

Ansaugung als Strömungsfaktor.

Von

Generalarzt Dr. F. Buttersack, Göttingen.

(Eingegangen am 8. April 1932.)

Das Studium der Physiologie muß durch das ganze praktische Leben des Arztes fortgesetzt werden und stets sein erstes und letztes Augenmerk bleiben.

Ph. Fr. Walther¹.

Inhalt.

- I. Druckgefälle, Tonus, Tonusschwankungen. — Aktive Erweiterung.
- II. Das CO²- und O-Capillarsystem als saugende Faktoren — Wasserhosen. — Deltabildungen. — Aus der vergleichenden Physiologie. — Kreislauf des Wassers.
- III. Gleichartige Bewegung im Darm- und Gefäßsystem. — Elastizität als sparsamste Grundfunktion. — Verschlungenheit der elastischen Vorgänge. — Die Idee. — Historische Rückblicke. — Rhythmische Schwankungen. — Unzulänglichkeit unseres Aufnahmeapparates.
- IV. Öffnung und Schließung als Reflexe. — Zerstreuung der Reize. — Stationäres und stabiles Gleichgewicht. — Störungen der Öffnung (Stenokardie), des Verschlusses (Hyperämie).
- V. Faktoren des Abflusses. — Peristaltik. — Organkapseln. — Haut. — Gesamtkörper.

I. Druckgefälle, Tonus, Tonusschwankungen. — Aktive Erweiterung.

1. Seit *Harvey* (1578—1657) ist die Lehre vom Kreislauf des Blutes Allgemeingut geworden. Aber im einzelnen herrschen doch noch manche Unsicherheiten. Da ist an erster Stelle die Frage zu nennen: Welche Kräfte setzen und halten denn eigentlich das Blut in Bewegung?

Gewiß werden viele ob solcher Frage die Köpfe schütteln. Hat doch der berühmte *Harvey* selbst — *αὐτὸς ἔφα* — das Herz als die *causa unica*² der Zirkulation bezeichnet; hat *Joh. Müller* die Haupttriebfeder des Kreislaufs in der rhythmischen Bewegung des Herzens³ gesehen und kehrt diese Vorstellung neuerdings wieder in diesem Satz von *Albr. Bethe*: Bei allen Blutmotoren liegt der Nachdruck der Bewegung in der Systole. Die Diastole ist in der Regel passiv und kann in den meisten Fällen auf die *vis a tergo* zurückgeführt werden⁴.

Dem auf aktive Tätigkeit eingestellten abendländischen Forscher erscheint die Zusammenziehung der positive Druck, als das Selbstverständliche und Einzigmögliche, um so mehr, als der große *Albr. v. Haller*

(1708—1777) nur in der Kontraktion das Wesen der Reizbarkeit und damit des Lebens erblickt hatte.

Indessen, rein physikalisch — und unsere Hämodynamiker denken ja rein physikalisch — kommt in einem geschlossenen System eine Bewegung ebensogut zustande durch einen Druck von hinten, wie durch ein Ansaugen von vorn. Nur der Unterschied des Druckes läßt die Flüssigkeit strömen, nicht der Druck an sich (*A. Bier* ⁵).

Das Genie von *F. X. Bichat* (1771—1802) hat das geahnt: Zwar ist die Zusammenziehung die gewöhnlichste Form der Bewegung. Aber einige Teile bewegen sich, indem sie sich erweitern: die Iris, die *Corpora cavernosa*, die Brustwarze. Indessen, deren Zahl ist zu gering, als daß wir sie zu beachten brauchen; darum wollen wir uns nur mit der Zusammenziehung beschäftigen ⁶.

Allerdings hatte er den rhythmischen Wechsel von Kontraktion und Dilatation wohl erkannt (*l'extensibilité et la contractilité de tissu se succèdent, s'enchaînent réciproquement*). Der Vorgang war ihm jedoch nicht klar genug, und so ließ er die so oft behandelte physiologische Streitfrage beiseite: sie sei zwecklos und ermüdend (*ces disputes sont stériles pour la science et fatigantes pour ceux qui l'étudient*).

2. Beginnt man den Vorgang des Fließens nicht mit einer Erhöhung, sondern mit einer Verminderung des Druckes, so kommt sofort Bewegung in die Masse, welcher Art diese auch sei. Denn die Natur braucht nur ein Gefälle, Potentialunterschiede, und es ist praktisch nebensächlich, ob diese so oder anders hergestellt werden.

Unsere Zeit hat erkannt, daß es nirgends in der Welt absolute Ruhe gibt. Eine solche wird — wie schon *Giovanni Borelli* (1608—1670) wußte — nur durch ein schnell oszillierendes Gleichgewicht vorgetäuscht: *Ambabus viribus contrariis violentibus quietis apparentia refertur* ⁷.

Die Ingenieure rechnen mit Spannungen in ihren Werkstoffen, sind sich aber bewußt, daß das nur ein angenommener Begriff ist und daß niemand so recht weiß, was überhaupt Spannung ist ⁸.

Wir Biologen sind mit unserem Tonus in einer ähnlichen, aber insofern günstigeren Lage, als wir bezüglich der Konstruktion der lebedigen Substanz mit einer mittleren Spannung rechnen können, welche durch allerlei Einflüsse mehr nach der Plus- oder mehr nach der Minusseite ausschlagen kann. In diesem Sinne erklärt *Aug. Krogh* das Erblassen und Erröten durch eine Zunahme bzw. Abnahme des Tonus: *Paleness by an increase in the sympathetic tone of the small skin vessels, while blushing by a reflex relaxation of this tone* ⁹. — In ähnlicher Weise hat *Läwen* bei einem Kranken mit Douglasabsceß den Sphinktertonus (normal 64 mm Hg) vor der Operation auf 70 mm Hg, nach derselben auf 62 mm Hg bestimmt (Schwankungsbreite zwischen 86 und 54 mm Hg) ¹⁰.

3. In der Tat bewegt sich infolge der zahllosen inneren und äußeren Reize der Tonus dauernd auf und ab, nur eben so geringfügig, daß wir nichts davon merken. Tonusschwankungen — bemerkt *Alb. Bethe* mit Recht — gehören zu den primitiven Eigenschaften der Gefäße. Durch die Gefäßnerven sind sie unter die Herrschaft des Zentralnervensystems geraten und dienen fortan zur Regelung der Blutfülle der einzelnen Organe. Vielleicht besteht die Gefäßnervenzirkulation darin, die autochthonen rhythmischen Bewegungen auf ein höheres Niveau zu heben, um sie (wahrscheinlich für wißbegierige Physiologen) offenbar zu machen ⁴.

In ähnlicher Weise wirkt nach *Rieder* und *E. F. Müller* der Splanchnicus auf den Darm weder zusammenziehend noch erweiternd; er beeinflußt nur die rhythmischen Vagusnerven ¹¹.

Es macht den Eindruck, als ob die normalen und pathologischen Physiologen die Bedeutung gleichzeitiger Reize, sowie die Nachwirkung noch nicht ganz abgeklungener Reize nicht gebührend würdigten. Unser Leben, wie es sich in Wirklichkeit abspielt, ist ja nicht eine Reaktion bzw. Reaktionskette auf bestimmte, laboratorienmäßig abstufbare Reize, sondern ein unentwirrbares Durcheinander solcher Reaktionsketten, welche in ihrer Resultante zwischen äußerster Leistung und einer Art von *vita minima* wechseln. Sogar unser eigenes Ich, das uns das Sicherste und Unveränderlichste auf Erden zu sein scheint, schwankt unter dem Einfluß von Affekten, Überlegungen, Außenwelteinflüssen usw. dauernd hin und her ¹². Mit dem Aufhören dieser Schwankungen hört auch der ganze Apparat auf, den wir unsere Persönlichkeit nennen. Diese ihrerseits stellt nur den fiktiven Mittelpunkt in dem Ozean der körperlichen und seelischen Oszillationen dar. Freilich sind diese zu meist so geringfügig, daß sie unserer Aufmerksamkeit, sogar unseren Meßapparaten entgehen. Allein das beweist nur die Unvollkommenheit unserer Beobachtungswerkzeuge, keineswegs aber das Nichtvorhandensein von Oszillationen ¹³.

4. Die Geologen sagen uns, daß unsere ganze Erdrinde von Spannungswechsel, Schwingungen durchzogen ist, ohne daß wir das Geringste davon merken ¹⁴, und desgleichen ist der Wechsel der Luftbewegung, der elektromagnetischen Felder in der Atmosphäre, in welcher wir atmen, so bunt, daß selbst feine Instrumente zu ihrer Registrierung nicht genügen ¹⁵. Da ist es kein Wunder, daß auch wir Erdgeborenen nie zu Ruhe kommen, nicht einmal im Tode.

Mit der weitergetriebenen Forschung hören wir von immer neuen Formen der Rhythmizität: von der pulsierenden Vakuole, von den Bewegungen der Flagellaten und Ciliaten, von den Wimperzellen, den periodischen Leuchterscheinungen, von den oszillierenden Entladungen bei Auslösungen ¹⁶ — entsprechend den von *W. Federsen* 1858 entdeckten Schwingungen bei elektrischen Entladungen —, so daß wir ganz wohl den steten Wechsel von Hebung und Senkung, von *Arsis*

und Thesis (*Jac. Henle*) als eine, wenn nicht die Grundfunktion des Lebens ansprechen können.

Die anatomischen Untersuchungen lassen uns in diesen Tonusfragen völlig im Stich; denn Leichen haben keinen vitalen Tonus mehr. Und die Experimentaluntersuchungen haben nur beschränkten Wert, weil ihre verhältnismäßig groben Manipulationen das feine Spiel der Lebensverrichtungen stören. Auch der subtilste Experimentator ruft — z. B. auf dem Gebiete des Kreislaufs — Umwälzungen hervor, wo er Einblicke in das normale Getriebe erwartete¹⁷.

5. Wir können somit füglich Schwankungen der Lebensvorgänge zugrunde legen und werden dann in krankhaften Erscheinungen ebenso- gut allzugroße Ausschläge nach rechts wie nach links, nach oben wie nach unten, nach der Zusammenziehung wie nach der Erweiterung, nach der Dissimilation wie nach der Assimilation erblicken¹⁸. Leider ist diese logische Einstellung nicht immer beachtet worden. Schon *Vesal* (1514—1565) bemerkte tadelnd, daß die Gelehrten zu wenig auf die Funktionen des Ansaugens, Festhaltens und Weiterschiebens achten (*scholastici disputatores parum animadvertunt, publicis illis attrahendi, retinendi, propellendique facultatibus subservire*)¹⁹. In der Tat gehen die Wissenschaftler mit Vorliebe auf bleibende Tatsachen aus, d. h. auf unveränderliche histologisch-anatomische Bilder, an denen man in aller Ruhe mikroskopieren, messen, färben kann, oder auf eindeutige Bewegungen in einer bestimmten Richtung. Sie bedenken nicht, daß das einzig Beständige im Makro- wie im Mikrokosmos der Wechsel ist und daß Störungen in diesem teleologisch-finalen Wechsel Krankheit bedeutet.

Goethe sprach vom Werdenden, das ewig wirkt und lebt, und was in schwankender Erscheinung schwebt.

Charakteristisch ist in dieser Beziehung, daß *Harvey* ausdrücklich die Lehre *Vesals* ablehnte, daß das Herz durch seine Ausdehnung das Blut ansauge (*neque verum est, quod vulgo creditur, cor ullo suo motu, aut distensione sanguinem in ventriculos attrahere*²). Die damals neuen mechanischen Kenntnisse wirkten sich in ihm aus, ganz ähnlich wie, *mutatis mutandis*, die chemisch-physikalischen in den Modernen.

6. Setzen wir uns über diesen grundlegenden Irrtum hinweg, so erkennen wir schnell, daß der rastlose Wechsel zwischen Diastole und Systole des Herzens nicht ein funktionelles Novum an diesem Organ darstellt, sondern nur einen Vorgang deutlich in die Erscheinung treten läßt, welcher jeglicher lebendiger Substanz zugehört, aber zu allermeist für unsere Augen nicht sichtbar ist. *R. Rigler* und *C. J. Rothberger* drücken diese Erkenntnis folgendermaßen aus: Nicht die Ausbildung eines, an einer bestimmten Stelle gelegenen, abgegrenzten Motors einer Herzmaschine, sondern die allgemeine Eignung der Gefäße zu rhythmischer Tätigkeit stellt den Urtypus des Kreislaufmechanismus dar¹⁷. Auch *Bethe* spricht sich ähnlich aus⁴.

Leichtbegreiflicherweise beeindruckt den Beschauer die Systole in erster Linie. Das verhält sich bei der pulsierenden Vakuole ebenso wie bei den Entladungen hochgespannter Energien der Luftelektrizität oder bei geschichtlichen Ereignissen: Umstürzen, Erfindungen u. dgl. Diese fesseln die Menschheit immer stärker als der geräuschlose Vorgang der Kräftespeicherung, der Aufladung. Allein, damit ist nichts über die biologische Wertigkeit der Vorgänge an sich ausgesagt.

Man wird im Gegenteil vermuten dürfen, daß zuerst eine Erweiterung des Raumes geschaffen wird. Das in diesen Raum Eingezogene wird dann — als zweite Phase — weiterbefördert. Ohne eine solche Erweiterung würde das Weiterzubefördernde gar nicht in Bewegung gesetzt werden können.

Gehen wir einen Schritt weiter, so treffen wir bei allen Organen mehr oder weniger rasche und ausgeprägte Tonusschwankungen, und was wir äußerlich erkennen können, muß sich auch im Innern abspielen.

