

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Kurzes Lehrbuch der Physiologie für Mediciner

Boruttau, Heinrich

Leipzig [u.a.], 1898

I. Allgemeine Physiologie

I.

Allgemeine Physiologie.¹⁾

Die Physiologie bildet einen Theil der biologischen Wissenschaften. Diese lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten eintheilen:

Entsprechend der alten Zweitheilung der organischen Welt in das Thierreich und das Pflanzenreich, haben wir eine Thierbiologie oder Zoologie und eine Pflanzenbiologie oder Botanik.

Je nachdem, was an den Organismen näher betrachtet wird, unterscheiden wir in der Biologie der Thiere sowohl als auch der Pflanzen:

1. die **Systematik**, d. h. die Lehre von den verschiedenen Thier- resp. Pflanzenarten nach ihren unterscheidenden Merkmalen.

Indem wir jeden Einzelorganismus, jedes „Individuum“ betrachten als „Maschine“, als einen Mechanismus, welcher sich selbst erhält und seine Art fortpflanzt, haben wir uns zu befassen einerseits mit seinem Baue, andererseits mit der Wirkungsweise seiner Theile; demnach unterscheiden wir

2. die **Morphologie** oder **Formenlehre**;

3. die **Physiologie** oder **Functionenlehre**.

Wir haben also eine Thierphysiologie und eine Pflanzenphysiologie. Entsprechend derjenigen Thierart, welche den Mediciner zunächst angeht, ist das Object des vorliegenden Buches die Physiologie des Menschen, also die Lehre von den Functionen des menschlichen Körpers und seiner Theile.

Je nach den Zielen, welche sie verfolgt und nach den Wegen, welche sie einschlägt, um diese zu erreichen, muss sowohl die Morphologie, als auch die Physiologie eine besondere Bezeichnung erhalten.

¹⁾ Betreffend die Specialliteratur auf diesem Gebiete sei hier nur hingewiesen auf: R. H. Lotze, Allgemeine Physiologie des körperlichen Lebens, Leipzig 1851; E. F. W. Pflüger, Wesen und Aufgaben der Physiologie. Rede. Bonn 1878; M. Verworn, Allgemeine Physiologie, Jena 1895.

Wie wir eine allgemeine, specielle (Anatomie und Histologie) und vergleichende Morphologie haben, so können wir auch reden von einer allgemeinen Physiologie, welche auf die Erklärung der Grunderscheinungen des Lebens hinaussteuert, von einer speciellen Physiologie, welche die Functionen bestimmter Organe näher betrachtet, und von einer vergleichenden Physiologie, insofern diese ihr Ziel, sei es das allgemeine oder irgend ein speciellcs, auf dem Wege der Vergleichung verschiedener Thier- resp. Pflanzenarten zu erreichen sucht.

Die Mittel und Wege, auf welchen die Physiologie ihrem Ziele zustrebt, sind dieselben, wie in jedem anderen Zweige der Naturwissenschaft: die Beobachtung und das Experiment, d. h. die Beobachtung von Vorgängen unter absichtlich hergestellten Bedingungen. Die Ausbildung der Experimentalphysiologie hat zu der Erkenntniss geführt, dass die Gesetze, welche die Vorgänge in den „lebenden Wesen“ beherrschen, dieselben sind, wie in der „unbelebten Natur“, dass die Kräfte, welche dort wirken, dieselben sind, mit welchen es die Physik und Chemie der „todten Materie“ zu thun hat; nur ist in der organischen Welt ihr Zusammenwirken ein bei weitem verwickelteres, so dass wir von dem wirklichen Verständniss der meisten Vorgänge noch weit entfernt sind und Manches wohl nie erkennen werden. Nichtsdestoweniger ist daran festzuhalten, dass es eine besondere „Lebenskraft“, wie sie der „Vitalismus“ annahm, nicht gibt; die Physiologie ist und bleibt die Physik und Chemie der organisirten Materie.

Wir sprechen von „höheren“ und „niederen“ Thieren resp. Pflanzen, je nach der Zusammensetzung des Einzelorganismus oder „Individuums“ aus mehr oder weniger einzelnen Theilen und je nach der grösseren oder geringeren Ausbildung ihrer einzelnen Functionen. Die niedersten Lebewesen, über deren Zugehörigkeit zu dem einen oder anderen „Naturreiche“ gestritten werden kann, bestehen je aus nur einem Gebilde, dessen Bestandtheile, soweit sie als solche erkennbar und mit künstlichen Mitteln trennbar sind, für sich allein ihre Lebensfunctionen nicht fortsetzen können (s. u.). Die höheren Lebewesen bestehen aus vielen solchen Gebilden, welche man als „Elementarorganismen“, morphologische und physiologische Elemente (im Gegensatze zu den chemischen Elementen, deren kleinste Theile oder Atome als überhaupt untheilbar angesehen werden) bezeichnet und deren jedes seit Schwann (1839) eine **Zelle** genannt wird. Doch findet man zwischen den Zellen

vielfach Materie, welche nicht nur zu deren physikalischer Verbindung dient, sondern auch in vielfachen chemischen Beziehungen steht: die „Intercellularsubstanz“. Die zwei Hauptbestandtheile jeder Zelle bezeichnet man als Zellkern und Zelleib („Protoplasma“ [Mohl] im anatomischen Sinne).

Versuche der Trennung resp. getrennten Beobachtung der Thätigkeit von Kern und Protoplasma sind in neuerer Zeit mehrfach angestellt worden [Brandt¹⁾, O. und R. Hertwig²⁾, Verworn³⁾, Boveri⁴⁾, Demoor⁵⁾ u. A.] mit im Einzelnen abweichenden Ergebnissen, welche indessen als sicher erscheinen lassen, dass weder Kern ohne Protoplasma, noch Protoplasma ohne Kern fortbestehen können.

