gehorchen, so betrachten wir diese Fähigkeit als die Kardinal Eigenschaft der Trägerin der sonst so wechselvollen Eigenschaften. Die Materie ist für uns dadurch charakterisiert, dass sie sowohl Wirkungen empfangen wie ausüben kann.

Trotz dieses wirklichen Charakters ist die Materie ein Nichts, wenn ihr nicht andere Qualitäten zukommen. Entblösst von den übrigen Qualitäten löst sich die wirkliche Materie auf, weil sie selbst nichts anderes ist als die funktionelle Einheit des Gegenstandes, die beim Zusammenschluss der verschiedenen Qualitäten entsteht und die ohne Qualitäten nicht entstehen kann.

Da alle materiellen Gegenstände aufeinander nach dem Kausalgesetz wirken, so hat auch unser Körper als Materie die Fähigkeit, in die Wechselwirkung von Ursache und Wirkung in der Aussenwelt einzugreifen. Er kann Gegenstände zerlegen und wieder aufbauen — die Physik und Chemie sind seine Herrschaftsgebiete.

Nun zeigen sich aber in der Aussenwelt Gegenstände, deren Teile sich zu einem planmäßigen, harmonischen Ganzen zusammenfinden und die diese Harmonie mit Zähigkeit festhalten, ja bis zu einem gewissen Grade, nach fremden Eingriffen, wiederherzustellen vermögen.

Untersuchen wir die Wirkungsweise der einzelnen Teile eines harmonischen Gegenstandes, so finden wir nie etwas anderes als das Kausalgesetz. Auch sind wir völlig ausser Stande, eine solche Harmonie aus den einzelnen Teilen selbst herzustellen.

Wir nehmen diese harmonischen Gegenstände :lebende Wesen: und betrachten sie entsprechend ihrer Doppelnatur von zwei Seiten aus: als Physiologen, wenn wir ihre Ursächlichkeit, als Biologen, wenn wir ihre Zweckmäßigkeit untersuchen.

Die beiden Betrachtungsarten auf einander zurückzuführen, ist unmöglich.

So bleibt in der äusseren Welt der Gegenstände ein unauflöslicher Widerspruch bestehen, der uns immer wieder darauf hinweist:

zurückzukehren zu dem geheimnisvollen Agens in uns selbst, von dem unser Bewusstsein und unser Wille nur unzusammenhängende Teilerscheinungen sind und das bald als Zwang, bald als Freiheit in uns waltet.

Seit über 100 Jahren besitzen wir die 3 grossen kritischen Werke Kants, die kein philosophisches System sind, sondern eine naturwissenschaftliche Betrachtung der Gesetze enthalten, die das Leben der Menschenseele beherrschen.

Es wäre an der Zeit, auf diesem Boden fussend auch hier mit dem Experiment vorzugehen.



Verlag von J. F. BERGMANN in Wiesbaden.

Soeben erschienen:

Die Entwicklungsgeschichte  
der  
**Bursa omentalis**  
und  
**ähnlicher Rezessbildungen bei den Wirbeltieren.**

Von

**Dr. Ivar Broman,**

Professor an der Universität Upsala.

*Mit 650 Figuren im Text und auf 20 Tafeln.*

**Preis Mk. 56.—**

Vorstehendes Werk bietet nicht nur eine umfassende Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Bursa omentalis auf Grund ausgedehnter selbständiger Forschungen und vollständiger Berücksichtigung der gesamten Literatur des In- und Auslandes unter Beigabe von ca. 670 Abbildungen, sondern auch sehr vieles Neue über die Entwicklung der diese Bursa begrenzenden Organe wie Leber, Pankreas, Lungen etc.