Wenn unsere Vorstellungen von der ununterbrochenen Assimilation und Dissimilation als einer Grundverrichtung des Lebens richtig sind, so müssen die Organe — je nach ihrem Bedarf — zunächst Lebensmaterial zugeführt erhalten. Aber gerade weil der Bedarf örtlich verschieden ist, pumpt die Konstruktionskünstlerin Natur nicht mit erhöhtem Druck überall hin; sie überläßt es vielmehr den einzelnen Organen, durch Öffnen ihrer Schleusen sich den erforderlichen Bedarf selbst zuzuleiten. Genau so telephonierte keine Hausfrau an das Wasserwerk um Erhöhung des Drucks, sondern sie öffnet ihre Wasserhähne, und zwar je nach Bedarf, ob sie ein Glas oder einen Eimer voll Wasser braucht.

Dem Öffnen der Wasserhähne entspricht im Haushalt der Organe die Erweiterung ihrer Capillargebiete, und der die Hähne aufdrehenden Hausfrau die Innervation. Sinnfällig wird der Vorgang, wenn in dem arbeitenden Bezirk die Zahl der (sichtbaren) Capillaren von 2 auf 20 oder in einem stecknadelkopfgroßen Muskelstückchen von 700 auf 4000 ansteigt (*Ebbecke, Krogh, Parrisius, Eppinger*).

Von geschichtlicher Bedeutung ist es, daß diese Dinge schon *Harvey* bekannt gewesen sind. Aliquando uberiori copia pertransit sanguis, aliquando minore; et sanguinis circuitus quandoque citius, quandoque tardius peragitur, secundum temperamentum, aetatem, causas externas et internas, et res naturales et non naturales: somnum, quietem, victum, exercitia, animi pathemata, et similia (bald fließt mehr, bald weniger Blut durch die Organe, bald schneller, bald langsamer. Das richtet sich nach Temperament, Alter, inneren und äußeren Faktoren, normaler oder abnormer Inanspruchnahme: Ruhe, Schlaf, Verdauung, körperlicher Tätigkeit, Gemütsbewegung usw.)².

Viel klüger sind wir heute auch nicht, denn ob bei der Blutüberfüllung vorher geschlossene Capillaren eröffnet werden oder ob das von

einem kleinen Schlagaderast versorgte Capillarnetz sich als Ganzes erweitert oder verengt¹⁹, ist eine nebensächliche Streitfrage für Gelehrte.

Selbstverständlich muß eine solche Erweiterung ansaugend auf das bereitgestellte Blut wirken; und weil nicht *eine* Capillare saugt, sondern viele, so ergibt sich eine ganz ansehnliche Saugwirkung.

Das ist der Vorgang, welchen *A. Bier* seinerzeit „Blutgefühl“ genannt hat. Ich finde diese Bezeichnung vortrefflich.

II. Das CO²- und O-Capillarsystem als saugende Faktoren. — Wasserhosen. — Deltabildung. — Aus der vergleichenden Physiologie — Kreislauf des Wassers.

7. Wessen Blickfeld ausschließlich auf *ein* Organ eingestellt ist, der kann aus dieser Druckverminderung in einem verhältnismäßig kleinen Capillargebiet nur ein zeitweises Strömen des Blutes im Arteriengebiet ableiten. Indessen, die vielerlei Organe bzw. Leistungen sind dauernd im Betrieb, bald dieses lebhafter, bald jenes, so daß das Saugen am arteriellen Reservoir — *G. Hauffes* Kesselgebiet — nie aufhört und somit ein ununterbrochener Strom entsteht.

Wir werden also nicht mehr das anatomisch-mechanische Kunstwerk des Herzens in den Mittelpunkt des physiologischen Kreislaufs stellen, sondern die Capillargebiete der, Sauerstoff aufnehmenden Lungen und die der, Kohlensäure abführenden Peripherie im Sinne von *Bichat*: L'origine et la terminaison de chaque circulation se font à deux systèmes capillaires qui, pour ainsi dire, sont les deux limites entre lesquelles les deux espèces de sang se meuvent²⁰. Das Herz hat dabei nur die Reibung innerhalb der Kanäle zu überwinden und zugleich Auslösungsvorgänge, d. h. Reize für die Tätigkeit der protoplasmatischen Endgebiete zu liefern (*O. Rosenbach*¹⁷, *Buttersack*²¹).

Von dem Satz der modernen Forscher *Tannenbergs* und *Fischer-Wasels*: Die Blutcapillaren sind die wichtigste Stelle im peripheren Kreislauf¹⁹, zu *Bichats* kategorischer Erklärung: Cessons donc de considérer le coeur comme l'agent unique qui préside et au mouvement des gros vaisseaux et à celui des petits²² (hören wir endlich auf, das Herz als einzigen Motor der Bewegung in den großen und kleinen Gefäßen zu betrachten) ist es nicht weit.

Natürlich ist ein Motor erforderlich, um das Blut von einem Capillargebiet in das andere zu treiben; denn die Wege dahin sind weit (le coeur est comme un agent d'impulsion, parceque le trajet est trop long, et les forces vitales des parois vasculaires sont trop peu actives; de là, la nécessité du coeur). Aber das ist eine rein mechanische, keine physiologische Angelegenheit. Vielleicht müht sich ein jüngerer Adept um das Verhältnis zwischen Masse des Herzens und Länge der Arterienrohre bei den verschiedenen Tierarten ab.

8. Wahrscheinlich trägt der eine oder andere Bedenken, eine derartige, nicht unbeträchtliche Saugkraft scheinbar aus dem Nichts entstehen zu lassen. Demgegenüber sei auf die Wind- und Wasserhosen, sog. Tromben, hingewiesen. Sie entstehen mit Vorliebe bei Windstille, also durch innere, unsichtbare Druckverschiebungen, und zwar weit über dem Boden bzw. dem Meer durch einen Kampf der Wolken, die dabei auf- und abstürmen und durcheinanderfliegen wie Bälle. Erst allmählich bildet sich die eigentliche Trombe aus: sie erstreckt sich tiefer und tiefer, bis sie schließlich die Erdoberfläche erreicht und dann diese mit einer unvorstellbaren Gewalt ansaugt ²³.

Die Größe dieser Saugkraft beweisen die Schiffe, die trotz aller Gegenwehr in den Strudel gezogen werden, die abgehobenen Dächer, die umgedrehten Häuser und Eisenbahnwagen, die umgeworfenen Kanonen, die zu vielen Tausenden herausgerissenen, völlig ausgedorrten, d. h. ausgesaugten und fortgeschafften Baumstämme usw.

Indessen, nicht bloß bei den verhältnismäßig seltenen Wind- und Wasserhosen tritt uns die Saugkraft der großen Natur in gewaltigem Maße entgegen. Das Meer verdampft ununterbrochen in unvorstellbaren Massen ²⁴. Dieser unsichtbare Wasserverlust bewirkt zwar kein Vakuum, aber doch eine Druckverminderung über dem Meer, welche dieses durch Ansaugen aus der beweglichen Substanz der Flüsse auszugleichen bestrebt ist. Mit dem Wasser der Flüsse saugt das Meer auch das mitgeführte Geröll an und baut sich damit selbst die eigenartigen Deltas. Daß solche gerade in den heißen Gegenden vorkommen: am Nil, Euphrat, Ganges, Hoangho, Mississippi, rührt wohl daher, daß dort die Verdunstung am lebhaftesten ist. Selbstverständlich wirkt dieser Faktor nicht allein ¹⁴. Immerhin verdient er in Rechnung gestellt zu werden, um so mehr als das ganze Mündungsgebiet der genannten Ströme so tief liegt, daß von einem Gefälle, also einer vis a tergo nicht wohl die Rede sein kann.

Das kurze trichterförmige Anfangsstück, mit welchem die Seitenäste einer Arterie beginnen, könnte eventuell als Analogon der Delta-bildung dienen; und vom Flugzeug aus gesehen erinnert das Delta-gebiet an die Verzweigungen der Saftbahnen in den Blättern, aus denen die Pflanzen Wasser verdunsten lassen.

Gewiß ist es schwierig, Beziehungen aufzustellen zwischen der Saugkraft eines Tornado, des verdunstenden Meeres und eines arbeitenden Organs. Aber wenn schon ein Wirbelsturm Mörser und Felsstücke bewegt, durch aufgesaugte Asche ein Gebiet verfinstert, so groß wie Deutschland, wenn er meilenweit Land und Meer mit Bimsstein übersät in einer Masse von 2—300 Kubikmeter: dann sind das zwar schwer vorstellbare, aber nicht wegzuleugnende Tatsachen. Eine solche Tatsache aus längst vergangenen Zeiten lebt in der Sintflut fort. Eine Depression unglaublicher Stärke wälzte sich vom Persischen Meerbusen über das Euphrattal

hinweg, saugte sogar das Grundwasser aus dem Boden und entlud sich in furchtbaren Zyklonen¹⁴. Wie bei dem schrecklichen Ausbruch des Temboro auf Sumabawa 1815 blieben damals nur wenige Menschen übrig.

In einer Zeit, welche unbedenklich die Systeme der Sternenwelt auf die Vorgänge in einem Atom überträgt, ist es wohl gestattet, die Folgen der Drucksenkung in der Atmosphäre in den ansaugenden Erweiterungen der Capillaren wieder zu erkennen, zumal deren Strömung bereits gegeben ist und nicht erst, wie dort, in Gang gesetzt zu werden braucht. Wenn dort keine *vis a tergo* vorhanden ist, muß auch bei der Blutbewegung keine solche gefordert werden.

Naturnähere Zeiten erblickten in allen derartigen unerklärlichen Bewegungen etwas Lebendiges und prägten das Sprichwort: Wenn ein Strudel nach Schiffen hungert, wird er nicht satt von einem Kahn.

Uns ist diese Denkweise fremd geworden. Aber ist sie deswegen falsch?

9. Nach *A. Bethe* finden sich bei den Spongien meist weitverzweigte Kanalsysteme mit vielen Eingangsöffnungen und oft nur *einer* Ausgangsöffnung. In diesem Kanalsystem gibt es zahlreiche Geißelkammern, durch deren Bewegung dauernd Meerwasser hindurchgeführt wird⁴. Aber das ist physikalisch nur dann möglich, wenn der *eine* Ausgang durch immer erneuertes Druckgefälle das Seewasser auf der anderen Seite zum Einströmen veranlaßt. Die Geißelbewegung mag zum Mischen der Flüssigkeit zweckmäßig sein: eine Ortsbewegungswirkung kommt ihr nicht zu.

Den schönsten Beweis für die maßgebende Rolle des Capillarsystems bzw. der arbeitenden Gewebe liefern die Tunikaten (Salpen), Anneliden (Hirudineen und Phoronis). Bei diesen wechselt — in der zur Zeit noch offiziellen Ausdrucksweise — das Herz periodisch seine Schlagrichtung: bald treibt es das Blut kiemen-, bald eingeweidewärts, oder man beobachtet eine Umkehr der Stromrichtung in den Seitengefäßen⁴.

Die Natur bringt freilich manches Erstaunliche fertig. Aber daß das gleiche Herz das Blut das eine Mal nach links, das andere Mal nach rechts treibt, ist schon mehr Zauberei, und man begreift *Bethes* bedauerndes Geständnis: über die Einzelheiten der Blutströmung bestehen noch viele Streitpunkte.

Wie wäre es, wenn man das Dogma vom Herzen als *unicum movens* fallen ließe und dafür bzw. daneben die Saugkraft des Capillargebietes einschaltete? Dann würden sich solche technischen Schwierigkeiten bzw. Unmöglichkeiten mit einem Schlage auflösen, und die Frage nach dem Mechanismus der Wirkung des peripheren Gefäßnervensystems, die nach *Tannenbergs* und *Fischer-Wasels* noch keine vollständige Klärung erfahren hat²⁰, würde der Beantwortung um ein gutes Stück näher geführt.

Auch der letzte Bearbeiter des Capillarsystems, *Aug. Krogh*, meint resigniert: Unsere Kenntnis von der Capillarinnervation ist noch höchst

mangelhaft und steckt in den Kinderschuhen. Indessen, bei der hier vorgetragenen Betrachtungsweise der Saugwirkung der Capillaren nach Maßgabe des physiologischen Bedürfnisses „kann man getrost voraussagen, daß ihr schließlich die gleiche Bedeutung zuerkannt werden wird, wie dem Herzen und dem Arteriensystem“⁹.

Es darf auch daran erinnert werden, daß es eine Blutbewegung im Embryonalstadium gibt, bevor ein Herz vorhanden ist und daß das Herz, wenn es zu schlagen beginnt, noch aus undifferenzierten Zellen, nicht aus kontraktile Gebilden besteht. Von einer großen Kraftentfaltung kann man da nicht wohl sprechen.

Übrigens beginnt sowohl bei Hühnchen- wie bei Rattenembryonen der Herzschlauch am venösen Ende mit seiner Tätigkeit. Erst im folgenden Stadium läuft dann eine peristaltische Welle zum Anfang der Aorta. Die Natur legt offenbar mehr Wert auf das Saugen, als auf das Drücken.

10. Ein Analogon im großen liefert der Kreislauf des Wassers. Wir sprechen von Versickerung im Boden und verstehen darunter das Einfließen des Wassers in die — vorher durch Verdunstung oder durch Abfluß auf unsichtbaren Wegen (also durch ein Analogon der Lymphbahnen) leer gewordenen — Spalträume.

Umgekehrt steigt es durch den gleichen Verdunstungsvorgang wieder in die Höhe, wenn Luftdruck und Feuchtigkeitsgehalt der Luft sinken. Dann spricht man von Bodennebeln. Die Nebelsagen, z. B. vom Erlkönig, stammen aus jenen Zeiten, welchen die ganze Natur *ein* Lebewesen war, eine Auffassung, welche im Jahre 1600 *Giordano Bruno* mit dem Leben büßen mußte. Indessen, so ganz ungereimt ist diese Vorstellung nicht. In den tropischen Wäldern stellt sich tagaus, tagein um die selbe Nachmittagsstunde starker Gewitterregen ein, gespeist von dem Wasserdampf, der in den heißen Morgenstunden von den Wäldern in die Luft ausgehaucht worden war²⁴. Sind die Vorgänge bei dem Kreislauf des Blutes anders? Die Gleichheit fällt dem unverbildeten Auge ohne weiteres auf, so daß — nach einer Bemerkung von *Harvey*² — schon *Aristoteles* die beiden Kreisläufe nebeneinander gestellt hat²⁵.