Die einzige Zelle, aus welcher die niedrigsten — einzelligen — Lebewesen („Moneren“) bestehen, vereinigt in sich alle Hauptlebensfunctionen. Je höher ein Lebewesen steht, desto mehr werden bestimmte Einzelfunctionen oder Gruppen von Functionen von besonderen Zellgruppen übernommen, welche wir als **Organe** bezeichnen; diesem Vorgange der Absonderung oder Differenzirung der Functionen entspricht eine Ausbildung der Gestalt und des Charakters der Organe und ihrer Elemente, welche gleichfalls als Differenzirung im morphologischen Sinne zu bezeichnen ist. Für das Studium der einzelnen Lebensthätigkeiten eignen sich darum die höheren Organismen besser als die niederen, und erst mit besonderer Mühe und in neuerer Zeit ist es gelungen, die Thätigkeit vieler Organe auf diejenige ihrer Elemente zurückzuführen und die allgemeinen Lebensäusserungen an den einzelnen Zellen zusammengesetzter Organismen, sowie an einzelligen Lebewesen wiederzuerkennen und zu studiren.

Diese Forschungsrichtung knüpft sich an die Vervollkommnung des Mikroskopes und der mikroskopischen Technik an; jedoch bewegten sich die Arbeiten der mikroskopirenden Naturforscher zuerst mehr auf dem Gebiete der Untersuchung des anatomischen Baues; erst die Untersuchung der kranken Körpertheile durch den mikroskopirenden Mediciner richtete sich auf die durch die Krankheitsursache veränderten Lebensäusserungen der Elementartheile, welche zu den morphologischen Veränderungen dieser, wie der ganzen Organe und Organismen führen. Die Cellularpathologie Virchow's ist eine mikroskopische pathologische Anatomie und Physiologie; die „normale“ Cellularphysiologie liegt heute erst in ihren Anfängen, während die „Organphysiologie“ nichts weniger denn als fertig und abgeschlossen gelten darf.

1) „Ueber Actionsphaerium Eichhorni“, Diss. Halle 1877.

2) Jen. Ztschr. f. Nat. u. Med. 1887.

3) Biolog. Protistenstudien, I, Ztschr. f. wiss. Zool. 1888; Psychophysiol. Protistenstudien, Jena 1889; ferner A. g. P. 51, S. 1—118.

4) Sitzgsber. morph. Ges. München 1889.

5) Archives de Biologie, XIII, p. 1.

Die Lebensäusserungen hat man in drei Gruppen eingetheilt, deren Grundphänomene als „elementare Lebenserscheinungen“ an jeder Zelle vorhanden sind, nämlich

die Erscheinungen des **Stoffwechsels** (nutritive Erscheinungen),
des **Kraftwechsels** (functionelle Erscheinungen) und
des **Formwechsels** (formative Erscheinungen).

Diese Eintheilung darf aber nicht als Trennung aufgefasst werden, soweit es sich um das Leben der einzelnen Elemente handelt. Denn mit dem Stoffwechsel ist der Kraftwechsel nach den Grundgesetzen der Naturlehre untrennbar verbunden; beide Vorgänge schliessen jeden stabilen Gleichgewichtszustand aus, woraus die Nothwendigkeit auch des Formwechsels im Sinne der Gestaltveränderung ohne Weiteres folgt. Doch wird unter dem Formwechsel als elementarer Lebenserscheinung etwas Besonderes verstanden: das Entstehen und Verschwinden von Zellen, jenes durch einen Theilungsvorgang, welcher aus einer Zelle zwei neue entstehen lässt, deren jede durch Stoffaufnahme die Grösse und Bedeutung der ursprünglichen erlangt, dieses durch physikalischen und chemischen Zerfall der Zellbestandtheile in Materie, welche zu keinem Stoff-, Kraft- und Formwechsel mehr fähig ist. Diese formativen Grunderscheinungen, die Zellneubildung — „Proliferation“ — und der Zelluntergang — „Nekrobiose“ — bilden auch die Grundlagen der entsprechenden Erscheinungen an den vielzelligen Gesamtorganismen, nämlich der Fortpflanzung und des Todes.

Die Fortpflanzung geschieht durch Abstossung eigens hierfür differenzirter Elemente, der Keimzellen, welche dann, einzeln oder nach Vereinigung oder Stoffaustausch je zweier von verschiedenem Charakter („Geschlecht“) — Befruchtung, Conjugation — durch fortgesetzte Theilung, beständige Aufnahme neuen Stoffes und Differenzirung schliesslich zum neuen Organismus gleicher Art werden, wie der sich fortpflanzende. Diese letzteren Vorgänge werden als Entwicklung und Wachstum (im engeren Sinne) bezeichnet. Ihr Studium in morphologischer und physiologischer Hinsicht ist zum Gegenstande besonderer Disciplinen geworden, der Entwicklungsgeschichte (Embryologie) und Entwicklungsmechanik, und hat sich von der übrigen Anatomie und Physiologie mehr und mehr abgetrennt. Deshalb sind diese Vorgänge aus diesem Buche weggelassen; auch können hier gewisse Punkte von allgemeiner Bedeutung, welche an jene sich knüpfen, nämlich die Fragen nach der Vererbung von morphologischen und physiologischen Charakteren, der Anpassung, der Abstammung der Arten und der Herkunft des Lebens auf der Erde um so eher übergangen werden, als es sich bei diesen „biogenetischen“ Wissenschaften um ein Gebiet handelt, auf welchem viele Cardinalfragen sowohl als auch Einzelheiten durchaus streitig sind, und genügende Belehrung zur Bildung eines eigenen Urtheiles nur durch Studium wenigstens der wichtigsten Specialliteratur erzielt werden kann.

