

# Die elastische Funktion in Physiologie und Pathologie.

Von

Generalarzt a. D. Dr. **Buttersack**, Göttingen.

(Eingegangen am 29. März 1927.)

## Inhalt.

- I. Der Luftdruck und der organische elastische Gegendruck (S. 481).
- II. Die organische Elastizität (S. 484).
- III. Hysteresis und ihr Ausgleich; individuelle Verschiedenheiten (S. 488).
- IV. Störungen der elastischen Funktion. Zentrum und Peripherie. Hyper- und Hypotonie. Verknüpfung der Elastizität mit den anderen Grundfunktionen. Verletzbarkeit der elastischen Funktion (S. 492).
- V. Tonusschwankungen und Blutbewegung. Peristaltische Wellen bei Pflanzen und Tieren (S. 500).
- VI. Störungen der Regulationen der elastischen Funktion. Ihre klinischen Auswirkungen. Reizleitungsstörungen, Kongestionen, Organneurosen, gewebliche Veränderungen (S. 505).

### *I. Der Luftdruck und der organische elastische Gegendruck.*

Auf unserem Organismus lastet dauernd der Druck der ganzen Atmosphäre, etwa 1 kg auf jedem qcm, rund 20000 kg auf dem ganzen Menschen.

Dieser Druck, welcher unter normalen Verhältnissen die schweren Beine in die Hüftgelenke hineinpreßt, würde uns zu einer papierdünnen Schicht zusammendrücken, wenn wir ihm nicht den gleichen Druck in unserem Innern entgegensetzen hätten, etwa in der Art, wie *R. Höber* es präzise beschreibt: für gewöhnlich überwiegt der (osmotische) Druck im Innern der Zelle. Wird der Außendruck gesteigert, dann wird der Protoplast (eine Schicht, welche der Cellulosehaut unmittelbar anliegt) von dieser nach einwärts fortgedrängt<sup>1</sup>. Vielleicht spielt dieser Faktor bei der Veränderung des Blutbildes beim Wechsel des Aufenthaltes in verschiedenen Höhenlagen mit.

Wir spüren nichts von diesen Verhältnissen, so wenig, wie von dem Potentialgefälle, welches sich als Ausdruck der unausgesetzten Stoffwechselprozesse ununterbrochen in unserem Organismus abspielt<sup>2</sup>. Der Luftdruck ist somit kein sinnfälliges Wetterelement<sup>3</sup>. Darin liegt der Grund, weshalb wir ihn nicht weiter bewerten, d. h. nicht in den engeren Kreis unseres Bewußtseins ziehen. Aber an seinem tatsächlichen Vorhandensein und seiner Wirksamkeit ändert das nicht das geringste. Man könnte den Luftdruck in seiner unbemerkten Beein-

flussung unseres psycho-psychischen Systems vergleichen etwa mit der Untermalung bei einem Bild oder mit der Tonika bei einem Musikstück.

Die hypnotische Einstellung auf das Herz und den Kreislauf hat es mit sich gebracht, daß die Klinik jeden Druck im Körper auf das zentrale Pumpwerk zurückführte; und so ist unser Schrifttum voll vom „Blutdruck“ und seinen Messungen. Tatsächlich wissen wir aber gar nicht, was wir eigentlich messen<sup>4</sup>; und worauf bei nicht krankhaft veränderten Gefäßwänden der sog. Altershochdruck beruht, ist noch gänzlich unklar<sup>5</sup>. Diesen Bekenntnissen schließt sich gleichsinnig das Urteil von *C. Tigerstedt* an: Der „normale“ Blutdruck weist bedeutende Schwankungen auf; es müssen also irgendwelche andere Nebenumstände dabei mitgewirkt haben<sup>6</sup>. Man mißt also auch unbekannte Nebenumstände. Der „Blutdruck“ gehört somit offenbar zu denjenigen Dingen, von welchen *Cicero* sagte: *multae res in philosophia nequaquam satis explicatae sunt*<sup>7</sup>.