Man kann die Analogie noch weiter treiben und hier wie dort ein Stamm- und ein Betriebskapital unterscheiden, die freilich in stetem Austausch stehen. Dann ergibt sich für das Wasser unseres Planeten ein Gesamtkapital von rund 1400 Millionen Kubikkilometer und ein Betriebskapital von rund 380 000 Kubikkilometer. Diese letzteren werden durch die Sonnenwärme verdunstet, in die Höhe gesaugt und liefern dadurch die unerschöpfliche Energie des ewigen Kreislaufs, welche wir täglich ausnützen, ohne uns der Größe und des Wunders dieses perpetuum mobile bewußt zu werden (*Meinardus*).

Ebenso verhält es sich mit dem Blut. Schon *Riolan* (1580—1657) war der Meinung, daß nur ein Teil des Blutes in Bewegung, der andere

aber in Ruhe sei ²⁶, in *Harveys* Lehre von der verschiedenen Strömungsgeschwindigkeit (s. oben) kommt sie zum Vorschein, und heute ist sie in den Vorstellungen vom ruhenden und vom fließenden Blut wieder aufgelebt.

Solch eine Verweildauer ist in beiden Fällen zweckmäßig. Denn an reißenden Strömen entwickelt sich kein Verkehr, und der Austausch der Energien innerhalb der Organe erfordert Zeit. Auf Zeitgewinn deuten dementsprechend alle die capillar-mikroskopischen Beobachtungen hin, welche seit *Spallanzani* (1729—1799) bis auf *Otfried Müller* und seinen Schülern mitgeteilt worden sind.

11. Die Vorstellung, daß eine Strömung durch Druckverminderung herbeigeführt werden könnte, liegt den derzeitigen Physiologen fern. Auf das Wort „Ansaugung“ stößt man in den Hand- und Lehrbüchern selten; ja *A. Fleisch* erklärt nach allerlei Erörterungen kategorisch: „Die Aspirationshypothese muß abgelehnt werden. Eine aktive Förderung im Gefäßsystem kann nur erreicht werden, indem ein Gefäßabschnitt durch rhythmische Kontraktionen seinen Inhalt venenwärts treibt“ ²⁷.

Durch rhythmische Zusammenziehungen allein wird das Blut kaum zu bewegen sein; es ist dazu auch Erweiterung des nächsten Abschnittes erforderlich. *Fleisch* hat offenbar peristaltische (περισταλτικός = im Kreis herum zusammendrückende) Bewegungen im Auge. Aber das ist ein höchst verwickelter Vorgang.

Übrigens, um nicht ungerecht zu sein: *Bethe* selbst schreibt ganz richtig: „Bei allen den Tieren mit offenem Gefäßsystem, vor allem da, wo das zurückströmende Blut zunächst in einen Perikardialraum und erst von dort durch sog. „venöse Ostien“ in das Herz gelangt (Crustaceen, Tracheaten), ist es mechanisch ausgeschlossen, daß die vis a tergo das Herz mit Blut auffüllt. . . . Hier müssen diastolische Einrichtungen vorhanden sein, die das Herz selbst erweitern, so daß eine Ansaugung von Blut aus dem Perikardialraum stattfindet. Diese Einrichtungen können passiver oder aktiver Natur sein; die letzteren beanspruchen das größere Interesse.“

Damit wird jedermann einverstanden sein. Nur wird man sich fragen: Warum soll eine aktive Ansaugung bloß dem Herzen, nicht auch dem Capillargebiet zuerkannt werden? In dem Augenblick, in welchem dies geschieht, haben wir eine Saug- und Druckpumpe in idealer Vollkommenheit vor uns, und die Gelehrten brauchen sich nur noch an einzelnen Technizismen abzumühen, die das Gesamtbild in einigen Punkten ergänzen, aber nicht mehr ändern können.

Allerdings muß man sich dabei stets an die Stelle in einem Brief *Friedrichs des Großen* vom 7. Mai 1771 erinnern: „Trösten wir uns, lieber *d'Alembert*! wir werden nicht die einzigen sein, die dazu verdammt sind, die göttliche Natur immer mißzuverstehen“.

Obwohl *Bethe*, wie man sieht, den Schlüssel zum Problem des Strömens in Händen hält, lehnt er seine Anwendung auf die Rückbeförderung auch aus mehrfach hintereinander geschalteten Capillarsystemen ab und verweist auf die „immer noch einigermaßen große“ vis a tergo.

III. Gleichartige Bewegung im Darm- und Gefäßsystem. — Elastizität als sparsamste Grundfunktion. — Verschlungenheit der elastischen Vorgänge. — Die Idee. — Historische Rückblicke. — Rhythmische Schwankungen. — Unzulänglichkeit unseres Aufnahmeapparates.

12. Untersuchen wir, wie die Natur es anderweitig angreift, um den Inhalt von Kanälen vorwärts zu schieben, so bietet sich ganz von selbst der Darm dar.

Für diesen haben *Bayliss* und *Starling* bereits 1899 das sog. Darmgesetz gefunden²⁸. Es besagt, daß unterhalb einer physiologisch gereizten Stelle eine Erweiterung, oberhalb eine Verengung eintritt, und zwar ist die Erweiterung das Erste, die Verengung das Zweite¹¹.

Das fast schon vergessene Gesetz von *O. Rosenbach-Semon* klingt an, wonach bei Lähmungen zuerst die Erweiterer und dann erst die Verengerer betroffen werden. Den ersteren entspricht die Abduktion, Diastole, den Verengerern die Adduktion, Systole²⁹.

Nach dem Darmgesetz lösen in der Wand selbst entstehende oder von außen an den Darmschlauch herangeführte Reize eine Steigerung der Zelltätigkeit im abwärts gelegenen Teilstück aus, wobei dieses, mit sich erweiternden Gefäßen, größere Ausdehnung gewinnt, um erst im Weiterschreiten von Antrieb und Reaktion auf das nächste Teilstück, mit engerwerdenden Gefäßen unter Einsparung aller Energien in das kleinere Volumen zurückzukehren¹¹.

Vergleicht man damit die Beschreibung von *E. Th. v. Brücke*: Bei den Lumbikusgefäßen beginnt die Erregungswelle, welche das Rückengefäß durchläuft, am Afterende; durch die Zusammenziehung des letzten Rückensegmentes wird das Blut in das vorletzte getrieben, wobei die passive Dehnung durch die eingetriebene Blutmenge wahrscheinlich eine wesentliche Rolle bei der Fortleitung der peristaltischen Welle spielt³⁰: so erkennt man leicht die Gleichheit der Vorgänge.

In seiner vortrefflichen Abhandlung schreibt *A. Bethe* damit übereinstimmend: Bei den Würmern und Käfern laufen die Wellen von hinten nach vorn. Werden sie durchschnitten, so pulsiert das Vorderende weiter, indem auch hier wieder die Wellen kopfwärts verlaufen. Das jeweils distale Ende ist der Ausgangspunkt der Bewegung. Man kann den Schluß ziehen, daß die Fähigkeit zur Automatie bei diesen Gefäßen von hinten nach vorn zunimmt⁴. Man kann jedoch auch umgekehrt nicht den Sinus oder das Hohlvenengebiet für die normale Reizbildungsstätte beim unverletzten Tier halten, sondern die logische

Kette bis ins Capillargebiet verfolgen und trifft dann dort den physiologischen Anfang der Strömung.

13. Es ist ein Irrtum, die Erweiterung eines Hohlraumes als passiven, als Erschlaffungsvorgang anzusprechen und nur in der Zusammenziehung eine aktive Leistung zu sehen. Die Männer freilich ballen die Faust und pressen die Hand fest um das Schwert. Die Frauen dagegen sind, wenn sie ein Kind empfangen, auf Erweiterung eingestellt und breiten die Arme auseinander, um die ersten Gehversuche aufzufangen.

Eine vom weiblichen Geschlecht bearbeitete Physiologie würde wesentlich anders aussehen.

In Wahrheit gehören beide Vorgänge wie ein Spiel mit verteilten Rollen organisch zusammen. Klinisch und experimentell stellt der sog. Ruhemuskel ein mittleres Volumen dar, in welchem die, für den Bestand des Organs und des Gesamtorganismus notwendigen Lebensvorgänge stattfinden. Steigen die Erregungen, so kommt es zu lebhafterem Stoffwechsel, zu besserer Durchblutung, Volumzunahme, Erweiterung. Sinken die Erregungen, so kommt es zu Rückgängen in Umsatz, Gefäßweite, Volumen und das kann — bei völliger Antriebsausschaltung — den Eindruck von Krampf machen. In Wirklichkeit ist dieser scheinbare Krampf nur das Ergebnis des Reizfortfalls, d. h. des Abreagierens der eben noch erregten Zellen ¹¹, der Rückkehr zum normalen Tonus ¹⁷.

14. Der Vergleich mit elastischen Vorgängen drängt sich auf. Nur darf man dieses Oszillieren nicht auf die sichtbaren Bewegungserscheinungen beschränken, sondern muß sie auf *sämtliche* Verrichtungen des Lebens übertragen, auf die Aufsaugung, Assimilation, Absonderung, Reizaufnahme, Reizspeicherung, auf die thermische, elektrische Funktion und wohl noch manche andere, die uns vorläufig unbekannt sind. Wenn *Otfried Müller* und seine Mitarbeiter bei Kardiospastikern die verschiedensten Störungen beobachteten bis zur Angina pectoris ³¹, so mag das als klinischer Beleg dazu dienen.

Ohne Zweifel ist es eine ungewohnte Zumutung, die Vorstellung des Oszillierens um einen Punkt — richtiger um eine weiterschreitende fiktive Linie — auch auf unsichtbare Funktionen zu übertragen. Diese Vorstellung wird um so schwieriger, weil eine unübersehbare Menge solcher Oszillationen, sogar in entgegengesetztem Sinne ³², durcheinanderwogen. Indessen, unser Organismus, welcher eine Summe derartiger Schwingungen darstellt, fügt sich damit als Mikrokosmos willig dem Makrokosmos ein. Ist doch dieser seinerseits auch nichts anderes als ein kunstvolles Gefüge zahlloser Wellen und Spiralen der verschiedensten Ausmaße; und wir haben — nach *Goethe* — die Aufgabe und die Pflicht, die Natur natürlich und nicht zerrissen anzuschauen.

15. „Die Natur, die große Arbeiterin, welche unserer Instrumente und Maschinen nicht bedarf“ (*Fermat*, 1601—1665 ³³), läßt alle Geschehnisse mit einem Mindestmaß von Aufwand ablaufen, d. h. sie setzt

Spannungen der einen Seite sofort in Spannungen der anderen Seite um und erzeugt dadurch Schwingungen, deren Wellenlängen wir durch Vergleich mit denen bestimmen, deren Träger wir selbst sind.

Das elastische Schwingen ist ein sparsamer Vorgang, d. h. es vollzieht sich mit verhältnismäßig geringem — theoretisch mit gar keinem — Energieverlust. Eben darin beruht das Geheimnis der Dauer unseres Lebens, d. h. der Verknotung unserer Energiefunktionen. Es verklingt wie eine schwingende Saite, wie ein erlöschendes Licht.

Die Zahl der Jahre, während deren es schwingt, hängt weniger von der Größe der ursprünglichen und späteren Erregungen ab, als von der Güte der elastischen Funktion bzw. von der concordia oder discordia der Schwingungen im Individuum, in seiner Umwelt und im All.

Man möchte sagen: in der Elastizität hat die Natur das Geheimnis des perpetuum mobile gelöst, wenigstens im All. Unter irdischen Verhältnissen war das offenbar technisch nicht möglich. Darum müssen wir Menschen uns mit mehr oder weniger unvollkommenen Elastizitätsformen begnügen, wie wir ja auch sonst auf allen Gebieten weit vom Vollkommenen entfernt bleiben und dieses nur in vereinzelt Individuen als Idee ganz von fern ahnen.

Nicht in den einzelnen Tatsachen und nicht in den einzelnen Leistungen liegt das Wunder der Natur, sondern in deren sinnvollen Verknüpfung, mithin in der Idee. Aber werden die Menschen, welche schon relativ einfache Vorgänge nicht zu enträtseln vermögen, jemals der Universalidee näherkommen? Je weniger einer eine Aufgabe übersieht, für um so leichter lösbar hält er sie. Darum sind alle wirklich großen Geister demütig und bescheiden gewesen und lächelten über die optischen Täuschungen erdgebundener Adepten.

16. Innerhalb unseres Organismus verlaufen die verschiedenen elastischen Schwankungen nicht alle gleichmäßig, wenn auch gleichsinnig im Dienst der gleichen Idee. So können z. B. in der Funktionseinheit des Herzmuskels die *Engelmannschen* bathmotropen, inotropen, dromotropen, chronotropen Grundeigenschaften sich jede für sich ändern ³⁴. Das Blut bewegt sich in den Capillaren so wenig gleichmäßig wie die Bogenführung der Geiger im Orchester, und wenn ein Bataillon zum Angriff gegen ein Dorf vorgeht, so tut jeder Soldat etwas anderes und doch haben alle den gleichen Zweck vor sich.

Auch in der sog. anorganischen Welt bringt die Natur das Kunststück der Coincidentia oppositorum fertig: nach einer Mitteilung von *Oerstedt* finden in einer Wasserhose gleichzeitig nebeneinander ab- und aufsteigende Bewegungen statt ³⁵.

Sache kleiner Geister ist es, an einer einmal gefundenen Methodik, an einer bestimmten Vereinigung der Mittel zu kleben. Die überlegene Künstlerin Natur schaltet frei mit ihren Mitteln. Sie ist immer nur auf ihr Ziel bedacht; und so finden wir allenthalben, wie das Ziel: Erhaltung

des Lebens in einem überwältigend großen Reichtum der Ausführungsformen erreicht wird.