Der Stoffwechsel bildet den Mittelpunkt aller Lebenserscheinungen; sein dauerndes Aufhören ist mit dem Tode gleichbedeutend; während des Lebens führt er dazu, dass alle Bestandtheile des Organismus und seiner Elemente früher oder später, langsamer oder schneller weggeführt und durch andere gleichartige ersetzt werden, auch ohne dass an physikalischen und chemischen Eigenschaften dadurch irgend etwas geändert zu werden braucht. Hierzu ist indessen nöthig, dass nicht nur genau die gleichen chemischen Verbindungen sich bilden und den Platz der ausgestossenen resp. zersetzten einnehmen können, sondern es muss dies auch die gleiche Menge sein. Ist das genau der Fall, so redet man von „Stoffwechselgleichgewicht“. Wird mehr aufgenommen und zur Bildung gleichartiger Bestandtheile verwendet, als ausgegeben resp. zersetzt, so findet eine Vermehrung des Bestandes statt, welche man „Wachsthum“ im weiteren Sinne nennt; sie findet in den Dimensionen, welche den Elementen resp. Gesamtorganismen bestimmter Arten zukommen, ihre Grenze. Der gegentheilige Vorgang, wo mehr Substanz zersetzt und ausgegeben wird, als Ersatzmaterial an die Stelle tritt, führt zum „Schwunde“ oder der „Atrophie“ und, wenn er andauert, vereint mit den oben als Nekrobiose erwähnten Vorgängen zur Functionsunfähigkeit der Organe und zum Tode des Gesamtorganismus.

Der Austausch der Materie zwischen den lebenden Wesen und ihrer Umgebung ist untrennbar verbunden mit entsprechendem Austausch an Energie. Wie die Unzerstörbarkeit der Materie das leitende Gesetz des Stoffwechsels ist, so folgt der Kraftwechsel des lebenden Organismus ebensogut wie jeder Vorgang in der „todten“ Natur dem **Gesetz von der Erhaltung der Energie**. Es geht nichts an Kraft verloren, und aus nichts entsteht nimmer Kraft, sondern es geht stets nur Energie der einen Form in eine ihr gleichartige (äquivalente) Menge Energie einer anderen Form über. Die beiden Hauptformen sind die lebendige Kraft (kinetische, actuelle Energie) und die Spannkraft (potentielle, latente Energie). Diese letztere äussert sich als solche unseren Sinnen nicht, vielmehr wohnt sie einem Körper oder Gemisch verschiedener Körper derart inne, dass sie durch eine äussere oder innere Veranlassung in lebendige Kraft umgewandelt werden kann (gespannte Feder, Schiesspulver); umgekehrt kann, wo lebendige Kraft scheinbar verschwindet, dieselbe in potentielle Energie verwandelt und als solche „aufgespeichert“ werden (Sonnenwärme im

Brennmaterialie). Aber es kann auch lebendige Kraft der einen Form in eine gleichwerthige Menge anderer Form umgewandelt werden: Arbeit in Wärme (Heisslaufen reibender Theile); Wärme in Arbeit (Dampfmaschine).

Was die **Form** der aufgenommenen und diejenige der abgegebenen **Energie** betrifft, so existirt im Grossen und Ganzen ein wesentlicher **Unterschied** zwischen den höherstehenden **Thieren** und **Pflanzen**: die Pflanzen nehmen wesentlich lebendige Kraft in Form der Sonnenwärme und des Sonnenlichtes auf und wandeln sie in Spannkraft um, welche in Form der Verbrennungswärme (chemischen Energie) ihrer Bestandtheile in ihnen aufgespeichert bleibt. Sie kann ausserordentlich lange Zeit latent bleiben (tausendjährige Bäume, Steinkohlen als Pflanzenreste früherer Erdperioden), aber auch bald wieder in lebendige Kraft zurückverwandelt werden, indem die Pflanzen den Thieren mittelbar oder unmittelbar als Nahrung dienen, auch vom Menschen zum Verbrennen benützt werden. Die Thiere nehmen umgekehrt die Energie hauptsächlich als Spannkraft (eben in Gestalt der chemischen Energie oder Verbrennungswärme ihrer Nahrung) auf und geben sie als lebendige Kraft in deren sämtlichen Formen wieder ab: Bewegung (Locomotion, Stimmbildung), thierische Wärme, thierische Elektrizität, bisweilen auch Licht (Leuchtorgane). Diese Unterscheidung ist indessen insofern nicht durchgreifend, als die Pflanze auch der Zufuhr der chemischen Energie in gewissen Stoffen bedarf und durch Bewegungserscheinungen, in manchen Fällen auch Wärmeproduction, Abgabe von lebendiger Kraft zeigt. Umgekehrt bedarf das Thier der Zufuhr gewisser Wärmemengen von aussen, um seinen Stoffwechsel aufrecht zu erhalten, und speichert, besonders während der Wachstumsperioden, Energie in Form der Verbrennungswärme derjenigen Stoffe auf, welche es „ansetzt“.

- Der in Rede stehende Gegensatz sowohl wie seine zuletzt erwähnten Beschränkungen sind der energetische Ausdruck des Gegensatzes der chemischen Processe in Thier und
- Pflanze und seiner Beschränkungen, insofern nämlich die höherstehende (grüne, chlorophyllhaltige) **Pflanze** die **Kohlensäure** der Luft und das **Wasser** des Bodens **aufnimmt**, die CO_2 **reducirt**, d. h. den **Sauerstoff** **abspaltet** und **ausscheidet**, den **Kohlenstoff** aber **mit den Elementen des Wassers** zu den **Kohlenhydraten** (Stärke, Zucker, Holz) und **Fetten vereinigt**

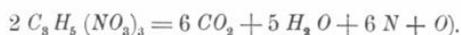
(pflanzliche „**Assimilation**“) und durch Aufnahme stickstoffhaltiger Verbindungen ferner auch die complicirtesten der sogenannten organischen Verbindungen **aufbaut**, nämlich die **Eiweisskörper**. Zu alledem ist die Zufuhr der Sonnenwärme und des Sonnenlichtes nothwendig, welche eben in Gestalt der chemischen Energie der aufgebauten Verbindungen „latent“ wird. Umgekehrt **nimmt** das **Thier Sauerstoff** aus der Luft **auf**, **zersetzt** die von den Pflanzen stammenden **Nahrungsstoffe** und **oxydirt** deren H- und C-Atome mit dem aufgenommenen Sauerstoff, wobei Energie „frei“ und in den oben erwähnten Formen abgegeben wird.