---

Eine grosse Aufgabe, des Schweisses der Edlen wert, hat Broman unternommen und — soweit dies ohne eingehendere Studien, die vielleicht Monate beanspruchen dürften, zu beurteilen ist — gelöst. An der Hand der bekanntlich ebenso umfangreichen wie weit verstreuten und vielfach unklaren Literatur, sowie besonders eines umfassenden, durch die Mittel verschiedener Stiftungen und die Güte zahlreicher schwedischer und deutscher Kollegen beschafften embryonalen Materials liefert Broman eine Darstellung von der Entwicklung der Bursa omentalis beim Menschen und bei den Wirbeltieren bis zu den Cyclostomen hinab. — Nach einer speziellen Darstellung der Untersuchungen gibt Verf. zum Schlusse des ersten Abschnittes für den Menschen, sowie gegen Ende der Monographie für die Wirbeltiere Zusammenfassungen und Ergebnisse, letztere in Form von 151 Sätzen. Ausser der Entwicklung der Mesenterialrezesse wird auch deren Bedeutung und Funktion erörtert und, da wir bekanntlich niemals eine Frage ganz erschöpfend beantworten können, und da jede „Lösung“ einer solchen wieder neue Aufgaben stellt, werden weitere Forschungsaufgaben präzisiert. — Ein grosses Literaturverzeichnis findet sich am Schluss des Werkes.

Die Abbildungen, z. T. im Text, z. T. auf Tafeln, sind ausserordentlich zahlreich, klar, sehr gut und ansprechend wiedergegeben. Trotz dieser kostbaren Ausstattung konnte der Preis dieses Werkes, wegen einer Subvention der schwedischen Regierung, verhältnismässig niedrig gestellt werden.

*Anatomischer Anzeiger.*

# Ergebnisse der Physiologie.

Erster Jahrgang, I. Abteilung.

## Biochemie.

Bearbeitet von

Ferdinand Blumenthal (Berlin), G. Bredig (Heidelberg), M. Cremer (München), Friedr. Czapek (Prag), Alexander Ellinger (Königsberg i. Pr.), E. Friedmann (Strassburg), Otto von Fürth (Strassburg), E. Fuld (Halle), Olof Hammarsten (Upsala), A. Heffter (Bern), F. Hofmeister (Strassburg), Martin Jacoby (Heidelberg), Leo Langstein (Wien), Immanuel Munk (Berlin), W. Pauli (Wien), J. P. Pawlow (St. Petersburg), G. Rosenfeld (Breslau), Fr. N. Schulz (Jena), E. Schulze (Zürich), K. Spiro (Strassburg), H. Vogt (Strassburg), Fritz Voit (Erlangen), Siegfried Weber (Strassburg), Hugo Wiener (Prag), E. Winterstein (Zürich),

herausgegeben von

L. Asher  
(Bern)

und

K. Spiro  
(Strassburg i. E.).

Mk. 22,60.

### Auszug aus dem Inhaltsverzeichnis.

- I. Allgemeine Physiko-Chemie der Zellen und Gewebe. Von W. Pauli, Wien.
- Ia. Ueber Bau und Gruppierung der Eiweisskörper. Von F. Hofmeister, Strassburg.
- II. Der Kreislauf des Schwefels in der organischen Natur. Von E. Friedmann, Strassburg i. E.
- III. Ueber die bei der Spaltung der Eiweisssubstanzen entstehenden basischen Produkte. Von E. Schulze und E. Winterstein, Zürich.
- IV. Die Bildung von Kohlehydraten aus Eiweiss. Von Leo Langstein, Wien.
- V. Zur Gewebschemie des Muskels. Von Otto von Fürth, Strassburg.
- VI. Die Elemente der chemischen Kinetik, mit besonderer Berücksichtigung der Katalyse und der Fermentwirkung. Von G. Bredig, Heidelberg.
- VII. Ueber die Bedeutung der intracellularen Fermente für die Physiologie und Pathologie. Von Martin Jacoby, Heidelberg.
- VIII. Die physiologische Chirurgie des Verdauungskanal. Von J. P. Pawlow, St. Petersburg.
- IX. Ueber Cerebrospinalflüssigkeit. Von Ferdinand Blumenthal, Berlin.
- X. Resorption. Von Immanuel Munk, Berlin.
- XI. Ueber die Eiweissstoffe des Blutserums. Von Olof Hammarsten, Upsala.
- XII. Die Bildung der Lymphe. Von Alexander Ellinger, Königsberg i. Pr.
- XIII. Chemische Physiologie der Nierensekretion niederer Thiere. Von Otto von Fürth, Strassburg.
- XIV. Physiologie der Harnabsonderung. Von K. Spiro und H. Vogt, Strassburg.
- XV. Chemie des Harns. Von A. Heffter, Bern.
- XVI. Ueber Milchgerinnung durch Lab. Von E. Fuld, Halle.
- XVIa. Physiologie des Glykogens. Von M. Cremer, München.
- XVII. Die physiologische Farbstoffbildung beim höheren Thiere. Von Fr. N. Schulz, Jena.
- XVIII. Ueber die Harnstoffbildung im Organismus. Von M. Jacoby, Heidelberg.
- XIX. Die Harnsäure. Von Hugo Wiener, Prag.
- XX. Fettbildung. Von G. Rosenfeld, Breslau.
- XXI. Nahrungsstoffe. Von Fritz Voit, Erlangen.
- XXII. Ueber Hungerstoffwechsel. Von Siegfried Weber, Strassburg.
- XXIII. Ueber einige bemerkenswerthe Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzen-Biochemie im Jahre 1901. Von Friedrich Czapek, Prag.