Erinnern wir uns mit *O. Rosenbach*<sup>8</sup>, *Hauffe*<sup>9</sup>, *Hasebroek*<sup>10</sup> u. a. daran, daß der Kreislauf zu einem guten Teil durch die *Saugwirkung* des Herzens unterhalten wird und daß dessen *Pumpwirkung* nur den Energieverlust auszugleichen hat, welchen der Blutstrom unterwegs erlitten hat, dann wird die Messung des „Blutdrucks“ noch problematischer. Gar nicht passen will zu der landläufigen Vorstellung die von *Winterstein* angegebene Tatsache, daß in jedem höheren Organismus hinsichtlich des osmotischen Druckes in den lebenden Zellen ein höherer, im zirkulierenden arteriellen Blut ein niedriger, und zwischen beiden ein Potentialgefälle zu beobachten ist, welches je nach dem Zustand der Arbeit oder der Ruhe der Gewebe und je nach der funktionellen Tätigkeit der verschiedenen Ausscheidungsorgane größer oder kleiner sein kann und erst im Tode gleich 0 wird.

In dem Moment, in welchem wir erkannt haben, daß nicht bloß im arteriellen System ein Druck von 130 mm Hg herrscht, sondern im Gesamtsystem ein solcher von 1 kg auf jeden qcm, werden wir den „Blutdruck“ mit anderen Augen ansehen. Wir werden ihn dann auffassen als das Ergebnis von Atmosphärendruck, osmotischem Innendruck, Gewebstonus, Pumpkraft des Herzens et a mille causis internis et externis<sup>11</sup>, abzüglich der Saugkraft im Kapillar- und Venengebiet. Das was unsere Apparate anzeigen, stellt nicht den absoluten Druck dar, sondern die Schwankungen, welche auf dem niemals vollständig ausgeglichenen aequilibrium zwischen Außen- und Innendruck aufgesetzt sind, ähnlich wie beim Rundfunk die minimalen Schwingungen der einzelnen Töne auf den langen *Hertz*schen Wellen gleichsam dahinterreiten. Praktisch sehen wir von diesen ebenso ab wie vom allgemeinen Atmosphärendruck; und doch bilden beide die Unterlage für unsere Wahrnehmungen.

Auch die verschiedenen Systeme, Meinungen, Richtungen, die einander in Kunst, Wissenschaft, Religion, Philosophie ablösen, sind nichts als die Wellen, welche auf dem Untergrund der jeweiligen Weltanschauungen der Gesamtheit sich kräuselnd dahinhuschen und mit diesen vergehen.

Was den hohen osmotischen Druck im Innern der Zellen und der Gewebe erhält, ist der Stoffwechsel, sind die enzymatischen Prozesse der Dissimilation, Oxydation usw.<sup>2</sup>. Wahrscheinlich hat auch das Knochengerüst die Aufgabe, dem Ganzen einen Halt zu geben. Wie im Jahr 1868 gilt auch heute noch der Satz des *Nouveau dictionnaire de médecine et de chirurgie* (art. Toniques): Il est assez difficile dans les conditions actuelles de la science, de se faire une idée précise de ce que c'est l'état tonique ou la tonicité. Indessen, mögen uns auch die technischen Kunstgriffe der Natur unbekannt sein, mit denen sie den atmosphärischen Druck auffängt: vorhanden müssen sie sein, und zwar nicht bloß im Elefanten und Menschen, sondern auch in jedem Einzeller, nicht zu gedenken der Pflanzen, in welchen ja über dieses Gleichgewicht hinaus noch bemerkenswerte Druckkräfte tätig sind, um die von den Wurzeln aufgenommenen Stoffe haushoch in die Baumkronen zu befördern. Man hat Spannungen von mehr als 300 Atm. gefunden.