Indessen zersetzt und oxydirt die Pflanze auch stets einen Theil ihrer Substanz, indem sie Sauerstoff aufnimmt, Kohlensäure und Wasser abgibt; die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe wird nur am Tage durch die weit grössere assimilatorische Kohlensäureaufnahme und Sauerstoffabgabe verdeckt, tritt aber in der Nacht deutlich hervor. Umgekehrt gibt der Thierkörper Stoffe nach aussen ab, welche nachgewiesenermassen durch Aufbau aus einfacheren Verbindungen entstehen. Beide Thatsachen entsprechen den oben gemachten Beschränkungen des energetischen Gegensatzes, insofern die Pflanze auch lebendige Kraft abgibt und das Thier solche latent macht.

Die besprochenen, zu einander im Gegensatze stehenden Haupterscheinungen des Stoff- und Kraftwechsels der Pflanzen und Thiere sind nämlich nur die Summe oder das Endergebniss der Einzelvorgänge, welche in den sämtlichen Elementen jener höher organisirten Wesen statthaben. Diese einzelnen Vorgänge des intermediären Stoff- und Kraftwechsels sind uns bis jetzt nur zum geringsten Theile bekannt; doch kann darüber kein Zweifel bestehen, dass bei ihnen in beiden Naturreichen Synthesen und Reductionen einerseits, Spaltungsprocesse und Oxydationen andererseits nebeneinander oder abwechselnd vor sich gehen, und nur der Ueberschuss der einen über die anderen ist es, welcher das Schlussresultat bestimmt.

Die Fortschritte der neueren physiologischen Chemie sowohl, als auch das bis jetzt vorliegende Beobachtungsmaterial an niederen resp. einzelligen Lebewesen lassen es gesichert erscheinen, dass Oxydation und Spaltung, Reduction und Synthese resp. Aufspeicherung und Freimachung von Energie schon in jedem Elementarorganismus, in jeder Zelle nebeneinander vor sich gehen. Man hat daraus eine Eigenschaft jedes Molecüles der wichtigsten Bestandtheile der Organismen, nämlich der Eiweisskörper ge-

macht: Zu der Erkenntniss, dass im Thierkörper Spaltungen ohne Aufnahme von Sauerstoff aus der Umgebung Kraftquelle sein können (L. Hermann 1867), zu der Entdeckung der thierischen Synthesen (Hippursäure, Wöhler 1824, aromatische Aetherschwefelsäuren, Baumann 1877) und der Rolle des Blutfarbstoffes als Sauerstoffüberträger (Hoppe-Seyler 1867) kamen die Untersuchungen über die Fermente, deren Wirkungsweise, soweit sie Oxydation vermitteln, noch streitig ist (Hoppe-Seyler's und Moriz Traube's Theorien), deren Analogie mit den Aeusserungen des thierischen und pflanzlichen Stoffwechsels (Hoppe-Seyler), ja Anhaften an niedrigere Organismen (Identificirung mit denselben, Pasteur) bald zu einer Anschauung über den organischen Stoff- und Kraftwechsel geführt hat, welche man wohl kurzweg als Fermenttheorie bezeichnet. Sie fand eine Stütze in den Versuchen von Fick und Wislicenus, Pettenkofer und Voit über die Quelle der Muskelkraft und den Untersuchungen Pflüger's über die thierischen Oxydationsprocesse.¹⁾ Nach Pflüger sollen die in der lebenden Zelle befindlichen Eiweisskörper verschieden sein von derjenigen Form, welche sie nach dem Absterben angenommen haben, indem in dem „lebendigen Eiweissmolecül“ der Kohlenstoff direct an dem Stickstoffatome anhänge (Cyantheorie): die Fermenttheorie nimmt nun weiterhin an, dass das „lebendige Eiweissmolecül“ bestehe aus einem N-haltigen „Leistungskern“ mit daranhängenden „verbrennbaren Seitenketten“.²⁾ Der aufgenommene Sauerstoff wird zunächst an den „Leistungskern“ locker gebunden; auf einen Anstoss indessen verlässt er diese lockere Bindung und geht mit den C- und H-Atomen der verbrennlichen Seitenketten die festere Bindung zu CO_2 und H_2O ein, welche abgespalten werden. Durch Aufnahme neuer verbrennlicher Seitenketten (Kohlenhydrat- und Fettnahrung) und lockere Bindung neuen Sauerstoffes kann sich das Molecül regeneriren. Es wird also abwechselnd oxydirt und reducirt, gespalten und aufgebaut, Energie latent und frei gemacht. Wegen der Aehnlichkeit dieses hypothetischen Vorganges hinsichtlich des Freiwerdens von Energie bei der Spaltung mit dem Zerfalle der stickstoffhaltigen Explosivkörper, welche die moderne Chemie herstellen gelehrt hat, redet man auch von der „Sprengstofftheorie“. (Explosionsgleichung des Nitroglycerins:



Es darf nicht vergessen werden, dass die ganze in Rede stehende Vorstellung bis jetzt reine Hypothese ist, welche durch die spärlichen Ergebnisse der bisherigen chemischen Untersuchungen über den Bau der Eiweisskörper noch keine directe Stütze erhalten und umgekehrt wenig zum Fortschritte auf diesem Gebiete beigetragen hat. Den Zerfall und Wiederaufbau der lebendigen Eiweissmolecüle („Biogene“) im Sinne jener Hypothese hat man betrachtet als Wesen des „Dissimilations“- und „Assimilationsprocesses“, welche Hering³⁾ in längeren Ausführungen zum Fundamente einer Erklärung aller elementaren Lebenserscheinungen gemacht hat, ohne im Uebrigen auf eine bestimmte chemische Theorie (wie die obige) einzugehen.

¹⁾ A. g. P., X, S. 251.

²⁾ Vgl. Ehrlich, Das Sauerstoffbedürfniss des Organismus, Berlin 1888.

³⁾ Lotos, IX, 1888.

Das Verhältniss der gleichzeitig in irgend einem Organe stattfindenden Dissimilationsprocesse D und Assimilationsprocesse A: $\frac{A}{D}$ hat man als Biotonus bezeichnet (ist dieser Quotient > 1 , so haben wir Wachstum, $= 1$, Stoffwechselgleichgewicht, < 1 . Atrophie; s. oben). Auf die Localisirung resp. das locale Ueberwiegen des einen oder anderen Processes werden so ziemlich alle localen Energiewechsellerscheinungen zurückgeführt: Bewegungen, elektromotorische Kräfte u. s. w.