# Ergebnisse der Physiologie.

Erster Jahrgang, II. Abteilung.

## Biophysik und Psychophysik.

Bearbeitet von

L. Asher, Bern; W. Biedermann, Jena; R. du Bois-Reymond, Berlin;  
H. Boruttan, Göttingen; W. Einthoven, Leiden; R. Gottlieb, Heidelberg;  
P. Grützner, Tübingen; V. Hensen, Kiel; H. E. Hering, Prag; F. B. Hofmann,  
Leipzig; P. Jensen, Breslau; O. Langendorff, Rostock; R. Magnus, Heidelberg;  
H. Meyer, Marburg; G. v. Monakow, Zürich; H. Przibram, Wien; E. H. Starling,  
London; R. Tigerstedt, Helsingfors (Finnland); A. Tschermak, Halle a. S.;  
J. von Uexküll, Neapel; H. Zwaardemaker, Utrecht;

herausgegeben von

L. Asher  
(Bern)

und

K. Spiro  
(Strassburg i. E.)

Preis M. 25.—.

### Auszug aus dem Inhaltsverzeichnis.

- I. Die Protoplasmabewegung. Von P. Jensen, Breslau.
- II. Regeneration. Von H. Przibram, Wien.
- III. Elektrophysiologie. Von W. Biedermann, Jena.
- IV. Nerv- und Muskelgifte. Von H. Meyer, Marburg.
- V. Physiologie und Biologie in ihrer Stellung zur Tierseele. Von J. v. Uexküll, Neapel.
- VI. Intrakardialer Druck und Herzstoss. Von R. Tigerstedt, Helsingfors.
- VII. Herzmuskel und intrakardiale Innervation. Von O. Langendorff, Rostock.
- VIII. Die Innervation der Gefässe. Von L. Asher, Bern.
- IX. Mechanik der Atmung. Von R. du Bois-Reymond, Berlin.
- X. Innervation der Atmung. Von H. Boruttan, Göttingen.
- XI. Pharmakologie der Atemmechanik. Von R. Magnus, Heidelberg.
- XII. Überblick über den gegenwärtigen Stand der Kenntnisse über die Bewegungen und Innervation des Verdauungskanals. Von E. H. Starling, London.
- XIII. Stimme und Sprache. Von P. Grützner, Tübingen.
- XIV. Die intracentralen Hemmungsvorgänge in ihrer Beziehung zur Skelettmuskulatur. Von H. E. Hering, Prag.
- XV. Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Lokalisation im Grosshirn. Von C. von Monakow, Zürich.
- XVI. Theorie der Narkose. Von R. Gottlieb, Heidelberg.
- XVII. Die Accommodation des menschlichen Auges. Von W. Einthoven, Leiden.
- XVIII. Die Hell-Dunkeladaptation des Auges und die Funktion der Stäbchen und Zapfen. Von A. Tschermak, Halle.
- XIX. Die neueren Untersuchungen über das Sehen der Schielenden. Von F. B. Hofmann, Leipzig.
- XX. Die Fortschritte in einigen Teilen der Physiologie des Gehörs. Von V. Hensen, Kiel.
- XXI. Geruch. Von H. Zwaardemaker, Utrecht.

# Ergebnisse der Physiologie.

Zweiter Jahrgang, I. Abteilung.