Es ist ein Vorrecht des einzelnen jugendlichen Menschen, wie einer ganzen, noch am Anfang stehenden Wissenschaft, sich dem erstrebten Ziel näher zu wähen, als es tatsächlich der Fall ist. Mit Recht legte der weise *Omar-i-Khajjam* (1040—1123) die Resignation des Alters in dem Vierzeiler nieder ³⁶:

„Als ich noch in der goldenen Jugend stand,
Schien mir des Daseins Rätsel fast bekannt.
Doch jetzt, am Schluß des Lebens, seh' ich wohl,
Daß ich von allem nicht ein Wort verstand“.

So stehen auch wir bescheiden vor dem Wunder geistreichster Verknüpfung und Ausnutzung der Verhältnisse ¹¹, werden aber doch nicht aufhören, die Natur mit Fragen zu bestürmen, auch wenn sie uns nur zögernd einen kleinen Faden aus ihrem unendlichen Gewebe ausliefert und wenn auch noch für geraume Zeit der Spruch von *Plinius* gelten wird: *Ignota nobis sunt per quae vivimus* (auf welche Weise wir eigentlich leben, ist dunkel).

17. Mit der Erkenntnis der physiologischen Bedeutung der Erweiterung vegetativer Hohlorgane sind wir wieder zu dem Genie *Vesals* (1514—1564) zurückgekehrt. Er schrieb mit aller wünschenswerten Bestimmtheit: *Hic ventriculus in animalibus quae illo donantur, a cava vena, quoties cor dilatatur ac distenditur, magnam sanguinis vim attrahit, oder cor vero valido impetu distentum sanguinem in dextrum ipsius sinum ex cava allicit et quodomodo rapiens eum absorbit* ¹⁹ (die Kammer saugt bei den Tieren, die mit einer solchen ausgestattet sind, so oft das Herz sich erweitert und ausdehnt, mit gewaltiger Kraft das Blut von allen Seiten in den rechten Vorhof an, gleichsam als ob es das Blut zusammenraffte), und bei seinem Zeitgenossen *Caesalpinus* (1519—1603) finden sich die gleichen Einblicke in die Tätigkeit des Herzens und in den Kreislauf, so gut das eben ohne die Kenntnis der Capillaren möglich war ³⁷. Sein physiologischer Scharfblick und Instinkt könnte sich wohl neben dem der Heutigen sehen lassen, die durch die vielen Einzelfunde nicht ausschließlich gefördert worden sind.

Seit etwa einem Menschenalter haben sich Männer wie *O. Rosenbach* ¹⁷, *Karl Hasebroek* ³⁸, *Gg. Hauffe* ³⁹ dieser Fragen erneut angenommen. Daß sie für so klare und alte Dinge so wenig Widerhall finden, ist dem geschichtlichen Beobachter ein erneuter Beweis, wie schwer sich die Allgemeinheit von einmal angenommenen Gedanken abbringen läßt.

18. Bedauerlicherweise haben die meisten Forscher nur einzelne Verrichtungen im Auge, z. B. bei den Capillaren ihre Länge, Weite, Geschwindigkeit usw. Das vereinfacht die Methodik und das Studium in angenehmer Weise, reißt aber doch das Bündel von Leistungen auseinander, die nun einmal zusammengehören und sich gegenseitig aus

verschiedenen Ebenen tragen in einem fließenden Gleichgewichtssystem, von dessen Wunderwerk wir Menschen uns nicht die leiseste Vorstellung machen können.

Auch da könnten wir bei *Caesalpinus* in die Lehre gehen: Non esse loco separabiles animae partes. In ladem parte insunt facultates omnes, ut vegetativum, sensitivum, motivum et caeteri hujusmodi. Movetur et sentit utraque pars; utraque appetit et tristatur, aut gaudet, aut imaginatur (die einzelnen Funktionen des Lebens lassen sich nicht trennen. Jedem Teil wohnen vegetative, sensible, motorische Eigenschaften inne usw.; jeder Teil hat seine Wünsche, Sorgen, Freuden und Träume).

Die damaligen Gelehrten waren noch nicht dem Teufel der Zerlegerei verfallen, sondern waren sich der Einheit des Organismus bewußt, hatten auch als Trägerin dieser Einheit die Idee erkannt: Illud autem quod unitatem praestat in unoque, forma est, non materia: haec igitur anima erit (die Einheit wird nicht von der Materie repräsentiert, sondern von der Form, d. h. von der Psyche).

In Anlehnung an das *θερμὸν ἔμφυτον* des *Hippokrates* erschien ihnen die Vorstellung, die Seele erkennbar in der Wärme, welche alle Funktionen ermöglicht: Est enim calidum innatum commune animae instrumentum ad omnes operationes perficiendas. Mit der heutigen kinetischen Gastheorie hatte die Wärmeverstellung jener Zeiten nichts zu tun. Auf ihrem — vielleicht naturnäheren — Standpunkt stand deshalb das Herz im physiologischen Mittelpunkt, aber nicht als Motor, sondern als lebenspendendes Organ: Hoc modo unicum erit principium cor, cujus calore sensus et motus excitentur.

Erinnerungen an *Vesal* klingen an.

19. Ähnlich wie die Männer der Kreislaufforschung sich an die sichtbaren Blutgefäße halten und nicht darüber hinausblicken, so konzentrieren sie auch bezüglich der korrelativen Beziehungen ihre Aufmerksamkeit auf die mikroskopierbaren Nerven und bedenken nicht, daß jeder lebendigen Substanz die Fähigkeit der Reizübermittlung zukommt — auch ohne vorgebildete Bahnen.

Zwar wird nach Durchtrennung aller zur Speiseröhre und zur Kardia gehenden Vagusfasern die Entleerung aufgehoben bzw. verzögert. Indessen nur für eine gewisse Zeit. Dann geht die Störung zurück und ist nach $\frac{1}{2}$ —1 Jahr verschwunden, und zwar, ohne daß sich neue mikroskopierbare Nervenfasern gebildet hätten ⁴⁰.

Genau die gleiche Beobachtung machen wir am Blutgefäßsystem, so daß *Bethe* zu dem allgemeinen Schluß kommt: die ursprünglich rhythmisch peristaltischen Fähigkeiten der Gefäße sind diesen nie verloren gegangen. Sie können im Bedarfsfall wieder zur vollen Entfaltung kommen, ja sogar zu Hilfsherzen führen. Denn es kann kein Zweifel bestehen, daß rhythmische Bewegungen auch ohne Beteiligung nervöser (sichtbarer!) Gebilde möglich sind ⁴.

Übereinstimmend damit sagen *Tannenberg* und *Fischer-Wasels* ²⁰: Grundsätzlich kann es auch bei Ausschaltung aller Nerven zu örtlichen Kreislaufreaktionen kommen.

Es ist sehr liebenswürdig von *Aug. Krogh*, daß er die tonische Innervation der Capillaren durch den Sympathicus sehr verbreitet im Wirbeltierorganismus vorkommen läßt (the tonic sympathetic innervation of the capillaries is probably of very widespread occurrence in the vertebrate organisme) ⁹. Allein diese sympathischen Beziehungen kommen nicht bloß wahrscheinlich und nicht bloß weit verbreitet und nicht bloß bei den Wirbeltieren vor; sie bilden vielmehr die Grundlage einer jeglichen lebendigen Substanz, mag sie geformt sein, wie sie will.

Hier liegt auch der Grund, weshalb die so viel umstrittene Frage nach der neuro- oder myogenen Herztätigkeit noch immer nicht entschieden ist. In der Welt der heutigen Wissenschaftlichkeit ist eine gewisse Verzichtstimmung eingetreten. Man hat die Entscheidung einer späteren Zeit zugeschoben, glaubt auch wohl vielfach, daß sie nicht in einheitlichem Sinn stattfinden wird ⁴.

Die Verzichtstimmung ist berechtigt; denn falsch gestellte Fragen haben sich noch nie beantworten lassen. Sie besitzen jedoch als Warnungszeichen trotzdem ihren Wert in der geschichtlichen Entwicklung.

Selbstverständlich ist in den, während Jahrmillionen weiterentwickelten Säugetierorganisationen eine beträchtliche Menge von Nervenverbindungen hergestellt worden zwischen Organen und Funktionen, welche in besonders engen Beziehungen gestanden haben bzw. noch stehen. Man könnte sie *Nervi intercommunicantes* nennen. Der Sympathicus stellt ein Geflecht von solchen dar. Aber für denjenigen, der die Fähigkeit zur Reizleitung auch in der ungeformten Substanz so gut wie im drahtlosen Äthermeer erkannt hat, sind Nervenfäden nur technische, mithin sekundäre Gebilde. Er stellt die physiologisch-klinischen Tatsachen fest und überläßt den histologischen Nachweis solchen Forschern, deren Devise lautet: die anatomischen Grundlagen zuerst!

20. Stellen wir uns vor, wir würden mit einem Teleskop vom Mond aus die Erdoberfläche betrachten, so fielen uns neben den Gebirgen die verschiedenen Flußläufe besonders auf. Wir könnten alles mögliche an ihnen beobachten und messen: ihre Länge, Breite, Wassermasse, Gefälle u. dgl. Was wir aber nicht zu sehen in der Lage wären, das sind ihre Wechselbeziehungen zu den Ufern und den angrenzenden Landgebieten. Wir würden an den Rhein, Nil, Euphrat, Jangtsekiang, Mississippi, Amazonenstrom die gleichen exakten Maßstäbe anlegen, ohne etwas von ihrer Bedeutung für die Biologie der Erde zu ahnen.

Ähnlich verhalten sich auch unsere dermaligen Betrachtungsweisen des Gefäßsystems. Wir haben es — eine physiologische Unmöglichkeit! — aus dem Lebensbetrieb herausgeschält; ja, indem wir sogar an den Capillaren Wände nachzuweisen versuchen, schwebt uns die feinsäuber-

liche Abgrenzung des Mosaikdenkens als höchstes Ziel vor, ähnlich wie die Philosophen mit ihren Begriffsbestimmungen und „Grundlegungen“ angeblich zum besseren Verständnis komplexe Dinge zerlegen, deren Wesen eben ihre Komplexität ist.

Einsam ragt da der, an Dunkelheit der Darstellung dem *Heraklit* vergleichbare *O. Rosenbach*. Auch bei diesem muß man — um ein Wort von *Sokrates* zu gebrauchen — ein delischer Taucher sein, um ihn zu begreifen. So steht die Allgemeinheit noch fremd vor seiner Lehre, daß die Capillaren nicht sowohl Teile des Kreislaufsystems sind, als vielmehr Teile des Protoplasmas der lebendigen funktionierenden Organe, für deren letzte Lebenseinheiten sie die feinsten Wurzeln darstellen¹⁷. Ja, sie sind mehr als das. Sie schleppen nicht nur, wie ein Ozeandampfer, allerlei brauchbare und notwendige Dinge heran, sondern sie beteiligen sich aktiv-mitverarbeitend, gebend und nehmend, an der Tätigkeit der einzelnen Organe¹⁸.

Der Kampf um die Lehre vom Kreislauf verlangte ein Zwischenstück zwischen dem arteriellen und dem venösen Abschnitt. Erst als *Malpighi* (1628—1694) die Capillaren entdeckt hatte, war der Kreislauf des Blutes in Wahrheit geschlossen. Allein in der Freude über dieses neuentschleierte Stück vergaß man die Idee des Ganzen.

Bichat war der erste, der mit genialem Scharfblick das Wesentliche der Funktion und Strömung des Blutes in den beiden roten und schwarzen Capillargebieten (Lungen und Peripherie) wiedererkannte und nicht bloß auf den Motor Herz starrte. Für damals wie für heute gelten seine Sätze: Les chimistes et les physiciens, accoutumés à étudier des phénomènes auxquels président les forces physiques, ont transporté leur esprit de calcul dans les théories qu'ils ont imaginées sur ceux que régissent les lois vitales. Mais ce n'est plus cela etc. (Die Chemiker und Physiker haben die ihnen geläufige Betrachtungsweise auch auf die Lebensvorgänge übertragen; aber damit ist es nichts, denn die Gesetze des Lebens sind etwas ganz anderes, uns noch Unbekanntes. Sie variieren unaufhörlich, so daß das, was im gegebenen Augenblick richtig erscheint, im nächsten Moment falsch ist.)²².

Der Mangel an untrüglichen Gesetzen hat eine gewisse Abneigung, Angst vor rein biologischem Denken gezeitigt, das ja schließlich immer auf eine unerforschliche Lebenskraft führen muß, und so haben sich die Forscher unbewußt auf rein physikalische Faktoren zurückgezogen und dabei den ursprünglichen Sinn der *φύσις* verschoben. Hatte noch *Kant* eine immanente (d. h. erkennbare) und eine transzendente Physiologie, „welche alle Erfahrungen übersteigt“, nebeneinander gelten lassen⁴¹, so ist die heutige Physiologie eine rein rationale Wissenschaft geworden.

21. Wie ein Frachtdampfer zum Löschen seiner Ladung Zeit braucht, d. h. eine gewisse Zeit an der Ausladestelle liegen bleiben muß, so handelt es sich auch im Capillarsystem nicht darum, daß das Blut möglichst

rasch hindurchfließt, sondern daß es eine gewisse Zeit liegen bleibt und währenddem sozusagen ein wirklicher Bestandteil des Organs wird. Der Kreislauf ist nur Mittel zum Zweck, nicht Selbstzweck, so wenig wie die Überfahrt eines Handelsschiffs.