Nachdem wir gesehen haben, dass die Lebenserscheinungen der Organismen auf Stoff- und Kraftaustausch mit ihrer Umgebung hinauslaufen — „Beziehungsleben“ —, so versteht es sich von selbst, dass ihr Auftreten und ihre Fortdauer bestimmte Zustände in der Umgebung zur Voraussetzung hat, welche man als **allgemeine Lebensbedingungen**, und zwar zunächst äussere, bezeichnet. Hierher gehören nicht nur stoffliche Voraussetzungen: Vorhandensein der als Nahrung im weitesten Sinne zu bezeichnenden, nothwendigen chemischen Verbindungen, Sauerstoff, bei den Pflanzen auch Kohlensäure, nothwendige anorganische Salze, beim Thiere stickstoffhaltige und stickstofffreie organische Verbindungen, sondern vor Allem auch physikalische Bedingungen: bestimmte Temperatur und bestimmter Druck. Diese Factoren wechseln allerdings auf der Erde innerhalb nicht ganz enger Grenzen und ihnen entsprechend haben sich Bau und Functionen der Thiere und Pflanzen verschiedener Elemente und Regionen gestaltet (Land-, Wasser- und Luftthiere; Tiefseeorganismen, welche gewöhnlich unter Vielfachem des atmosphärischen Druckes stehen; Verschiedenheit der Fauna und Flora in den verschiedenen Klimaten), auch vermag dasselbe Individuum verschiedenen Verhältnissen sich anzupassen (Wechsel der Jahreszeiten); indessen gibt es Grenzen der Temperatur- und Druckwerthe, innerhalb deren Lebenserscheinungen überhaupt möglich sind, mit deren Ueberschreitung sie entweder dauernd aufhören — Tod — oder zeitweilig sistiren, mit der Möglichkeit, durch Rückkehr der Werthe innerhalb jener Grenzen wieder erweckt zu werden. Absolut betrachtet, sind die Temperaturgrenzen zu beiden Seiten des Nullpunktes, innerhalb deren Lebenserscheinungen möglich sind, nicht sonderlich weit. Erwärmung bis auf $60-70^\circ$ vernichtet die Lebensfähigkeit der meisten Organismen; doch kann z. B. der Aufenthalt in trockener Luft von 100° und darüber auf kurze Zeit von Menschen ertragen werden; die Keime mancher pathogener Mikroben vertragen Siedehitze und können nur durch überhitzten Dampf mit Sicherheit vernichtet werden. Ab-

kühlung weit unter Null Grad kann selbst von höherorganisirten Thieren ertragen werden, sofern nicht durch plötzliche Veränderungen des Aggregatzustandes (zu schnelles Auskrystallisiren und besonders Wiederflüssigwerden des Wassers) die physikalische und chemische Structur dauernd verändert wird, (Pictet,¹⁾ Kochs.²⁾ In so niederen Temperaturen hören die Lebensäusserungen zeitweilig auf, um bei der Erwärmung wieder zu beginnen. Eine quantitative Reduction derselben durch Temperaturenniedrigung finden wir in dem „Winterschlaf“ gewisser Säugethiere und Fische.

Dass Stoff- und Kraftwechsel lebender Zellen in der That zeitweilig ganz aufhören and wieder beginnen kann (Scheintod, vie latente), wenn die Structur der betreffenden Elemente nicht geschädigt ist, dafür gibt es zahlreiche weitere Beispiele: Eintrocknen der Tardigraden, Amöben u. s. w. Manches, was als hierhergehörig erzählt wird, wie das Keimen des Mumienweizens, der Schlaf der indischen Fakire, ist freilich Schwindel.

Die nächste Veranlassung zu den Lebensäusserungen geben nicht die äusseren Lebensbedingungen als dauernde Zustände, sondern ihre Veränderungen. Insofern jede Veränderung der chemischen Zusammensetzung und des physikalischen Zustandes der Umgebung an dem lebenden Organismus Erscheinungen des Form-, Kraft- und Stoffwechsels „erregen“ kann, bezeichnet man dieselben als „Reize“ im weitesten Sinne des Wortes.

Je nachdem die Veränderung in der Umgebung die elementaren Lebenserscheinungen einerseits erweckt oder verstärkt, andererseits vernichtet oder vermindert, hat man von „Erregung“ und „Lähmung“ durch den Reiz gesprochen. Beides soll in Hering's Sinn sowohl die „dissimilatorischen“, als auch die „assimilatorischen“ Vorgänge betreffen können.

Mit dem Worte „Reiz“ im engeren Sinne verbindet man nun aber einen besonderen Begriff, nämlich denjenigen der „Auslösung“. Bei der Nerven- und Muskelreizung z. B. wird durch Aufwendung einer sehr geringen Energiemenge eine grosse Menge Spannkraft in lebendige Kraft übergeführt, letztere „ausgelöst“: das Bild ist von der gespannten Feder eines Schlagwerkes hergenommen; es trifft hier auch der Vergleich mit dem Zündhütchen zu, durch welches eine grosse Menge Sprengstoffes zur Explosion gebracht wird, in welchem Energie aufgespeichert ist vermöge des labilen Gefüges der Atome in seinem Molecül: eine weitere Stütze für die oben erwähnte „Fermenttheorie“, welche auch der „lebendigen Substanz“ ein besonders labiles Gefüge zuschreibt.

¹⁾ Arch. des sciences phys. et nat., 3, XXX, 293.

²⁾ C. B. XII, 330, XV, 372.

Wir haben in den Eigenschaften der Umgebung der lebenden Wesen deren „äussere Lebensbedingungen“ kennen gelernt; als „innere Lebensbedingung“ bezeichnet man wohl den Zustand des Organismus als Function der Zeit. Wir haben gesehen, dass durch den Stoffwechsel jeder Elementarorganismus, wie der hochentwickelte Gesamtorganismus seine abgegebenen Bestandtheile beständig erneuert. Dieses geht aber nur eine gewisse Zeit lang fort; nachdem er durch „Theilung“ sich vermehrt hat, hört er auf, als Individuum zu existiren; bei dem zusammengesetzten Organismus findet, nachdem er durch Abstossung von Keimelementen für seine Fortpflanzung gesorgt hat, früher oder später ein Rückschritt und schliesslicher Stillstand der Stoffwechselforgänge statt; er stirbt, sobald die inneren Lebensbedingungen nicht mehr vorhanden sind.