## Biochemie.

Bearbeitet von

K. Basch, Prag; O. Cohnheim, Heidelberg; F. Czapek, Prag; O. v. Fürth, Strassburg; A. Heffter, Bern; A. Jaquet, Basel; A. Loewy, Berlin; A. Noll, Jena; R. W. Raudnitz, Prag; G. Rosenfeld, Breslau; Fr. N. Schulz, Jena; C. Speck, Dillenburg; H. Wiener, Prag;

herausgegeben von

L. Asher, Bern, und K. Spiro, Strassburg.

Preis Mk. 18.60.

### Inhalts-Verzeichnis.

- I. Über Kraft- und Ernährungsstoffwechsel. Von C. Speck, Dillenburg.
  - II. Fettbildung (II. Teil). Von Georg Rosenfeld, Breslau.
  - III. Die Ausscheidung körperfremder Substanzen im Harn. I. Teil: Anorganische Verbindungen. Von A. Heffter, Bern.
  - IV. Neuere Untersuchungen zur Physiologie der Geschlechtsorgane. Von A. Loewy, Berlin.
  - V. Über einige Farbstoffe des Harns, ihre Entstehung und Bedeutung. Von Fr. N. Schulz, Jena.
  - VI. Bestandteile, Eigenschaften und Veränderungen der Milch. Von R. W. Raudnitz, Prag.
  - VII. Die Physiologie der Milchabsonderung. Von K. Basch, Prag.
  - VIII. Die Harnsäure in ihrer Bedeutung für die Pathologie. Von Hugo Wiener, Prag.
  - IX. Bildung und Regeneration der roten Blutkörperchen. Von A. Noll, Jena.
  - X. Der respiratorische Gaswechsel. Von A. Jaquet in Basel.
  - XI. Über chemische Zustandsänderungen des Muskels. Von O. v. Fürth, Strassburg.
  - XII. Physiologie des Alpinismus. Von O. Cohnheim, Heidelberg.
  - XIII. Der Stickstoff im Stoffwechsel der Pflanze. Von F. Czapek, Prag.
- Nekrolog. — Autoren-Register.

... Aus der Übersicht geht hervor, dass das bereits arge deutete Programm auch bereits sehr glücklich verwirklicht worden ist: Die sämtlichen genannten Kapitel sind Forschern übertragen, welche selbst zum Ausbau des einschlägigen Gebietes durch eigene Arbeit sehr wesentlich beigetragen haben. Die heutige wissenschaftliche Produktion, die gute und die schlechte, nehmen für jeden, der zum ganzen strebt, einen geradezu unheimlichen Umfang an. Gerade wir etwas Fernstehenden können doppelt dankbar sein, wenn uns das so stark zerstreute physiologische Material in einem solchen, allen Anforderungen genügenden Zusammenhang geboten wird. Mag es sich um einen Forschenden oder um einen praktischen Arzt handeln, wer diesen Band als Ratgeber herangezogen hat, wird für sein Denken und Tun wirklich Vorteil gewinnen.

# Ergebnisse der Physiologie.

Zweiter Jahrgang. II. Abteilung.

## Biophysik und Psychophysik.

Bearbeitet von

W. Biedermann, Jena; R. du Bois-Reymond, Berlin; F. B. Hoffmann, Leipzig; O. Langendorff, Rostock; J. N. Langley, Cambridge; R. Magnus, Heidelberg; G. E. Müller, Göttingen; A. Pütter, Göttingen; R. Sommer, Giessen; R. Tigerstedt, Helsingfors; A. Tschermak, Halle; H. Zwaardemaker (Utrecht),

herausgegeben von

L. Asher  
(Bern)

und

K. Spiro  
(Strassburg i. E.)

Preis Mk. 24.—.