Physiologisch betrachtet wird ein Organ — seinen jeweiligen Bedürfnissen gemäß — die Zuflußhähne öffnen, d. h. seine Capillar- und Gewebsräume erweitern, und nach erfolgtem Aus- und Einladen das Zeichen zur Rückfahrt erteilen. Dieses Zeichen wird aber — genau wie im Hafenbetrieb — nicht bloß für das Capillarblut gegeben, sondern auch für alles, was dabei bearbeitet worden ist. Es wird gegeben auf Grund der Mitteilungen der verschiedenen, in dem betreffenden Organ verknüpften Leistungen, ist also eine ausgesprochen nervös-psychische Leistung.

Natürlich haben sich diese Dinge im Lauf der Zeit so genau aufeinander eingespielt, daß für den Beobachter der Eindruck einer gewissen Regelmäßigkeit entsteht. So würde auch unser Mondastronom einen Fahrplan für die Ankünfte und Abfahrten der Ozeandampfer im Hamburger Hafen aufstellen können, ohne damit etwas über die inneren Gründe dieser Erscheinungen zu erfahren.

IV. Öffnung und Schließung als Reflex. — Zerstreuung der Reize. — Stationäres und stabiles Gleichgewicht. — Störungen der Öffnung (Stenokardie), des Verschlusses (Hyperämie).

22. Der freundliche Leser, welcher die aktive Erweiterung und Ansaugung der Organe genehmigt hat, wird wahrscheinlich sagen: Ich verstehe nun, daß das Blut in die Capillaren einströmt. Aber wie fließt es weiter? Denn eben während des Liegenbleibens und Ausladens ist die motorische Kraft erschöpft.

Hier müssen wir uns wieder des unaufhörlichen oszillierenden Spiels von Erweiterung und Verengung erinnern. Ist der Bedarf gedeckt, so dreht die Hausfrau den Wasserhahn wieder zu, bzw. die Lichtungen der Capillaren kehren in ihren normalen Ruhetonus zurück, nachdem sie zuvor — gemäß dem *Starlingschen* Darmgesetz — ihren Inhalt durch eine Zusammenziehung weitergeschoben haben.

Dieser physiologische Verschluß mag den Physiologen *Hallerscher* Observanz als Krampf, als aktive Zusammenziehung beeindrucken, ist es aber nicht, sowenig wie der physiologische Abschluß der Kardia, des Sphincter ani, vesicae und aller sonstigen Schließmuskeln⁴⁰. Eine wirkliche, aktive, krampfartige Zusammenziehung dieser Gebilde sieht klinisch ganz anders aus, ist auch tatsächlich etwas ganz anderes.

23. Es gehört zu einem ordnungsgemäßen Betrieb, daß die Öffnung und Schließung der Schleusen pünktlich aufeinander eingestellt sind. Das Signal: Freie Bahn! löst eine Reflexaktion aus, und das Ergebnis dieses Reflexes ist eben die Schleusenöffnung zum Zweck des Abflusses.

Aber was ist ein Reflex? — Die Vorstellung hat sich eingebürgert, daß auf einen bestimmten Reiz eine bestimmte Reaktion erfolge. Nichts lag für das anatomische Denken näher, als die nervösen Verbindungen zwischen dem Ort der Reizung und dem des Erfolgs aufzuspüren. In der Tat verdanken wir dieser Art der Forschung höchst wichtige, praktisch verwertbare Erkenntnisse. Sie gingen aus von dem Gesetz der isolierten Leitung und schienen es ihrerseits vollauf zu bestätigen.

Indessen, diese Erfolge der feinsten Histologie enthalten nur die halbe Wahrheit; sie ließen vergessen, auch nach der anderen Hälfte zu forschen, und zwar nach der physiologischen. Denn wenn uns die Anatomie das wohlabgegrenzte Strombett der Neurone, Fibrillen, Achsenzyylinder usw. vorführt, so macht uns die physiologische Betrachtungsweise darauf aufmerksam, daß alle Reizungen im Gesamtsystem zerstreut werden ⁴². Alle Teile der lebendigen Substanz nehmen daran teil, auch wenn wir nichts davon merken. Zwar verraten die feinsten Untersuchungsmethoden neuerdings einiges davon; aber das sind immer noch grobe Maßnahmen im Verhältnis zu der Feinheit des lebendigen Gefüges. Das hatte schon *Marc. Malpighi* (1628—1694) in dem Satze ausgedrückt: *Partium munia et actiones non perpetuo ex diligenti et atoma etiam organi inspectione innotescunt, cum natura exiguis machinis, hisque simplicibus miras, ultra humani ingenii captum, edat operationes.* (Die Geschäfte und Leistungen der einzelnen Teile lassen sich niemals durch noch so fleißiges und atomistisches Studium entschleiern, denn die Natur bringt mit ihren kleinen und einfachen Konstruktionen erstaunliche, für uns unbegreifliche Wirkungen hervor.) ⁴³. Und *Walther* spricht, gerade bezüglich des Capillarsystems, von verborgenen Zusammenziehungen und geheimen Dehnungen, die in undurchdringlicher Stille vor sich gehen ¹.

Unausgesetzt treffen Reize die lebendige Substanz in allen ihren Teilen, so daß *le sang y est sujet à une infinité de mouvements irréguliers. La moindre irritation le fait reculer, avancer, dévier à droite, à gauche etc.* (Das Blut ist einer Unmenge von unregelmäßigen Bewegungen unterworfen. Auf den geringsten Reiz fließt es rückwärts, vorwärts, nach rechts, nach links, so daß — wenngleich im allgemeinen eine gleichmäßige Strömung herrscht — doch in jedem Augenblick unregelmäßige Schwankungen auftreten.) ²² Noch drastischer drückt sich von den Modernen *Otfried Müller* aus: Dieses Wechselspiel in den Capillaren ist die Regel; „pathologische Gleichförmigkeit der Strömung“ beobachtet man nur bei Vergiftungen und Infektionskrankheiten ³¹.

Nicht einmal in der Stille eines Laboratoriums ist es möglich, die Zahl der Reizungen wesentlich zu beschränken. Sie kommen von innen wie von außen und fluten unaufhörlich wie die Vorgänge in der Atmosphäre durcheinander.

24. Das Ergebnis dieser unzähligen Einzelzerstreuungen ist ein Zustand scheinbarer Ruhe, in Wahrheit einer mittleren Tätigkeit, jenes

unsichtbare Oszillieren um einen fiktiven Ruhepunkt, ein schwankendes Gleichgewicht, stets bereit, nach der einen oder anderen Richtung hin auszuschlagen.

Viele bilden sich ein, eine Reizung schrecke gewissermaßen ein bestimmtes Organ aus mehr oder weniger vollkommener Ruhe auf. Nichts ist falscher als das. Die Verwechslung des stationären und des stabilen Gleichgewichts⁴⁴ kommt in dem Irrtum zum Vorschein.

Die Zerstreuungsreize in ihrer Gesamtheit halten den Organismus im Zustand des: Qui vive? oder in der Verfassung des Hundes, der auf das Zeichen zum Apportieren wartet.

Äußerlich merkt man nicht viel von diesem inneren Tonus, attentio; und doch ist er von entscheidender Bedeutung. Wer das nicht weiß, wird in seiner biologischen Ahnungslosigkeit gar oft daneben greifen. Der Satz von *Mirabeau*: Le silence des peuples est la leçon des rois (Das Schweigen des Volkes ist eine Warnung für den König) gilt auch für den Physiologen.

Nur so wird es verständlich, warum der gleiche Reiz völlig verschiedene Reaktionen auslöst: es kommt eben auf die Phase der Oszillationskombinationen an, in welcher er eintrifft. Auch Revolutionen brechen zumeist durch an sich geringfügige Veranlassungen aus, als Auslösungen von Spannungen, die sich unbemerkt gesteigert hatten, etwa im Sinne von *Platon*: *τρέφουσai καὶ τοιοῖσαι καὶ τὰ σώματα καὶ τὰς ψυχάς*⁴⁵.

Unverkennbar liegen Tonus, Elastizität, Kontraktilität, sowie bewußte und unbewußte psychische Vorgänge eng verbunden nebeneinander. Ihre gegenseitige Beeinflussung ist weder Mystik noch Naturphilosophie, sondern einfache Biologie⁴⁶.

25. Unter normalen Verhältnissen erfolgt das Öffnen und Schließen im physiologischen Betrieb in der uns allen geläufigen, wenn auch nicht erkannten Weise. Bewundernd steht der denkende Beschauer vor der Fülle von Wechselbeziehungen und jener unbekannten Instanz, welche die Feinheit ihres Ineinandergreifens, ihre Harmonie dauernd regelt. Es mag sein — und das ist wahrscheinlich —, daß wir Menschen sie nie exakt zu fassen vermögen. Sie zu leugnen sind nur Blinde imstande; sie gibt sich ja in ihren Wirkungen zu erkennen. Wirklich sind nur die Wirkungen. Das hat schon der gescheite *Joh. de Gorter* (1689—1762) begriffen: Est enim in viventibus, in morbis et curationibus aliquid absconditum, non omnino aliarum scientiarum principia sequens, solis experimentis medentium eruendum. (Im Gesunden und kranken Leben gibt es etwas Verborgenes, das sich nicht nach unserem rationalen Denken richtet, sondern nur durch Beobachtungen während der Therapie entschleiern läßt.)⁴⁷

Es leuchtet ein, wie leicht Störungen in diesen Beziehungen oder gar in jenem aliquid absconditum eintreten können. Je tiefer wir uns in

diese Dinge hineinversenken, um so unmöglicher wird es, im Einzelfall — nicht die *sedes morbi anatomica*, sondern die Störung im Reflexsystem ausfindig zu machen. Liegen doch die Elemente des mittleren Tonus und seiner Ansprechbarkeit weit unterhalb der Schwelle unserer Erfahrung.

Unter dem Einfluß des anatomischen Denkens hat sich das Diagnostizieren auf anatomisch bzw. histologisch nachweisbare Veränderungen eingengt. Aber daneben gibt es — an Zahl überwiegend — Störungen in den nervös-psychischen Wechselbeziehungen. Sie beeinträchtigen die Lebensleistungen ebenso sehr, wie jene; ja, sie sind wohl das Primäre.

Wir stehen noch immer im Bann der *Hallerschen* Irritabilitätslehre, welche Leben nur den motorischen bzw. kontraktile Leistungen zuerkannte. Das mag zur Überbewertung des pochenden Herzens gegenüber den stillen Capillaren beigetragen haben. Wie roh ist jedoch diese Auffassung angesichts der zahllosen durcheinanderwirbelnden Vorrichtungen, von denen wir noch weniger wissen als von den Elektronen und den elektromagnetischen Schwingungen!

26. Bleiben wir bei den Störungen der Strömung, so ziehen uns als Physiologen natürlich ihre Auswirkungen an den funktionierenden Organen an. Die geweblichen Veränderungen mögen dann später die pathologischen Anatomen beschäftigen.

Rein schematisch könnte man Störungen der Öffnung, des Zuflusses, der Diastole trennen von solchen des Verschlusses, des Abflusses, der Systole. In Wirklichkeit liegen sie nahe beisammen, gehören doch beide dem nämlichen Reflexsystem an, nur eben als verschiedene Phasen.

Bleibt der Öffnungsreflex aus, so erweitern sich z. B. die Capillaren der Leber nicht, und das Blut der Leberschlagader fließt weiter, wie wenn die Leber nicht arbeitete. Ein völliger Verschluß von kleinen Schlagaderästen wird physiologischerweise auch in der Ruhe nicht beobachtet, aber doch eine erhebliche Verengerung, die ganz dem Verhalten des zugehörigen Capillarnetzes entspricht¹⁹. Offenbar gehen der zuführenden Schlagader Nachrichten bezüglich größeren Blutbedarfs zu, so daß diese entsprechend mehr Blut heranzuführt und — wenn sie es unerwarteterweise nicht absetzen kann — es in sich aufhäuft, wie die Speiseröhre die Speisen bei Kardiospasmus. Daß es dabei zu Erweiterungen, Aneurysmen kommen kann, ist begreiflich.

Das Versagen des Öffnungsvorgangs in *einem* Organ ist zunächst ohne große Bedeutung für den Bestand des Ganzen. Das Versagen in vielen oder gar allen Organen muß zu den schwersten Erscheinungen und zu einer Überbelastung des Zentralmotors führen, der ja nunmehr seiner peripheren Hilfskräfte beraubt ist. Die Regelmäßigkeit der Arbeitsleistung, die Zusammenarbeit der ausgleichenden Kräfte, der Zusammenhang im Betrieb der feinsten unsichtbaren Gebilde beruht auf dem regelmäßigen und gleichmäßigen Wechsel von Spannung und Ent-

spannung. Fehlt sie, so steht die Maschine still wie eine Uhr, deren Feder sich allzusehnell entspannt (*O. Rosenbach* ⁴⁸).

Vielleicht darf hier an die Angina pectoris erinnert werden, an jenen eigentümlichen Zustand plötzlichen Versagens aller Organe, welcher unter den bedrohlichsten Erscheinungen der Todesangst auftritt und verschieden lang dauert, von Augenblicken bis zu Stunden.

Die Annahme kann gewagt werden, daß diese dramatische Störung aller Verrichtungen durch eine gleichzeitige Unterbrechung der Innervation des Capillarsystems bedingt sei, und zwar im Sinn eines ausbleibenden Öffnungsreflexes. Jedenfalls deuten die Erscheinungen im Schlagaderabschnitt und am Herzen — Erweiterung und schmerzhaftes Überdehnung — auf plötzliche übermäßige Stauung im arteriellen System ⁴⁹.