Die Zeit von der beginnenden Entwicklung des abgestossenen, eventuell durch die vorherige Conjugation oder Befruchtung dazu erst tauglich gemachten Keimes bis zum Tode des Organismus ist die Gesamtlebensdauer, deren unter sich natürlich nicht gleichwerthige Abschnitte oder Altersstufen als „Entwicklungs“- und „Wachstumsperioden“ einerseits, „Reife- und Rückbildungsperioden“ andererseits unterschieden werden können.

Beim Menschen vollendet sich die „Entwicklung“ grösstentheils während des intrauterinen Lebens — neun Monate —; ihren völligen Abschluss findet sie erst etwa zusammen mit der Wachstumsperiode, welche das Kindesalter (beim männlichen Geschlechte bis zum 14., beim weiblichen bis zum 12. Jahre) und Jünglingsalter (beim männlichen Geschlechte bis zum 23., beim weiblichen bis zum 21. Jahre) umfasst.

Die Reifeperiode dauert beim männlichen wie beim weiblichen Geschlechte je nach Rasse, Individualität u. s. w. sehr verschieden lange (rechnen wir sie beim männlichen bis zum 60. Jahre, beim weiblichen bis zum Aufhören der Geschlechtsfunctionen). Auf sie folgt ein allmäliger Rückgang, verbunden mit anatomischen Rückbildungen mancher Organe, welche dem „natürlichen Tode“ vorausgehen.

Die Gesamtlebensdauer, wie die Dauer der einzelnen Altersperioden unterliegen beim Menschen, je nach Klima, Rasse, socialen und individuellen Verhältnissen (auch abgesehen von Krankheiten u. s. w.), bedeutenden Schwankungen. Natürlich sind bei den verschiedenen Thierarten die Werthe erst recht verschieden.

Die **Methodik** der physiologischen Experimente¹⁾ bedient sich sämtlicher Hilfsmittel, deren physikalische und chemische Untersuchungen bedürfen; in vielen Fällen erhalten dieselben eine den besonderen Verhältnissen angepasste Construction; dazu kommen noch zahlreiche Vorrichtungen, welche der physiologischen Technik theils mit der anatomischen, theils mit der chirurgischen gemeinsam sind.

Die Vorgänge am lebenden Menschen sind im Allgemeinen nur so weit der Beobachtung und dem Experimente zugänglich, als keine Verletzung dazu nothwendig ist. Experimente, welche die Grenze dieser Voraussetzung überschreiten, können nur an Thieren angestellt werden, und es können die an denselben erhaltenen Ergebnisse um so unbedenklicher auf den Menschen übertragen werden, eine je höhere Stellung das Versuchsobject in der Thierreihe einnimmt. Affen, Hunde, Katzen, Kaninchen und Meerschweinchen erfüllen in absteigender Reihe diese Bedingung — von den in den physiologischen Untersuchungen und Demonstrationen meist gebrauchten Thieren. Indessen sind für viele Zwecke, besonders der allgemeinen Nerven- und Muskelphysiologie, die sogenannten Kaltblüter — von denen der Frosch besonders viel benützt wird — deshalb mehr zu empfehlen, weil die in Frage kommenden Organe nach dem Tode des Thieres, resp. von dem übrigen Körper getrennt, ihre Functionsfähigkeit hier länger behalten, indem ihr auch vorher träger Stoffwechsel mit dem vorhandenen Materiale sich länger fortsetzen kann, als bei den „warmblütigen Thieren“.

Ueber die Nothwendigkeit der Vivisectionen und die Lächerlichkeit der stets auf's Neue auftauchenden Agitation gegen dieselbe braucht in einem Lehrbuche der Physiologie wohl kein Wort weiter verloren zu werden. Dass jede überflüssige Thierquälerei zu vermeiden ist, ist selbstverständlich.

Eine ganz besondere Bedeutung in der Physiologie kommt der Untersuchung des zeitlichen Verlaufes der verschiedenartigsten Vorgänge zu. Sowohl Bewegungserscheinungen, als Druck-, Geschwindigkeits-, elektrische Zustandsänderungen u. s. w. lassen sich als Function der Zeit graphisch darstellen, indem in einem (rechtwinkligen oder andersgearteten) **Coordinaten-**

¹⁾ Von Specialwerken hierüber seien erwähnt: Cl. Bernard, *Leçons de physiologie opératoire*, Paris 1879; R. Gscheidlen, *Physiologische Methodik (unvollendet)*, Braunschweig 1876/77; E. Cyon, *Methodik der physiologischen Experimente und Vivisectionen*, Giessen 1876; L. Fredericq, *Manipulations de physiologie*, Paris 1892; O. Langendorff, *Physiologische Graphik*, Wien 1892; F. Schenck, *Physiologisches Practicum*, Stuttgart 1895.

system die Zeiträume als Abscissen, die Grössen der fraglichen Function in jedem Zeitpunkte als Ordinaten genommen werden. Das nächstliegende Beispiel für den Mediciner ist die „Temperaturcurve“ eines Fieberkranken, deren Abscissenstücke den grösseren Zeiträumen — Stunden, halbe Tage — entsprechen, durch welche die einzelnen Messungen von einander getrennt sind (Fig. 1). Die Curve gibt deshalb mit ihren scharfen Zacken statt plötzlicher Uebergänge kein genaues Bild von dem wirklichen Verlaufe der Temperaturänderungen. Ein solches wird erhalten durch