Auch beim Menschen muß im Innern ein Überdruck herrschen oder wenigstens hergestellt werden können; man denke an die verschiedenen Indurationen, Erektionen, *ulcus durum* usw. Die Neigung zu Lungenblutungen im Hochgebirge erklärt sich z. T. auf diese Weise. Schließlich sind die *solida*, die einen vielhundertjährigen Krieg mit den *fluidis* um die Herrschaft in der Pathologie geführt haben, nichts anderes, als abgegrenzte *fluida* mit erhöhtem osmotischem Druck; beseitigt man diesen, dann ist es sofort mit der ganzen *Solida-Herrlichkeit* aus.

Sogar der heftigste Tornado, der mit einer Stundengeschwindigkeit von 195 km dahintrast, Häuser abdeckt und Schiffe in die Luft hebt, hat noch keinen Menschen platt gedrückt<sup>12</sup>. Sein Plus an Druckkraft kommt somit nicht in Betracht gegenüber den ausbalancierten inneren und äußeren Druckverhältnissen unseres Körpers.

Wir dürfen mithin wohl festhalten, daß im Innern unseres Organismus ein großer Druck herrscht, und zwar bis in die letzte Zelle hinein. Denn auch nach Beseitigung der schützenden Hülle der Haut — selbst in großer Ausdehnung — hat noch nie jemand die geringste Dellenbildung beobachtet. Dieser Innendruck ist jedoch keineswegs eine für alle Menschen gleiche und konstante Größe, ja nicht einmal für das Individuum läßt sich ein Normaldruck angeben. Er schwankt unaufhörlich hin und her. Das lassen schon die Apparate mit der immerhin

schwerbeweglichen Hg-Säule erkennen; feinere, etwa nach Art des *Hefner-Alteneckschen* Variometers<sup>13</sup> gebaute würden gewiß noch zahlreichere und feinere zeigen. Es verhält sich mit dem Innendruck genau ebenso wie mit allen anderen physiologischen Leistungen, mit der Wärme, dem elektrischen Potential, der Körperhaltung, der Aufmerksamkeit: sie alle schwanken unaufhörlich um einen imaginären Mittelpunkt, ohne daß dieser jemals festgehalten würde. Bezüglich der Assimilierung und Dissimilierung beschrieb *E. Hering* in einer seiner berühmten Reden das Spiel der Exkursionen um einen unter- und mittelwertigen Zustand ganz in dem hier vorgetragenen Sinne und schloß mit der Überzeugung, daß das lebendige Geschehen in seinen wesentlichsten Grundzügen sich überall gleiche<sup>14</sup>. Nur die Unvollkommenheit der uns von der Natur mitgegebenen Aufnahmeapparate ruft den Eindruck gleichmäßigen Beharrens, der Ruhe hervor. *Ambabus viribus contrariis vigentibus quietis apparentia refertur*<sup>15</sup>. Lange bevor *Vaihingers* Werk über die Philosophie des Als-ob erschien, hat der geniale *O. Rosenbach* präzis geschrieben: Die ideale Gleichgewichtslage im ständigen Phasenwechsel des Betriebs, der als dynamisches Gleichgewicht bezeichnet werden muß, ist nur eine Fiktion<sup>16</sup>. Schließlich ist auch unser Ich nichts als der fiktive Mittelpunkt aller der ungezählten, stets sich verschiebenden Lebensprozesse. Wenn *Nietzsche* das Subjekt des Bewußtseins für eine Fiktion erklärte, und wenn *Schelling* im Ich nur ewiges Werden erblickte, so klingen da ähnliche Vorstellungen an.

## II. Die organische Elastizität.

Es verhält sich mit dem Innendruck, wie mit dem elektrischen und Wärme-Potential: unser Organismus ist in ein stets sich änderndes thermisches, barometrisches, elektro-magnetisches Kraftfeld hineingestellt und muß sich als der schwächere Teil diesem anpassen. Ganz ähnlich müssen auch Lehrer, Redner u. dgl. mit ihren Darbietungen den Aufmerksamkeitsschwankungen ihrer Zuhörer folgen, falls sie nicht eine lange refraktäre Phase des Nicht-Zusammengehens erzeugen wollen.