Der Vergleich mit dem schnellen Abdrehen von weitgeöffneten Wasserhähnen drängt sich auf. Ebenso wie es bei der Wasserleitung zu plötzlichen Drucksteigerungen, eventuell mit Rohrbrüchen kommt, so auch im Blutgefäßsystem. Das hat mit überraschender Klarheit schon *Giov. Lancisi* (1654—1720) bezüglich der Entstehung der Aneurysmen dargestellt: Neque sane difficile est concipere, si sanguinis impetus advertatur, plumbeos, fluxum devolutae aquae dirigentes, ob, solum quandoque, obstructionem vel compressionem duplicato momento nisus excurrentis liquidi citra ipsa impedimenta sensim laxari ac dehiscere. (Es ist kein Kunststück zu begreifen, daß dort, wo der Blutstrom mit Macht hingelenkt wird, die Leitungsröhren — ähnlich wie die Wasserleitungsröhren aus Blei — bei Verstopfung oder Verschuß durch die doppelte Gewalt der strömenden Flüssigkeit in ihrem ganzen System gelockert oder zum Bersten gebracht werden). ⁵⁰

Wenn heftige Gemütsbewegungen töten können, wie das *Baglivi* (1669—1707) bei einer Reihe von Erdbeben beobachtet hat ⁵¹, so bietet sich in diesen Überlegungen eine pathologisch-physiologische Erklärung. Die klinische Wirkung bei diesen Vorkommnissen fällt um so stärker aus, je weiter die Capillaren vor dem plötzlichen Verschuß geöffnet, je lebhafter mithin die Organe in Tätigkeit gewesen waren.

Die Leichenöffnung weist in solchen Fällen sklerotische Veränderungen an der Aorta, Kranzschlagadern, Aneurysmen der Aorta, Degenerationserscheinungen des Myokards u. dgl. auf. Aber das sind in der Kette der Ereignisse nebensächliche Erscheinungen. Sie entsprechen der Verkarstung nach Abholzung der Saftsammelbecken der Wälder oder der Verkarstung, Sklerosierung der Wissenschaftler, wenn sie ihren Geist neuen Gedanken nicht öffnen.

Es ist bemerkenswert, daß *Lancisi*, diese erstaunliche Kombination von Fleiß und Scharfsinn, die im vorstehenden skizzierte Vorstellung mechanisch ganz richtig durch eine rückläufige Strömung des Blutes (cum rectus impediatur magnus motus sanguinis, idem repercutitur

ac reverberatur ab arteriis in ventriculos, a ventriculis in auriculas etc.) erklärt. Auf diese Weise müsse es zu Dehnungen und Zerreißen im zentralen Kesselgebiet kommen (necessitate mechanica continget, ut fibrae, cava cordis, auricularum et radicum venarum texentes, in locis minoris resistentiae divulsionem atque distractionem patiantur⁵⁰). Wir schwimmen heute im chemischen Fahrwasser und schätzen über Iontenkonzentrationen * und Säure-Basengleichgewichten die etwas einfacheren physikalischen Faktoren nicht mehr voll ein.

Daß die Syphilis den Boden für Aortenaneurysmen vorbereite, wußte übrigens auch *Lancisi* schon, ebenso wie seine Nachfolger *Jac. Verbrugge* und *Ant. Matani* (1730—1779).

In einem aber war er uns voraus: in der Erkenntnis der ursächlichen Bedeutung von Gemütsbewegung. Nova certe minime erit apud eos qui longa praxi exercitati fuerint, origo aneurysmatum cordis ex diuturnis animi pathematibus. Nos quidem hoc anno multos vidimus, caeteroquin suapte natura languidos cum viros, tum mulieres, ex gravi diuque premente timore ipsius nutantis terrae in cordis aneurysmata incidentes. (Für Ärzte mit großer Erfahrung ist es gewiß nichts Neues, daß Herzerweiterungen als Folge langer Seelenqualen entstehen. Wir haben jedenfalls in diesem erdbebenreichen Jahre viele, allerdings schlaffe Naturen an Aneurysmen erkranken sehen.)

Später hat *Desault* (1744—1795), die strahlendste Erscheinung der französischen Chirurgie des 18. Jahrhunderts, ein glühender Verehrer *Borellis*, diese ursächlichen Gedanken wieder aufgegriffen: Les passions excessives, l'amour, la colère, les frayeurs, la maladie vénérienne . . . peuvent déterminer des anévrysmes⁵², ja nach einer Mitteilung seines Schülers und Freundes *Bichat*⁶ hat er insbesondere die Revolution hervorgehoben; à proportion des maux qu'elle a enfantés.

Auch im Gefolge des fürchterlichen Erdbebens von *Messina* und *Reggio* (Dezember 1908) seien Herzerkrankungen und Aneurysmen beobachtet worden. Von der Bevölkerung ist damals ein Drittel umgekommen. Man kann nicht annehmen, daß diese Ereignisse an den anderen zwei Dritteln spurlos vorübergegangen seien.

Erdbeben und Revolutionen, als Erschütterungen unseres irdischen bzw. geistigen Bodens, üben wohl verwandte Einflüsse auf die menschlichen Organisationen aus. Daß wir sie bei unseren Zeitgenossen nicht beobachten, liegt weniger an ihrem Nichtvorhandensein, als in den chemischen Suggestionen der Gegenwart und in einer gewissen Angst vor der Anerkennung der Macht der Psyche.

Möglicherweise spielen solche Capillarstörungen auch bei manchem unerklärten Fall von Herzhypertrophie mit. Der große Kliniker *H. Bamberger* (1822—1888) stand solcher Deutung nicht fern: Nicht in allen Fällen läßt sich die Ursache der Hypertrophie und Erweiterung des

* Der Plural von *ἰων* heißt *ἰοντες* = Ionten, nicht Ione oder Ionen!

Herzens mit Sicherheit bestimmen. Während die Wirkung bleibt, kann die Ursache längst vorübergegangen und der klinischen wie der anatomischen Forschung entrückt sein ⁵³.

27. Störungen des Öffnungsreflexes sind jedoch kein Vorrecht der Kardia und der Capillaren. Die Natur liebt es, einen einmal gefundenen Kunstgriff immer wieder anzuwenden, und so benützt sie den Normaltonus durchweg zum Verschluß von Röhren, z. B. bei Cervix und Vagina. Ähnlich wie der sog. Kardiospasmus zu Schlingbeschwerden, so ergeben sich hier dysmenorrhöische Beschwerden, und in der gleichen Weise sind *mutatis mutandis* die Ausführgänge der Speicheldrüsen, Gallenblase, der Ductus ejaculatorii durch den Normaltonus verschlossen, ebenso wohl zum Verhindern eines dauernden Abflusses, wie zum Schutz gegen Eindringlinge. Der Wegfall dieses Schutzes durch Atonie mag nicht selten am Anfang einer Vaginitis, Epididymitis, Cholecystitis stehen.

28. Es liegt auf der Hand, ausbleibende Öffnungssignale an den Lungenalveolen als Ursache akuter Atemnot zu betrachten. So wichtig die Ausdehnung, Erweiterung der Brusthöhle im ganzen ist, so müssen sich gleichzeitig auch die einzelnen Alveolen erweitern; sonst fließt keine Luft hinein. Solch ein Eröffnungsreflex ist eine technische Selbstverständlichkeit und nicht verwunderlich bei einem Vorgang, an welchem ohnehin eine große Reihe beachteter und unbeachteter Einzelaktionen beteiligt ist.

Bezeichnend für die geistige Einstellung unserer Zeit ist der Eifer, mit dem die respiratorische Oberfläche festzulegen versucht worden ist. Man hat das für Faultier, Zwergspitzmaus, Katze, Delphin, Hund, Pferd, Dugong, Meerschweinchen usw. unternommen ⁵⁴, aber ohne endgültige Ergebnisse. Als ob es so etwas wie feste Größen in dem Konvolut von Wirbeln gäbe! Nur *Edw. Babák* berührt im Vorübergehen den Kernpunkt mit dem Satz: Den Atemmechanismus der Säugetiere kann man im wesentlichen an den Saugmechanismus der Brustkorb- atmung anschließen ⁵⁵. Indessen, zuerst saugen nicht die Brustwände, sondern die Alveolen und die ihnen entsprechenden Gebilde. Die größere äußere Sinnfälligkeit sollte nicht über das weniger Sinnfällige, aber Wesentliche hinwegtäuschen!

Seit geraumer Zeit trennt man das Asthma bronchiale und das Asthma cardiale. Natürlich lassen sich Unterscheidungszeichen für solch eine Trennung ausfindig machen. Aber die gemeinsame Hauptsache ist doch die Beklemmung und Atemnot in Verbindung mit kaltem Schweiß und einer Art von Bewußtlosigkeit (*κηρ άπνώσσαν*) ⁵⁶. Unvermögen sich zu bewegen (*άσθματος άδυνατοϋσα πορεύεσθαι*) ⁵⁷ kommt dazu. Wie sehr die Atemnot im Vordergrund steht, erhellt daraus, daß Zeiten laxerer Diagnostik auch Pneumonien, Pleuritiden, Peri- und Endokarditiden, Tuberkulose, Emphysem unter diesem Namen beschrieben. Erst *Laënnec*, *Lefèvre*, *Romberg* ⁵⁸, *Bretonneau*, *Trousseau* ⁵⁹, *Henle* ⁶⁰

haben das akut-anfallsmäßige von Lufthunger herausgeschält und eine Störung im Nervensystem vermutet; *Trousseau* sprach geradezu von une véritable névralgie épileptiforme.

Nach dem hier Vorgetragenen werden wir Störungen im feinsten Reflexwerk vermuten, etwa nicht erfolgte Öffnungen der feinsten Luft- oder Blutbahnen. In kleinem Maßstabe lassen sich asthmaähnliche Zufälle, verstärktes Anschlagen des verbreiterten Herzens und Atembegrümmungen³⁹ durch heiße oder kalte Hautreize erzielen.

Praktisch ist es von geringer Bedeutung, ob das Blut infolge ausbleibender Capillaröffnung nicht zum Sauerstoff der Luft, oder dieser infolge ausbleibender Alveolenöffnung nicht zum Blut gelangen kann.

Je schneller und ausgedehnter diese Störungen einsetzen, um so bedrohlicher ist und erscheint das Ereignis. Denn es hängt ganz vom Aufbau des Gesamtkörpers ab, ob er den damit verbundenen physikalischen und chemischen Erschütterungen gewachsen ist.

In anatomischen Veränderungen, insbesondere am Herzen, das Wesen des Asthmas zu erblicken, heißt Zweites und Erstes, Ursache und Folge verwechseln. Dem rein anatomischen Denken mußte ein solcher logischer Verstoß beinahe zwangsläufig sich ergeben. Möglicherweise hat eine verwandte Einsicht dem Verfasser des 4. Buches von *Hippokrates* den ersichtlich kühnen Satz eingegeben: *νόσημα ἐν τῇ καρδίᾳ οὐδὲν γίγνεται* usw. (im Herzen entsteht keine Krankheit. Aber Kopf und Milz sind besonders zu Erkrankungen geneigt, und zwar dadurch, daß von den Flüssigkeiten mehr als zuträglich hineingelangt⁶¹).

29. Der freien Einbildungskraft des Lesers bleibe es überlassen, Störungen des Öffnungsreflexes auch auf andere Organe bzw. Leistungen zu übertragen, sowie die Lehre von aktiven, zu Krämpfen gesteigerten Zusammenziehungen kritisch zu durchmustern. Ohne Zweifel kommen solche vor; aber nicht jeder Verschluß beruht auf Krampf, so wenig als jede eingeklinkte Tür verschlossen oder gar mit Sicherheitsvorrichtungen verbarrikadiert ist.

Typisch sind da die feinen Untersuchungen über die elastischen Fasern in der weiblichen Brustdrüse, aber die geringe Beachtung ihres Funktionierens beim Verschluß und bei der Öffnung der Milchgänge⁶².

Nur das eine sei erwähnt, daß unser Dasein nicht mit Zusammenziehungen, sondern mit Saugbewegungen beginnt. Der Säugling saugt vor dem ersten Schrei Luft in seine Lungen, und in der Folge ist seine einzige Tätigkeit, an der Mutterbrust zu saugen und damit das fortzusetzen, was er im intrauterinen Leben mutatis mutandis am Placentarkreislauf getan hatte. Zu diesem Zwecke muß ein Druckgefälle hergestellt werden, was der Säugling durch Unterdruck, die Mutter durch Überdruck in ihrer Milchdrüse bewirkt. Diese Drüse entleert ja ihren Inhalt nicht erst, wenn der Säugling saugt, sondern schon vorher — manchmal spritzenderweise —, wenn er angenähert wird.

30. Menschen von scholastischer Gemütsart werden natürlich nach Störungen der antagonistischen Funktionen fragen, d. h. nach einem nicht rechtzeitigen Verschuß des Capillargebietes.

Hat ein Organ das zu seiner Funktion erforderliche Blut angesaugt bzw. ist die Funktion beendet, so muß weitere Zufuhr abgedrosselt werden. Dazu kehrt der Eingang zu den Capillaren in den Zustand des mittleren Tonus zurück, wie die Kardia nach dem Schlucken, der Sphincter vesicae nach der Harnentleerung. Das sind solch alltägliche Leistungen, daß sie dem Forscher gar nicht auffallen, mithin auch nicht untersucht werden. Indessen, gerade darin liegt das Wunder. Denn in diesen, scheinbar so einfachen Vorgängen sind viel mehr Einzelleistungen verknüpft, als wir uns träumen lassen.

Die Einzelerrscheinung, die wir zu beobachten vermögen, ist die Resultante aus vielen Grundfunktionen und besagt in ihrer sozusagen brutalen Form wenig oder nichts über ihren Aufbau aus größtenteils unbekannten Bestandteilen. So sehen wir auch einem Stein oder einer Handlung an sich ihre physischen oder psychischen Elemente nicht an und sind auch bei feinsten Zerlegung den größten Irrtümern unterworfen. Wer einen einzelnen Faden aus dem lebendigen Gewebe herausgezogen und untersucht hat, hat sich gewiß sehr verdient gemacht um die Wissenschaft, darf darum aber nicht wähnen, dem Wesen des Lebens näher gekommen zu sein. Dieses liegt auf einer ganz anderen Ebene.