Inhalt:

- I. Die Flimmerbewegung. Von A. Pütter in Göttingen.
  - II. Elektrophysiologie. Von W. Biedermann, Jena.
  - III. Die Gesichtspunkte und die Tatsachen der psychophysischen Methodik. Von G. E. Müller, Göttingen.
  - IV. Über den Einfluss verschiedener Temperaturen auf die Herztätigkeit. Von O. Langendorff, Rostock.
  - V. Der kleine Kreislauf. Von R. Tigerstedt, Helsingfors.
  - VI. Gelenkbewegung. Spezielle Muskelphysiologie. Stehen und Gehen. Von R. du Bois-Reymond, Berlin.
  - VII. Pharmakologie der Magen- und Darmbewegungen. Von R. Magnus, Heidelberg.
  - VIII. Die Messung der Zeit bei psychophysischen Versuchen. Von R. Sommer, Giessen.
  - IX. Geschmack. Von H. Zwaardemaker, Utrecht.
  - X. Über Kontrast und Irradiation. Von A. Tschermak, Halle.
  - XI. Einige Fragen der Augenmuskelninnervation. Von B. F. Hoffmann, Leipzig.
  - XII. Das sympathische und verwandte nervöse System der Wirbeltiere (autonomes nervöses System). Von J. N. Langley, Cambridge.
- Autoren-Register.

... Der Plan des Werkes ist auch sehr breit angelegt worden. Es wurden nicht nur die Ergebnisse der experimentellen Physiologie im engeren Sinne des Wortes berücksichtigt, sondern die experimentelle Pathologie, die Pharmakologie, die klinische Medizin und die Entwicklungsgeschichte insofern herangezogen, als auf diesen Gebieten Tatsachen zutage gefördert wurden, die zur Aufklärung unserer Kenntnisse der tierischen Lebensvorgänge beigetragen haben. Auf diese Art bilden die Ergebnisse eine wirkliche Grundlage der gesamten medizinischen Experimentalforschung; der Kliniker und der experimentelle Pathologe, der Augenarzt und der Otologe, ja selbst der praktische Arzt, der im Kontakt mit der wissenschaftlichen Forschung zu bleiben wünscht, können das Werk ebensowenig entbehren, als der Physiologe oder der Pharmakologe. Der Rahmen eines Referates gestattet mir nicht, auf die einzelnen Essays einzugehen, die vielfach hervorragende Leistungen sind. Welche Fülle von Arbeit in diesem Band kondensiert wurde, geht hervor aus den umfangreichen Literaturverzeichnissen; so führt Przibram nicht weniger als 968 Nummern an. Langendorff 322, von Monakow 846.

Prof. Jaquet

Korrespondenzblatt für Schweizer Aerzte.

# Ergebnisse der Physiologie.

Dritter Jahrgang, I. Abteilung.

## Biochemie.

Bearbeitet von

W. O. Atwater, Middletown; R. Burian, Leipzig; W. Connstein, Berlin;  
F. Czapek, Prag; S. Fränkel, Wien; D. Gerhardt, Erlangen; L. Langstein,  
Berlin; O. Loewi, Marburg; C. Neuberg, Berlin; W. Pauli, Wien;  
J. P. Pawlow, St. Petersburg; J. Seemann, Marburg; S. Weber, Köln.

Herausgegeben von

**L. Asher,**  
Bern.

und

**K. Spiro,**  
Strassburg i. E.

Preis Mk. 18.60.

Inhalt:

- I. Die blutbildenden Organe. Von J. Seemann, Marburg.
- II. Chemie der Spermatozoen. Von R. Burian, Leipzig.
- III. Über Darmfäulnis. Von D. Gerhardt, Erlangen.
- IV. Allgemeine Physiko-Chemie der Zellen im Gewebe. Von W. Pauli, Wien.
- V. Psychische Erregung der Speicheldrüse. Von J. Pawlow, St. Petersburg.
- VI. Über fermentative Fettspaltung. Von W. Connstein, Berlin.
- VII. Der allgemeine Stoffwechsel unter dem Einfluss pharmakologisch wirksamer Substanzen. Von S. Weber, Köln.
- VIII. Stereochemisch bedingte Wirkungsdifferenzen und identische Wirkungen. Von S. Fränkel, Wien.
- IX. Der Stickstoff im Stoffwechsel der Pflanze. Von F. Czapek, Prag.
- X. Pharmakologie des Wärmehaushalts. Von O. Loewi, Marburg.
- XI. Pentosen und Glykuronsäuren. Von C. Neuberg, Berlin.
- XII. Die Kohlehydratbildung aus Eiweiss. Von L. Langstein, Berlin.
- XIII. Untersuchungen über Kraft- und Stoffwechsel am Respirationskalorimeter. Von W. O. Atwater, Middletown.