Innerhalb der gewöhnlichen Schwankungen vollzieht sich diese Anpassung automatisch, unterhalb der Schwelle des Bewußtseins, höchstens daß sich der Vorgang in einem mehr oder weniger frischen Befinden bzw. Aussehen verrät. Nach zwei Seiten hin sind Überschreitungen der Anpassungsfähigkeit möglich: der Außendruck kann zu hoch oder zu niedrig werden. Entsprechend unseren früheren Feststellungen, daß unser Innendruck schon normaliter höher ist, als der Außendruck, wird dessen Zunahme zunächst keine sonderlichen Folgen haben. Demgemäß haben die paar Experimentatoren, welche derlei Versuche an sich angestellt haben, keine gleichsinnigen Beobachtungen mitgeteilt; allein wirkungslos sind sie doch nicht gewesen.

Wesentlich wichtiger ist für unsere Betrachtungen die Tatsache, daß die Caisson-Arbeiter, welche die Caissons zu schnell verließen, also ihren auf 3 Atm eingestellten Innendruck unvermittelt entlasteten, allerlei Zerreißen im zartesten Gewebe, Gehirn und Rückenmark aufwiesen. Das ist ein Analogon zu der Beobachtung, daß Tiefseefische, welche gelegentlich an die Oberfläche gelangen, infolge ihres, auf den enormen Wasserdruk am Meeresboden eingestellten Innendruckes zerplatzen, wenn sie nur noch unserem Luftdruck ausgesetzt sind. Weil 10 m Wasser = 1 Atm, so lasten in der mittleren Meerestiefe von 3600 m 360 kg auf jedem qcm. Dabei leben in solchen Tiefen, also unter solchem Druck nicht bloß kleine Tiere, sondern große, welche — wie der japanische Nasenhai (*scapanorrhynchus owstoni*) in der Sagami-bucht und der Walhai (*carcharodon rondeleti*) mit 4 bzw. 12 m Länge — den Menschen an Größe erheblich übertreffen. Ähnlich würde es uns ergehen, wenn wir die jenseits unserer Lufthülle gelegenen Gegenden erreichen könnten. Die Bergkrankheit mag uns einen Vorgeschmack davon geben.

Indessen, das sind brutale, allzumassive Zumutungen, auf welche die lebendige Substanz nicht eingestellt ist, die sie also vernichten, genau so wie ein überhitzter Dampfkessel platzen muß. Den gewöhnlichen Druckschwankungen vermag unser Organismus mühelos zu folgen, wenn sein Anpassungsapparat, die Regulationen in Ordnung sind. Im Denken unserer Zeit ruft das Wort Regulation sofort die Assoziation: Regulationszentren hervor, als ob das gewissermaßen die Generalkommandos oder Oberpräsidien wären, von denen bestimmte Weisungen für jeden einzelnen Fall an die einzelnen Zellen oder Zellterritorien ergingen. Die verschiedenen Zentren für Atmung, Herz-tätigkeit, Temperatur, Vasomotoren usw., welche der Fleiß und der Scharfsinn der experimentellen Physiologen mehr oder weniger wahrscheinlich gemacht haben, legen eine solche Annahme auch für die Innendruckregulierung nahe. In der Tat mag es eine ähnliche Zentralstelle geben. Indessen wichtiger erscheint zunächst die Frage: Welches ist denn das materielle Substrat oder die Funktion, welche den Innendruck herstellt bzw. den Außendruck auffängt und trägt? Daß das ganze Gewebe dabei beteiligt ist, haben wir bereits gesehen. Aber kraft welcher Funktion ist das Gewebe dazu imstande?