Niemand findet etwas Besonderes darin, daß während der Öffnung des Ductus ejaculatorius die Harnblase verschlossen bleibt, und sich ihrerseits öffnet, sobald dessen Tätigkeit beendet ist. Man findet auch nichts Besonderes an dem verwickelten Spiel beim Schlucken, das jedem geläufig, aber nicht einmal allen Physiologen in seinen Einzelheiten bekannt ist. Bis zu einem bescheidenen Grade gelingt es uns, entgegengesetzte Leistungen sauberlich auseinanderzuhalten. Aber auch außerhalb des motorischen Gebietes laufen die verschiedenartigsten Verrichtungen in unauflösbaren Verschlingungen durcheinander und liefern Erscheinungsbilder, welche sich nur von der Ebene *hinter* den Erscheinungen verstehen lassen. Leider kann man auf diesen metaphysischen Ebenen keine Beobachtungswerkzeuge aufstellen.

31. Erinnern wir uns im Vorübergehen an die Spermatorrhöe, Galaktorrhöe, an den durch mangelhaften tonischen Verschuß der Scheide bedingten Fluor, an den Speichelfluß, das Harnträufeln, schließlich auch an die pathologische Geschwätzigkeit⁶³, welcher *Sirach* (22, 33) — physiologisch ganz richtig — ein Schloß an den Mund wünschte, so wären damit die häufigsten sinnfälligen Beispiele von Verschuß-atonie aufgeführt.

Mangelhafter geistiger Tonus läßt auch allerlei Fremdgeanken, Suggestionen in das seelische Leben der Einzelnen wie der Allgemeinheit eintreten.

Anschaulich schildert *Otfried Müller* die reizbare Schwäche und Dysergie in sämtlichen Funktionen, verbunden mit vegetativer und psychischer Neurodysergie bei unausgeglichene Menschen; sie erscheinen disharmonisch von der zentralsten psychischen bis zur periphersten somatischen Struktur, einschließlich des endokrinen Systems³¹.

32. Als besonders wichtige Erscheinung der Verschlößstörung treten die Blutüberfüllungen ins klinische Bild. Befragen wir die feinen Beobachter vergangener Jahrhunderte über deren Entstehung, so erfahren wir herzlich wenig darüber. Offenbar hat *Bamberger* das Ergebnis der Anschauungen in dem Satz bezüglich der Hyperämie der Milz niedergelegt: Wir vermögen uns das Wesen dieser akuten Anschwellung, von der wir eben nichts weiteres wissen, als daß sie auf einer Blutüberfüllung des Organs beruht, nur durch den hypothetischen Grund zu erklären, daß die erkrankte Blutmasse eine größere Affinität zum Milzgewebe habe⁶⁴.

Wunderlich, der große Kliniker, wies bezüglich der Leberhyperämie auf heftige Gemütsaufregungen hin, sowie darauf, daß diese Blutüberfüllungen bei manchen Einzelwesen wahrhaft habituell werden können⁶⁵.

Durch die beiden Umstände: psychischen Ursachen und Habituellwerden klingen nervöse Faktoren hindurch. Den Krankenhausärzten kommen die allerersten Anfälle kaum je zu Gesicht und niemals den pathologischen Anatomen. Sie bleiben im Bereich des Hausarztes bzw. der Familie und werden da ob ihrer Flüchtigkeit nicht gebührend eingeschätzt. So harmlos eine einmalige Blutüberfüllung sein mag, so verursacht sie eben doch Störungen des Parenchyms, d. h. der arbeitenden Bestandteile, und wiederholte, habituelle Überschwemmungen lösen allmählich an diesen Teilen klinische Erscheinungen aus, die den Patienten nötigen, *ἐν τῇ κλίνῃ κεῖμαι*, sich ins Bett zu legen. Dann finden die Kliniker und Anatomen freilich allerlei funktionelle bzw. histologische Abweichungen, aber doch nicht deren Ursache. Die Sache wird dadurch verwickelt, daß in der Tat die geweblichen Veränderungen ihrerseits Erscheinungen hervorrufen, aber damit nichts über ihre eigene Entstehung aussagen.

Zum Vergleich sei auf die Erschütterungen der Erdrinde hingewiesen. Die großen Erdbeben, von denen die Zeitungen berichten, sind verhältnismäßig selten, aber mit ihren 5000 im Jahr¹⁴ häufiger, als man denkt. Rechnet man jedoch die 100 000 mikroseismischen Bewegungen hinzu und die Grundschwingungen der Erdrinde mit einer ständigen Periode von 19—20“, so drängt sich die Erkenntnis auf, daß die großen Beben nur die Summe der Wirkungen der kleinen darstellen. Wir haben da ein Analogon aus dem Leben der Erdrinde vor uns zu den unmerklichen Erschütterungen in unserem eigenen Mikrokosmos.

V. Faktoren des Abflusses. — Peristaltik. — Organkapseln. — Haut. — Gesamtkörper.

33. Im physiologischen Betrieb genügt es indessen nicht, daß nach beendeter Funktion die weitere Blutzufuhr eingestellt wird. Vielmehr muß der bekannten Phase: *ubi stimulus, ibi affluxus* die entgegengesetzte folgen: Der Mohr hat seine Arbeit getan; der Mohr kann gehen.

Wir stehen damit vor der immer wieder umstrittenen Frage: welche Kräfte befördern das Blut aus den Capillaren weiter? Man mag noch so feine Untersuchungen anstellen und geistreiche Gedankengänge spinnen: in den Capillaren erlischt die *vis a tergo* vollkommen. Der präzise Satz von *Bichat* bleibt bestehen: *Le sang, une fois arrivé dans le système capillaire, est manifestement hors de l'influence du coeur* ²¹. Im Eifer der Untersuchung des Strömens, des Laufens des Blutes im Kreis ist der physiologische Gesichtspunkt de usu, vom Zweck dieser sinnreichen Einrichtung zu kurz gekommen.

Wenn das Blut auch ohne die Triebkraft seitens des Herzens fließt, so kann das — wie schon *Bichats* Vorgänger *Rob. Whytt* (1714—1766) vermutet hat — „vorzugsweise durch die schwingenden Bewegungen der kleinsten Gefäße“ geschehen ⁶⁶.

Dazu passen die Capillaruntersuchungen der neuesten Zeit mit ihrem Hin und Her in den Haargefäßen. Nach *Weiß* und *W. Dieter* strömt das Blut auch nach plötzlichem Abklemmen der großen Gefäße am Oberarm noch weiter ⁶⁷.

Die Natur hat das sozusagen selbst zugegeben, indem sie dort, wo nicht genug tätig arbeitendes Protoplasma vorhanden ist, Hilfs Herzen eingebaut hat: in den Flügeln, Beinen, Antennen der Schmetterlinge, Fledermäuse, Heuschrecken, Spinnen, Ephemeriden, Cyclostomen, im Pfortadersystem bei *Bdellostoma* usw.

Wir müssen uns von der Vorstellung frei machen, daß es einen einheitlichen Urtypus der Blutbewegung gebe. Jedenfalls ist ein solcher bis jetzt weder von den vergleichenden Anatomen noch Physiologen aufgefunden worden ⁴.

Die Natur hat nicht beabsichtigt, eine Entwicklungsreihe des Motors Herz zu liefern, wie wir sie etwa im Deutschen Museum bezüglich der Dynamomaschinen, Automobile, Torpedos aufgestellt finden. Für sie handelt es sich nur um funktionelle, teleologische Gesichtspunkte. Deshalb benützt sie auch bei nahe verwandten Tieren recht verschiedene Hilfsmittel zur Erreichung ihrer Zwecke. Wir Menschen bleiben Sklaven eines Schemas, und dieses erweist sich jedesmal früher oder später als unzureichend.

Thoughts destroy facts and kill life. (Menschliches Denken zerstört die Wirklichkeit und erstickt das Leben.)

34. Legen wir uns die Frage vor: Wie werden die vielerlei Se- und Exkrete von Drüsen weiterbefördert, bei denen von einer Triebkraft

nach Art des Herzens keine Rede ist, so werden wir auf einen, im allgemeinen wenig beachteten Umstand geführt: auf die, alle Organe einhüllenden Kapseln und die von diesen ins Organinnere ziehenden Balken.

Ohne weiteres leuchtet ein, daß diese Kapseln gespannt werden müssen in dem Maße, in welchem das Organ sich füllt, ob mit Blut oder mit Sekret, ist nebensächlich. Dagegen spielt der jeweilige Elastizitätsmodulus der einzelnen Kapseln bei den einzelnen Individuen eine Rolle.

In dem Augenblick der physiologischen Höchstspannung werden die elastischen Gegenkräfte ausgelöst, eventuell verstärkt durch zusammenziehbare Gebilde, wenn irgendwelche ballistische Wirkungen, wie bei der Samen-, Milch- und Speicheldrüsenentleerung gefordert werden.

Die Histologen lieben es, die elastischen und die kontraktile Fasern scharf voneinander zu trennen. Das hat zu Lehrzwecken seine volle Berechtigung. In der Natur jedoch sind diese Leistungen nicht getrennt, sondern unlöslich verbunden, wie überhaupt sämtliche Funktionen des Lebens. Ja, man möchte — wenn es verschiedene Affinitäten unter den Grundleistungen geben sollte — die Vermutung hegen, daß die Affinitäten zwischen der elastischen, kontraktile und neuropsychischen Funktion besonders eng sind, so daß man beim geweblichen wie gedanklichen Herauspräparieren der einen unweigerlich die anderen mitbeschädigt und dadurch ein verzerrtes Bild vom Ganzen bekommt.

So einfach verläuft die reaktive Entleerung nicht, daß die Zusammenziehungsleistung im ganzen Organ gleichzeitig einsetzte. Dann bekäme man keine Bewegung, sondern ein Festhalten, wie in der geballten Faust.

Gibt es etwas Bewunderungswürdigeres als die, scheinbar so einfache, peristaltische Schraubenbewegung? — Indem sich dabei gleichzeitig die eine Seite eines organischen Ringes zusammenzieht und die andere erweitert — und das alles in wohlgeordnetem Zusammenhang! —, wird der Inhalt behutsam weitergeschoben und zwar ohne viel Kraftaufwendung. Dabei erfolgt gleichzeitig stetes Nachsaugen. Wie viele Befehle wären erforderlich, um unter Menschen Ähnliches zu bewerkstelligen? und wer denkt an die mechanisch leicht verständlichen Folgen der kleinsten Störung in diesem feinen Spiel?

Indem wir Menschen zur Beseitigung von Blutaustritten *oberhalb* der betreffenden Stelle Massage und zwar in Spiraltouren anwenden, ahmen wir das Vorbild der Natur nach: wir schaffen freie Räume, in welche das Blut abfließen kann und halten es für falsch, wenn einer die verletzte Stelle unmittelbar mit Drücken oder Streichen, also mit einer *vis a tergo* angeht.

Die Menschen haben die Spiralpumpe ersonnen, ein um eine wagrechte Welle gewundenes Rohr, welches bei der Umdrehung der Welle mit seinem trichterförmigen Ende abwechselnd Luft und Wasser ansaugt und dieses in ein Steigrohr drückt. Wie plump erscheint diese geistreiche Erfindung neben der lebendigen Strömung!

35. Der Blutgehalt der Organe wechselt mit ihren Leistungen, dementsprechend auch die elastische Spannung der Kapseln.

Einmalige Überdehnungen gleichen sich — wenn auch langsam — wieder aus. Folgen sie sich aber zu häufig, dann tritt das ein, was die Physiker: Hysteresis, Fließen nennen, d. h. dauernder Verlust der elastischen Eigenschaft. Damit fällt ein wesentlicher Faktor der Vorwärtsbewegung fort, die Entleerung des Organs erfolgt nicht mehr mit der erforderlichen Pünktlichkeit, und der Kliniker und pathologische Anatom haben die chronische Blutüberfüllung der Lehrbücher vor sich.

C. A. Wunderlich⁶⁵ hat das bei der Milz physiologisch richtig dargestellt: die erektile Natur des Gefäßgewebes der Milz begünstigt das Eintreten der hyperämischen Schwellungen ungemein. Besonders bei nicht mehr ganz jungen Subjekten, wo die Hülse der Milz schon schlaff geworden ist, vorzüglich aber, wenn sie durch öftere Wiederholungen von Blutüberfüllungen erschlaft ist, tritt die Milzblutüberfüllung durch jeden Umstand ein.

Die klinisch faßbare Blutüberfüllung ist jedoch ein biologisch spätes Stadium, in welchem die Störung der Entleerungsfunktion — vielleicht schon die Störung des Entleerungsreflexes — zu Veränderungen des sog. Parenchyms, der funktionierenden Elemente geführt hat. Diese sind nämlich empfindlicher gegen Schädigungen als das Grundgewebe, das ja seiner ganzen Natur nach auf stete Regeneration eingestellt ist.

Sache der allgemeinen pathologischen Physiologie bzw. der klinischen Analyse des Individuums ist es, diese Dinge im Einzelfalle zu verfolgen. Hier sollte nur das Grundsätzliche angedeutet werden, wie Störungen im reflektorischen Apparat des Tonus das Weiterfließen beeinträchtigen, zu Blutüberfüllungen und dadurch zu „Krankheiten“ führen.

An diesem Punkt mündet diese Untersuchung in den Satz von *Otfried Müller* ein, daß seelische (nicht immer bewußte!) Vorgänge auf dem Weg über das vegetative Nervensystem fördernden wie hemmenden Einfluß auf die Bewegungen der Haargefäße ausüben und daß hier eine der Hauptquellen körperlicher Erkrankungen infolge (neuro-)psychischer Leiden zu suchen ist³¹.

36. Übrigens sind die Capillaren keineswegs die feinsten Saftbahnen. Sie bilden wohl ein sehr feines, aber nicht das letzte Netz der Bahnen. Jenseits des Mikroskops gelegen umspinnt dieses unsichtbar jedes Funktionselement, mag das eine Zelle oder ein Zellterritorium sein.