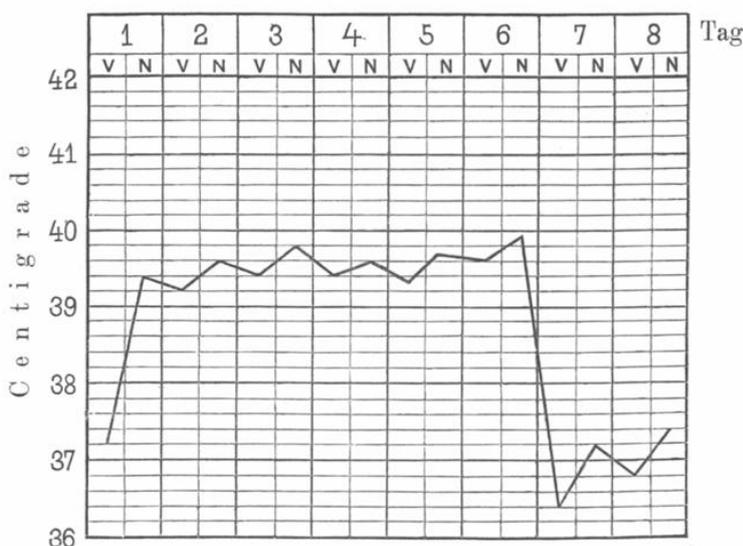


Fig. 1.

Temperaturcurve eines Pneumoniekranken.

die Selbstschreibung (autographische Registrirung) derartiger Vorgänge durch geeignete Apparate. Das Princip dieser von Ludwig in die Physiologie eingeführten Methode besteht darin, dass alle nicht mechanischen Vorgänge in entsprechend verlaufende Bewegungen verwandelt, die Bewegungsvorgänge natürlich direct, eine Schreibvorrichtung (Feder, Stift, Pinsel, auf photographisches Papier wirkender Lichtstrahl) mitnehmen, welche auf einer meist senkrecht zu ihrer Bewegungsrichtung vorbeibewegten Fläche die Curve des Vorganges zeichnet: registrirende Barometer und Thermometer, Registrirung der Sternbewegungen in der Astronomie. Die physiologische Graphik hat es oft mit so schnell verlaufenden Vor-

gängen zu thun, dass ihnen unsere Sinne nicht folgen können, für deren Aufzeichnung daher eine relativ grosse Geschwindigkeit der Verschiebung der Schreibfläche nothwendig ist; ferner handelt es sich oft um geringe Bewegungsgrössen, welche durch Anwendung eines

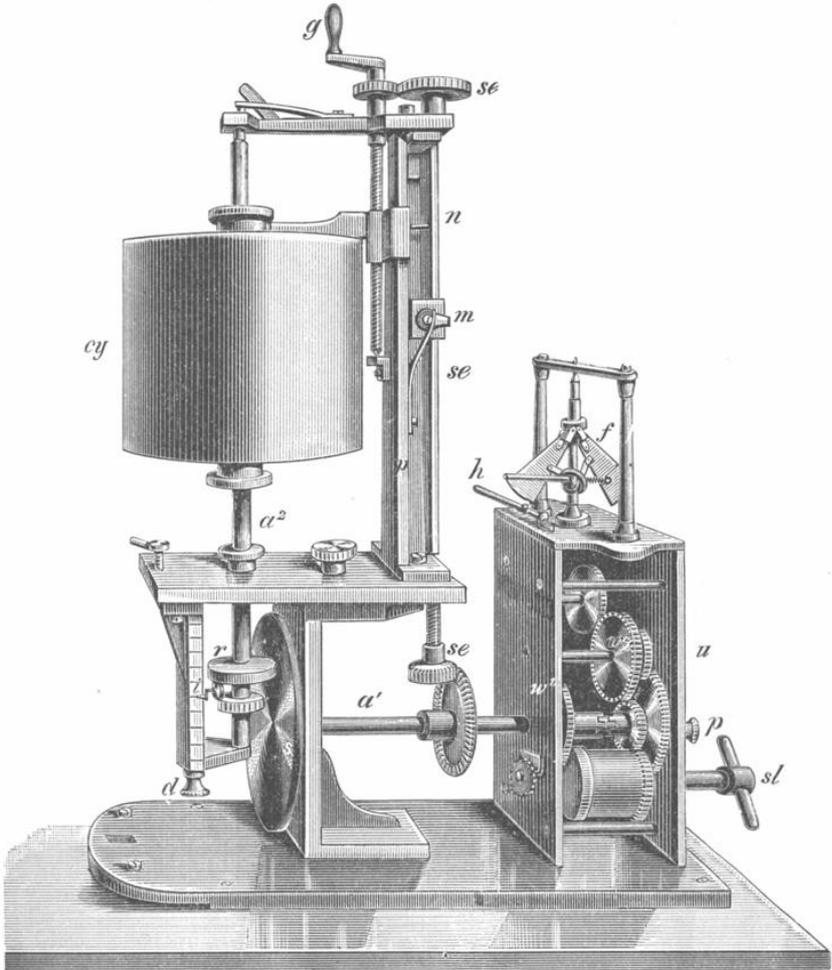


Fig. 2.

meist einarmigen Hebels vergrössert werden, an welchem, nahe dem Drehpunkte, die bewegende Kraft angreift, während seine Spitze die Curve zeichnet. Das wichtigste Beispiel dieser Art ist die Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufes der Muskelzuckung (s. allgemeine

Nerven- und Muskelphysiologie), für welche vielfach eine ebene Schreibfläche gebraucht wird. Oft auch hierfür, meistens für die Registrirung der Blut- und Athembewegungen bedient man sich eines um eine Walze gelegten Papierstreifens; die Walze („Trommel“) rotirt um eine zur Bewegungsrichtung parallele Achse, getrieben durch einen Motor, ein Gewichts- oder Federuhrwerk. Ein besonders oft benützter, weil vielseitig verwendbarer und dabei compendiöser Registrircylinder („Kymographion“) dieser Art ist der zuerst von Baltzar und Schmidt nach Ludwig's Vorschlägen construirte, in Fig. 2 abgebildete Apparat, welcher ein Federuhrwerk *u* besitzt, dessen Bewegung durch den Foucault'schen Centrifugalregulator *f* höchste Gleichmässigkeit erhält, während die Geschwindigkeit sich in sehr