... Gelingt es den „Ergebnissen“ durch ihre zusammenhängenden Essays ihre Leser immer wieder auf die Höhe des Wissens in den einzelnen Zweigen der Physiologie zu stellen, so ist ihnen ein dauernder Platz in der biologischen Literatur gesichert. In der Hinsicht berechtigt die vorliegende Abteilung des ersten Bandes zu günstigster Prognose. Mit einer durch umfassende eigene Erfahrung geschärften Kritik gehen die Bearbeiter der einzelnen Kapitel an ihr Werk. Wenige der Autoren begnügen sich mit objektiver Wiedergabe des literarischen Materials, meist üben sie die dankenswerte, aber auch schwere Aufgabe, die Gesamtheit des Tatsachenmaterials nach einheitlichen Gesichtspunkten zu einem organischen Ganzen zu verarbeiten. . .

*Prof. N. Zuntz i. d. Berliner klin. Wochenschrift.*

Verlag von J. F. BERGMANN in Wiesbaden.

# Ergebnisse der Physiologie.

---

Dritter Jahrgang, II. Abteilung.

## Biophysik und Psychophysik.

Bearbeitet von

A. Bethe, Strassburg; H. Boruttan, Göttingen; Erich Ebstein, Göttingen;  
O. Frank, München; P. Grützner, Tübingen; L. Luciani, Rom; L. Merz-  
bacher, Florenz; C. v. Monakow, Zürich; G. Snellen jr., Utrecht;  
J. v. Uexküll, Neapel;

herausgegeben von

L. Asher,  
(Bern)

und

K. Spiro,  
(Strassburg i. E.).

Preis Mk. 13.60.

Inhalt:

- I. **Die ersten Ursachen des Rhythmus in der Tierreihe.** Von J. v. Uexküll, Neapel.
- II. **Die glatten Muskeln.** Von P. Grützner, Tübingen
- III. **Das Atemzentrum und seine Tätigkeit.** Von H. Boruttan in Göttingen.
- VI. **Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Lokalisation im Grosshirn.** Von C. von Monakow in Zürich.
- V. **Die Diastole des Herzens.** Von Erich Ebstein, Göttingen.
- VI. **Die historische Entwicklung der Ganglienzellhypothese.** Von A. Bethe, Strassburg.
- VII. **Allgemeine Physiologie des Winterschlafes.** Von L. Merzbacher, Florenz.
- VIII. **Das Kleinhirn.** Von L. Luciani, Rom.
- IX. **Über die Skiaskopie.** Von H. Snellen jr. in Utrecht.
- X. **Thermodynamik des Muskels.** Von O. Frank, München.

## Die Hämolyse

und ihre Bedeutung für die Immunitätslehre.

Von Dr. H. Sachs,

Assistent am Königl. Institut für experimentelle Therapie in Frankfurt a. M.

Mk. 1.60.

## Pathologische Anatomie und Krebsforschung.

von Professor Dr. O. Lubarsch in Gr. Lichterfelde.

Mk. 1.30.

Verlag von J. F. BERGMANN in Wiesbaden.

Jahresbericht  
über die  
**Fortschritte der Tier-Chemie**

---

oder der  
**Physiologischen und pathologischen Chemie.**

---

Begründet von **RICHARD MALY.**

Fortgesetzt von

**R. Andreasch.**

**M. v. Nencki** †.

**K. Spiro.**

XXXIII. Band: Über das Jahr 1903.

Herausgegeben und redigiert von

Prof. **Rud. Andreasch**  
in Graz

und

Dr. **Karl Spiro**  
in Strassburg.