Nicht darum handelt es sich für den physiologischen Betrieb, ob die Wände der Capillaren irgendwelche treibenden Kräfte besitzen, sondern darum, welche Umstände bzw. Umstandsverknüpfungen die intra- und extracapillären Flüssigkeiten ein- und ausströmen lassen.

Diese Faktoren hat die Baukünstlerin Natur, soweit die normalen Tonusschwankungen der lebendigen Substanz nicht ausreichen, in einer unbegreiflich genialen Ausnützung der Mittel aus den mikroskopischen

Einzelteilchen herausgenommen, in die die Organe durch- und überziehenden elastischen Gebilde der Kapseln, vielleicht sogar in die Kapsel des ganzen Menschen, seine Haut verlegt und über die reine Elastizität hinaus in die energetischen Eigenschaften der den Rumpf einhüllenden und bewegenden quergestreiften Muskulatur.

Wir begegnen da dem gleichen Kunstgriff wie bei den Nemathelminthen, bei denen die Bewegung der Lymphflüssigkeit passiv durch die Fortbewegungen des ganzen Tieres erfolgt ⁴.

Schon *Harvey* hat das gewußt, als er bezüglich der Tiere ohne Herz schrieb: *Pro corde enim toto corpore utuntur et quasi cor hujusmodi animal est.* (Diese Tiere benützen ihren ganzen Körper als Herz, ja das ganze Tier ist sozusagen Herz.) ².

In der Einleitung zu seinen Versuchen über den Kreislauf schrieb *L. Spallanzani* (1729—1799), ein ebenso feiner Kopf wie glänzender Experimentator: *Pare che il naturalista se è anche filosofo, non possa acquietarsi alla contemplazione di una sola macchina vivente, ma che passando d'una in altra ami esplorarne molte, notando con diligenza e veracità i fatti di ciascheduna, analizzandoli, paragonandoli insieme, per quindi ascendere dalla multiplicità de' fatti particolari a pochi risolti generali, mezzo possentissimo per istabilire fondamente le teorie, e per allargare i confini dell'umano sapere.* (Der Naturforscher als Philosoph darf sich nicht an einer einzelnen lebendigen Einrichtung aufhalten. Aus der Beobachtung, Analyse, Vergleichung vieler muß er zu einigen wenigen allgemeinen Gesichtspunkten aufsteigen; denn nur so kann er brauchbare Theorien schaffen und damit das menschliche Wissen erweitern.) ⁶⁸.

Diese Studie macht — vielleicht zu früh — den Versuch, das überreiche Material hochverdienter Einzelforscher synoptisch zusammenzufassen. Jeden einzelnen dankend zu erwähnen, ist unmöglich. Gar viele wirken nach, ohne daß sie in den Büchern aufgeführt würden.

Derartige Versuche sind — oder werden demnächst — ein Bedürfnis in dem Chaos der Tatsachen. Bei der Schwebbeweglichkeit des allgemeinen Denkens können sie nicht sofort wirken; und so ist dieser Aufsatz nach einem Wort des geistreichen *Balzac* ⁶⁹: *moins un effet qu'une cause.* (Weniger eine fertige Lehre, als eine Anregung zum Weiterdenken.)

Schrifttum.

- ¹ *Walther, Ph. Fr.*: Physiologie des Menschen, Bd. 2. Vorrede. Landshut 1808. — ² *Harvey, Guilel.*: *Exercitatio anatomica de cordis et sanguinis motu*, p. 38, 39, 103, 113, 164 u. 185. Rotterdam 1648. — ³ *Müller, Joh.*: Handbuch der Physiologie des Menschen, Bd. 1/1, S. 152 u. 209. 1833. — ⁴ *Bethe, A.*: Vergleichende Physiologie der Blutbewegung. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie,

Bd. VII/1, S. 5—6, 12, 15—46, 49. 1926. — ⁵ *Bier, A.*: Kollateralkreislauf. Virchows Arch. **147**, **153**, 457. — ⁶ *Bichat, Fr. Xav.*: Leçons phys. sur la vie et la mort, 1822, p. 73, 137, 171, 185, 186. — ⁷ *Borelli, G.*: De vi percussiois 1686. cap. XVII, p. 105. — ⁸ *Heidebroek, E.*: Weltbild der Technik. Weltbild der Naturwissenschaften, 1931. S. 120. — ⁹ *Krogh, Aug.*: Anatomy and physiol. of capillaries, p. 115. New Haven 1931. — ¹⁰ *Laewen, A.*: Erschlaffung des Sphincter ani. Münch. med. Wschr. **1921**, Nr 46, 1484; 52. chir. Kongr. Dtsch. Arch. klin. Chir. **152**, 199 (1928). — ¹¹ *Rieder, W. u. E. F. Müller*: Spastische Zustände an den Sphincteren. Dtsch. Z. Chir. **231**, H. 10/12, 744 f., 747 (1931). — ¹² *Le Bon, Gust.*: Opinions et croyances 1928. chap. VI, p. 61 f. — ¹³ Das Nichtbeachten dieser Dinge hat den großen *Joh. Müller* zu der sonderbaren Stellung in seinem Handbuch, Bd. 1, S. 211, veranlaßt. — ¹⁴ *Neumayr-Suess*: Erdgeschichte, 3, Aufl. S. 275 u. 450. 1920. — ¹⁵ *Hellpach, W.*: Die geopsychischen Erscheinungen, 1923. S. 102. — ¹⁶ *Fröhlich, Fr. W.*: Die rhythmische Natur der Lebensvorgänge. Z. allg. Physiol. **13**, 1—48 (1911). — ¹⁷ *Rosenbach, Ott.*: Grundlagen der Lehre vom Kreislauf. Wien. med. Wschr. **1894**, Nr 9, 248. — Ausgewählte Abhandlungen, Bd. 1. S. 240. Ebenso *Rigler, R. u. C. J. Rothberger*: Pharmakologie der Gefäße und des Kreislaufs. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. VII/2 S. 999. 1927. — ¹⁸ Vgl. dazu *Jürgensen, E.*: Vergleichende Mikrocapillar- und Hautsekretionsbeobachtungen. Dtsch. Arch. klin. Med. **172**, H. 3, 244 (1931). — ¹⁹ *Vesalius, Andr.*: De humani corporis fabrica libri VII, p. 595, 596. Basileae 1543. — ²⁰ *Tannenberg, I. u. Fischer-Wasels*: Lokale Kreislaufstörungen. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. VII/2, S. 573, 1525 u. 1611. 1927. — ²¹ *Buttersack, F.*: Mechanische Nebenwirkungen von Atmung und Kreislauf. Berl. klin. Wschr. **1902**, Nr 13. — ²² *Bichat, F. X.*: Anatomie comparée I^e partie, Tome 2, p. 248, 511 u. 535. 1801. — *Walther, Ph. Fr.*: Physiologie des Menschen, Bd. 2, § 434 f. 1808. — ²³ *Wegener, Alfr.*: Wind- und Wasserhosen in Europa. Wissenschaft **60**, 117—130, 278—285 (1917). — ²⁴ *Meinardus, Wilh.*: Der Kreislauf des Wassers. Rektoratsrede. Göttingen 1927, S. 12/13. — ²⁵ *Aristoteles*: Meteorologica lib. I. cap. XI. — *Baglivi*: Tres dissertat. var. argum. Diss. tertia. — ²⁶ *Riolan, Joh.*: (Fil.) opera omnia, 1649. p. 842. — ²⁷ *Fleisch, A.*: Gestalt und Eigenschaften des peripheren Gefäßapparates. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. VII/2, S. 1073. 1927. — ²⁸ *Bayliss, W. M. and E. H. Starling*: The movement and innervat. of the small intestine. J. of Physiol. **24**, 99—143. — ²⁹ *Rosenbach, O.*: Lähmung der einzelnen Faser-gattungen des Nervus laryngeus recurrens. Ausgewählte Abhandlungen, herausgeg. von *W. Guttmann*, Bd. 2, S. 70 f. 1909. — ³⁰ *Brücke, E. Th. v.*: Die Bewegung der Körpersäfte. *Wintersteins* Handbuch der vergleichenden Physiologie, Bd. I/1, S. 871. 1925. — ³¹ *Müller, Otf.*, zusammen mit *Eug. Weiss, Niekau, W. Parrisius*: Die Capillaren der menschlichen Körperoberfläche, 1922. S. 60, 104 u. 176. — ³² *Hering, Ew.*: Zur Theorie der Vorgänge in der lebendigen Substanz. 1888. 5 Reden, 1921, S. 53 f. u. 84 f. — ³³ *Dannemann, Fr.*: Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung, Bd. 2, S. 162. 1921. — ³⁴ *Engelmann, Th. W.*: Das Herz und seine Tätigkeit. Festrede, Kaiser-Wilhelm-Akad., 2. Dez. 1903, S. 43. — *Hoffmann, A.*: Tachykardie und Bradykardie. *Leyden-Klemperer*, Deutsche Klinik am Eingang des XX. Jahrhunderts, Bd. VI/2, S. 166. 1907. — ³⁵ *Oersted, H. C.*: Über die Wetter-säule. *H. C. Schumachers* Jahrbuch für 1838, S. 224—254. — Bibl. universelle Genève **23**, 145—156 (1839). — ³⁶ Sinnsprüche *Omars*, des Zeltmachers, aus dem Persischen von *Fr. Rosen*, 1909. Nr 29. — ³⁷ *Caesalpini*: Quaestionum peripatet. lib. V. quaest. III. — ³⁸ *Hasebroek, K.*: Der extrakardiale Kreislauf. Jena 1914. — ³⁹ *Haußfe, Gg.*: Herz-, Pulsation und Blutbewegung. München 1930. — Weitere Literatur in: Gesetzmäßigkeit des Ablaufs sachgemäßer hydrotherapeutischer Anwendungen. Ärztl. Rdsch. **1932**, Nr 4/5. — ⁴⁰ *Rieder, W.*: Der sog. Kardiospasmus. Dtsch. Z. Chir. **217**, H. 5/6, 341 f. (1929). — Die Sympathicuschirurgie unter Berücksichtigung ihrer Dauerresultate. Chirurg **1**, H. 9, 409 f. (1929). —

- ⁴¹ *Kant-Lexikon* von *Rud. Eisler*, 1930, S. 425. — ⁴² *Griesinger, W.*: Psychische Reflexaktionen. Gesammelte Abhandlungen, Bd. 1, S. 11 f. 1872. — ⁴³ *Malpighi, Marc.*: De viscerum structura exercitatio anat. Amstelod. MDCLXIX. de liene, p. 123. — ⁴⁴ *Ostwald, Wilh.*: Vorlesungen über Naturphilosophie, 1902. S. 271 u. 315. — ⁴⁵ *Tim, Loc. v.* 103^e. — ⁴⁶ *Braun, Heinr.*: Der psychische Ursprung des Lebens, 1931. S. 42. — ⁴⁷ *Gorter, Joh. de.*: Exercitatio med., IV. 1735. praefatio. ⁴⁸ *Rosenbach, O.*: Zur Dynamik des Nervensystems. Berl. Klin. 1896, H. 101. — Ausgewählte Abhandlungen, Bd. 1, S. 193. 1909. — ⁴⁹ Vgl. dazu die Ausführungen von *G. Hauffe*: Herz, Pulsation und Blutbewegung, S. 133 f. München 1930. — ⁵⁰ *Lancisi, Giov. Maria*: De aneurysmatibus (nach dem Tode veröffentlicht). Proposit. 38, 50 u. 54. — ⁵¹ *Baglivi*: Tres dissert. var. argum. diss. prima. — ⁵² *Desault*: Cours théorique et pratique de clinique externe, par J. J. J. Cassius, Tome 1, p. 55. 1803. — ⁵³ *Bamberger, H.*: Krankheiten des Herzens, 1857. S. 326. — ⁵⁴ *Winterstein, H.*: Die physikalisch-chemischen Erscheinungen der Atmung. *Wintersteins* Handbuch der vergleichenden Physiologie, Bd. I/2, S. 235, 236. 1921. ⁵⁵ *Babák, Edward*: Mechanik und Innervation der Atmung. *Wintersteins* Handbuch der vergleichenden Physiologie, Bd. I/2, S. 951. 1921. — ⁵⁶ *Ilias* XVI. 109. — XV. 241. — ⁵⁷ *Platon*: republ. VIII. 568 d. — ⁵⁸ *Romberg, M.*: Nervenkrankheiten, Bd. 1, S. 351. — ⁵⁹ *Trousseau, A.*: Clin. méd., Vol 2, p. 389. 1865. — ⁶⁰ *Henle, J.*: Rationelle Pathologie, Bd. II/2, S. 273 (1853). — ⁶¹ *Hippokrates*: περί νόσων. Littré VII, p. 556. — ⁶² *Jaschke, Rud. Th. v.*: Die weibliche Brust. Biologie des Weibes, Bd. V/1, S. 1287. 1926. — ⁶³ Physiologisch fein bemerkt ist der Satz von *Cicero*: Senectus est natura loquacior (Cato major, de senectute lib., 55). — ⁶⁴ *Bamberger, H.*: Krankheiten des chylopoetischen Systems. *Virchows* Handbuch der speziellen Pathologie und Therapie, Bd. VI/1, S. 665. 1855. — ⁶⁵ *Wunderlich, C. A.*: Handbuch der Pathologie und Therapie, Bd. III/3, S. 304 u. 347. 1856. — ⁶⁶ *Whytt, Rob.*: Sämtliche zur theoretischen Arzneikunst gehörigen Schriften; deutsch von *Lietzau*. 1790, S. 96, 97. — ⁶⁷ *Weiss u. W. Dieter*: Die Strömung in den Capillaren und ihre Beziehung zur Gefäßfunktion. Zbl. Herzkrkh. 12, 295 (1920). — ⁶⁸ *Spallanzani, L.*: De'fenomeni della circolazione, Modena MDCCLXXIII, 2. — ⁶⁹ *Balzac, Honoré de*: Pensées, sujets, fragmens, par Jacques Crepet, 1910. p. 9.