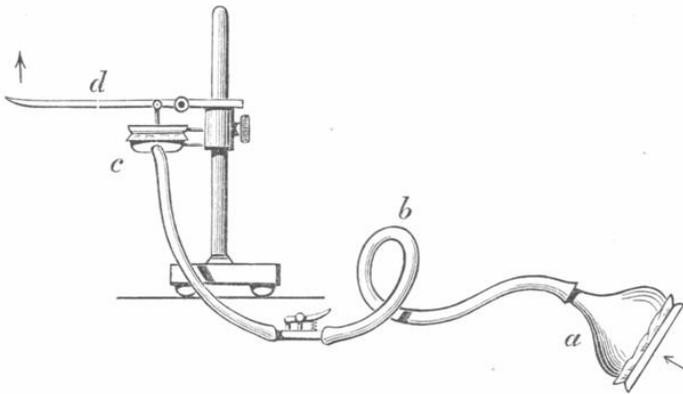


Fig. 3.

weiten Grenzen variiren und die Lage der eigentlichen Trommel *cy* vielfach abändern lässt.

Viele Vorgänge sind der Registrirung durch direct anzubringende Schreibvorrichtungen unzugänglich; in diesen Fällen, und auch oft sonst, leistet das von Marey eingeführte Verfahren der „Luftübertragung“ gute Dienste: der bewegende Vorgang wirkt comprimirend oder dilatirend auf einen elastischen, luftgefüllten Hohlkörper (Fig. 3 *a*) ein, dessen Innenraum durch einen Schlauch *b* mit dem eigentlichen Schreibapparat, der Upham'schen oder Marey'schen Kapsel verbunden ist; dieser besteht aus einer flachen, oben offenen Metallkapsel *c*, über welche eine dünne Gummimembran gespannt ist; diese trägt in der Mitte ein Plättchen mit einem senkrechten Stift, welcher mit einem Schreibhebel *d* nahe dessen Drehpunkt durch ein doppeltes Scharnier verbunden ist. Dieser „Panto-

graph“ vermag den meisten Bewegungsvorgängen vollständig treu zu folgen [Marey¹⁾, Donders²⁾, Hürthle³⁾, v. Frey⁴⁾].

Für gewisse Fälle hat man die elastische Membran durch einen leichten, in einem Cylinder verschiebbaren Kolben zu ersetzen versucht (Piston-Recorder), in anderen das System mit Flüssigkeit statt mit Luft gefüllt. Die Form des Aufnahmeapparates richtet sich nach dem speciellen Zwecke und werden verschiedene derartige Vorrichtungen an ihrem Orte beschrieben werden.

Das Verständniss der Curven, resp. die Erkennung der Einzelheiten des Vorganges aus demselben hat eine ganze Reihe von Voraussetzungen. Nicht nur, dass die Eigenthümlichkeiten der Schreibapparate zu berücksichtigen sind (bogenförmige Ordinaten) und oft eine genaue Graduirung wegen mangelnder Proportionalität der Ausschläge nothwendig wird; in vielen Fällen ist ein Vorgang erst indirect durch Umconstruiren oder Berechnung aus der direct erhaltenen Curve genauer zu ersehen. Bei all' dem grossen Werthe der graphischen Technik in der Physiologie darf nie übersehen werden, dass es sich hier oft um Einschaltung von zahlreichen Complicationen resp. Fehlerquellen handelt und dass schon deshalb die unmittelbare Beobachtung der Vorgänge mit unseren blossen Sinnen nie zu vernachlässigen ist. Wo irgend möglich, haben directe Beobachtung und graphische Aufzeichnung sich gegenseitig zu ergänzen.

Ueber die Bedeutung der mikroskopischen Technik in der Physiologie braucht kaum noch etwas gesagt zu werden. Die specielle Physiologie der contractilen Organe, der Resorption und Drüsenhätigkeit kann der mikroskopischen Hilfsmittel nicht ent-rathen; vgl. übrigens, was oben über die Resultate dieser Richtung für die allgemeine Physiologie gesagt ist.

Die Untersuchung der chemischen Bestandtheile des menschlichen und thierischen Organismus und der chemischen Vorgänge, welche den Lebenserscheinungen zu Grunde liegen, hat bereits begonnen, sich zu einem Sondergebiet auszugestalten, der „physiologischen Chemie“. Dieselbe hat die Verwerthung aller Kenntnisse der anorganischen und organischen Chemie und die Benützung aller üblichen Hilfsmittel der chemischen Laboratorien zur Voraussetzung; ihr Ziel sucht sie zu erreichen, indem sie theils die Organe des Körpers im Ganzen, theils ihre Ausscheidungen nach aussen (Harn, Koth, Sch weiss, Athmungs-gase) und nach innen (Verdauungssecrete) chemisch untersucht. Gar manche Umstände stehen ihren Bestrebungen erschwerend im Wege: der im Vergleiche zu den Bestandtheilen der „unbelebten“

¹⁾ Gazette médicale 1861, p. 647. La Méthode graphique etc., Paris 1884, u. a. m.

²⁾ Nederl. Arch. v. Geneesk. III, 71.

³⁾ A. g. P. XLIII, 399.

⁴⁾ A. (A.) P. 1893, S. 17.

Natur höchst verwickelte chemische Aufbau gerade der wichtigsten Bestandtheile der lebenden Körper; die Schwierigkeit oder Unmöglichkeit, die im kleinsten Raume stattfindenden chemischen Reactionen (Cellularchemie) aufzuspüren und die beteiligten Verbindungen zu untersuchen, noch dazu, ohne sie durch den Eingriff zu verändern. Daher rührt auch unsere Unkenntniss über die Zusammensetzung der Eiweissstoffe und den intermediären Stoffwechsel (s. o.), so dass bisher rein hypothetische Vorstellungen dafür haben eintreten müssen.

Da die Bekanntschaft mit demjenigen, was wir über die chemischen Bestandtheile des Körpers wissen, zum Verständnisse aller weiteren Capitel die Voraussetzung bildet, so folgt eine kurze Zusammenstellung des Wichtigsten auf diesem Gebiete.