==== Preis: Mk. 36.—. ====

Unter Mitwirkung von

Dr. L. Blum in Strassburg; Dr. St. Bondzyński, Univ.-Prof. in Lemberg;  
Dr. A. Bonanni, Univ.-Dozent in Rom; Dr. M. Cremer, Univ.-Prof. in  
München; Dr. O. Frank, Univ.-Prof. in München; Dr. M. Hahn, Univ.-  
Prof. in München; Dr. O. Hammarsten, Univ.-Prof. in Upsala; Dr. E.  
Hannig, Univ.-Dozent in Strassburg; Dr. Th. Henkel, Prof. in Weißen-  
stephan; Dr. E. Herter, Univ.-Dozent in Berlin; Dr. F. G. Hopkins,  
Univ.-Prof. in Cambridge; Dr. H. C. Jackson in New-York; Dr. M. Jacoby,  
Univ.-Dozent in Heidelberg; Dr. D. Lawrow, Univ.-Prof. in Jurjew (Dorpat);  
Dr. Leo Liebermann, Univ.-Prof. in Budapest; Dr. W. Lindemann,  
Univ.-Prof. in Kiew; Dr. O. Loew, Univ.-Prof. in Tokio; Dr. F. Lotmar in  
Bern; Dr. A. Magnus-Levy, Univ.-Dozent in Berlin; H. Schneider, Univ.-  
Assist. in Strassburg; Dr. F. N. Schulz, Univ.-Prof. in Jenau; Dr. E.  
Weinland, Univ.-Dozent in München; Dr. H. Zeehuisen, Professor in  
Utrecht; Dr. E. Zuntz, Univ.-Dozent in Brüssel.

Lehrbuch

der

**Physiologischen Chemie**

von

**Olof Hammarsten.**

o. o. Professor der medizinischen und physiologischen Chemie an der Universität Upsala

**Fünfte völlig umgearbeitete Auflage.**

Preis M. 17. . . geb. M. 19. . .



Verlag von J. F. BERGMANN in Wiesbaden.

Vorlesungen  
über die  
**Zelle und die einfachen Gewebe**  
des  
thierischen Körpers.

Mit einem Anhang:

**Technische Anleitung zu einfachen histologischen Untersuchungen.**

Von

**Dr. R. S. Bergh,**

Dozent der Histologie und Embryologie an der Universität Kopenhagen.

*Mit 138 Figuren im Texte.*

Preis: M. 7.—.

Vorlesungen  
über  
**Allgemeine Embryologie**

von

**Dr. R. S. Bergh,**

Dozent der Histologie und Embryologie an der Universität Kopenhagen.

*Mit 126 Figuren im Text. Preis M. 7.—.*

Einführung  
in die  
**Physikalische Anatomie.**

Von

**Dr. Hermann Triepel,**

Privatdocent und Prosektor am anatomischen Institut in Greifswald.

I. Teil: **Allgemeine Elastizitäts- und Festigkeitslehre in  
elementarer Darstellung.**

II. Teil: **Die Elastizität und Festigkeit der menschlichen  
Gewebe und Organe.**

Mit 23 Figuren im Text und 3 lithographierten Tafeln.

— Preis Mk. 6.—. —

Verlag von J. F. BERGMANN in Wiesbaden.

Soeben erschienen:

# Anatomische Hefte.

## Arbeiten aus Anatomischen Instituten.

Unter Mitwirkung von Fachgenossen

herausgegeben von

**Fr. Merkel,**

und

**R. Bonnet,**

o. ö. Professor der Anatomie in Göttingen.

o. ö. Professor der Anatomie in Greifswald.

**Heft 83.** Preis Mk. 21,40.

### Inhaltsverzeichnis:

- I. E. C. C. Hansen, Untersuchungen über die Gruppe der Binde-substanzen.  
I. Der Hyalinknorpel. Mit 5 Figuren im Texte und 23 Figuren auf den Tafeln 35/44.
- II. J. Bernstein, Bemerkung zur Wirkung der Oberflächenspannung im Organismus. Eine Entgegnung. Mit 2 Figuren im Text.
- III. Paul Jensen, Zur Theorie der Protoplasma-bewegung und über die Auf-fassung des Protoplasmas als chemisches System. Mit 1 Textab-bildung.
- IV. L. Rhumbler, Die anomogene Oberflächenspannung des lebenden Zell-leibes. Zur Erweiterung an M. Heidenhain. Mit 3 Textfiguren.
- V. Martin Heidenhain, Eine Erklärung betreffend die Protoplasmatheorie als Antwort an J. Bernstein, Paul Jensen und L. Rhumbler.

## Gefrierpunkts- und Leitfähigkeits-Bestimmungen.

Ihr praktischer Wert für die innere Medizin.

Von Privatdozent **Dr. S. Schoenborn**, Heidelberg.

*Preis: M. 1,60.*

Die

# Anwendung der physikalischen Chemie

auf die

## Physiologie und Pathologie.

Von

**Dr. Richard Brasch**

Bad Kissingen.

— Preis Mark 4,80. —

Verlag von J. F. BERGMANN in Wiesbaden.

---

# Ueber die funktionelle Prüfung des menschlichen Gehörorgans

---

von

**Dr. Fr. Bezold,**

Professor der Ohrenheilkunde an der Universität München.

I. BAND: *Mit 2 Tafeln und Textabbildungen.* — Preis Mk. 6.—

II. BAND: *Mit 4 Tafeln und Textabbildungen.* — Preis Mk. 5.—

---

## Grundzüge

der

# Allgemeinen Anatomie

zur Vorbereitung auf das Studium der Medizin  
nach biologischen Gesichtspunkten

bearbeitet von

**Professor Dr. Fr. Reinke,**

Prosektor am Anatomischen Institut in Rostock.

Mit 64 Abbildungen.

— Preis Mk. 7.60. —

Es ist dankenswert und sehr zu begrüßen, dass die kausalen Forschungen und Betrachtungen, die in den verbreiteten deskriptiven Lehrbüchern meist übergangen werden, hier im allgemeinen klar und richtig dem wissenschaftlichen Publikum dargeboten werden. *Biologisches Centralblatt.*

Jedem, der sich für die modernen biologischen Probleme interessiert, sei die Lektüre des klar und ansprechend geschriebenen Buches empfohlen, welches ausser anderem auch den Vorzug hat, nicht sehr teuer zu sein.

*Anatomischer Anzeiger.*

---

## Die Blutgefässe des Rückenmarks.

Untersuchungen

über ihre vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte.

Von

**Prof. Dr. Giuseppe Sterzi**

in Padua.

Mit 39 Abbildungen auf Tafeln und 37 Figuren im Text.

Preis: Mk. 18.60.

Nummehr ist vollständig erschienen:

# Osmotischer Druck

und

## Ionenlehre

in den

medizinischen Wissenschaften.

Zugleich

Lehrbuch physikalisch-chemischer Methoden.

Von

Dr. chem. et med. **H. J. Hamburger**

Professor der Physiologie an der Reichsuniversität Groningen.

Erster Band: Physikalisch-Chemisches über osmotischen Druck und elektrolitische Dissoziation. — Bedeutung des osmotischen Drucks und der elektrolitischen Dissoziation für die Physiologie und Pathologie des Blutes. M. 16.—, Gebunden M. 18.—

Zweiter Band: Zirkulierendes Blut. Lymphbildung. — Oden und Hydrops-Resorption. — Harn und sonstige Sekrete. — Elektrochemische Aziditätsbestimmung. Reaktions-Verlauf. M. 16.— Gebunden M. 18.—

Dritter (Schluss) Band: Isolierte Zellen. Colloide und Fermente, Muskel- und Nervenphysiologie, Ophthalmologie, Geschmack, Embryologie, Pharmakologie, Balmologie, Bakteriologie, Histologie. M. 18.—, Gebunden M. 20.—

Mit diesem Werk ist der Groninger Physiologe, dem wir eine Reihe wertvoller physikalisch-chemischer Arbeiten über das Blut verdanken, einem wahren Bedürfnis entgegengekommen. . . .

. . . . In meisterhafter Weise hat es Hamburger verstanden, das ausgezeichnete Gebiet so zu bearbeiten, dass jede einzelne Frage für sich in objektiv-kritischer Weise gesichtet und für den Leser, der sich rasch zu orientieren wünscht, in zusammenfassender Weise beantwortet ist. Es ist überraschend wie die wichtigsten Fragen der physiologischen und klinischen Hämatologie unter dem Einfluss der physikalischen Chemie in neue Beleuchtung gerückt sind. . . .

. . . . Sehr wertvoll ist auch die Aufnahme aller für den Laboratoriumsgebrauch wichtigen Zahlen in Tabellentform. Das Buch wird allen, die sich mit diesen Fragen beschäftigen, unentbehrlich sein.

*Munch. med. Wochenschrift.*