Nun, diejenige Eigenschaft, welche einen Körper befähigt, sich äußeren Einwirkungen anzupassen und nach deren Aufhören wieder in die ursprüngliche Verfassung zurückzukehren, nennen wir Elastizität. Weil es keine absolute Ruhe in der lebendigen Substanz gibt, sondern immer nur ein Schwanken um einen idealen Mittelpunkt, so haben wir elastische Vorgänge bei sämtlichen Lebensprozessen, mag es sich um thermische, elektrische, assimilatorisch-dissimilatorische Vorgänge

handeln. L'organisme possède donc le pouvoir de ramener à un niveau constant ou normal les actes chimiques quand ils ont été influencés momentanément par des causes perturbatrices extérieures ou intérieures<sup>17</sup>. Auch die psychischen Prozesse machen da keine Ausnahme; denn wehe dem Menschen, den ein seelischer Insult so sehr aus dem Gleichgewicht bringt, daß dieses dauernd gestört bleibt, d. h. daß die psychische Elastizitätsgrenze ein für allemal unheilbar überschritten wird! Die Überleitung von der physischen zur psychischen Elastizität stellte *Newton* durch den „Äther“ her: spiritum subtilissimum et summe elasticum, atque proinde vibrationibus recipiendis et communicandis aptissimum (der Äther ist das feinste und am meisten elastische Medium, welches ebendeswegen am geeignetsten ist, um Vibrationen, Schwingungen aufzunehmen bzw. weiterzuleiten)<sup>18</sup>.

Der Sprachgebrauch freilich hat den Begriff der Elastizität auf das Gebiet der Mechanik eingengt und bezeichnet damit die Nachgiebigkeit eines Körpers und sein Zurückkehren in die vorige Form. Unsere Umwelt ist in steter Bewegung und Veränderung. Ihr müssen wir uns anpassen, und zu diesem Zweck hat die Konstruktionskünstlerin Natur die lebendige Substanz mit der erforderlichen Elastizität ausgerüstet.

Es ist merkwürdig, daß die Physik einer Erscheinung, an welchem sich ein *Euler*, *Bernoulli*, *Lagrange* versuchten, lange Zeit verhältnismäßig wenig Beachtung geschenkt hat. Heute ist das anders geworden. Da spielt die Elastizität in der Wissenschaft und namentlich in der Technik eine große Rolle, in auffallendem Gegensatz zu der Biologie, die es doch auch mit technischen Fragen zu tun hat. Und doch läßt jeder lebende Körper einen Tonus erkennen, und schon die Jatrophysiker, wie *Baglivi* (1669—1707), hatten dessen Bedeutung, wenn nicht klar erkannt, so doch geahnt, wenn sie schrieben: *Strictum et laxum in fluidis aequae ac solidis viget et morborum vera causa est* (Die Spannkraft ist eine Lebenseigenschaft der festen und der flüssigen Teile; in ihr liegt die wahre Ursache der Krankheiten); oder: *In quolibet corpore resistentia praecipue exoritur a structura minimorum componentium, quae quo solidiora, eo resistentia major. Aër ipse a suis minimis habet suam resistentiam. Haud aliter vis resistentiae et contractionis sive reverberationis (zurückschnellen) cujusdam peculiaris in fibra a minimis solidis et tenacibus eam componentibus nascitur; qui sunt veluti totidem vectes (Hebel) minimi, uniti et multiplicati immensarum virium capaces*.<sup>19</sup> (Der elastische Widerstand eines jeden Körpers hängt von der Struktur seiner kleinsten Teile ab: er ist umso größer, je fester diese sind. Selbst bei der Luft verhält es sich so. Desgleichen hängt die Anpassung und die elastische Rückkehr jedes Einzelteils von seinen feinsten, festen und zähen Teilchen ab. Diese sind

gewissermaßen Miniaturhebel, die aber in ihrem Zusammenwirken eine erstaunliche Potenzierung der Kräfte bewirken).

Je nachhaltiger die *Hallersche* Irritabilitätslehre mit ihrer Einstellung auf die Kontraktilität die Gemüter beherrschte, umso weniger Platz blieb für die Elastizität. Das war ein notorischer Rückschritt gegen früher. Denn *Fr. Gottl. Keßler*, ein Schüler von *Friedr. Hoffmann*, hatte 1735 die Bedeutung der Elastizität bereits klar erkannt: cum per tonum fibrarum earundem vis resistendi externae extensioni compressionique intelligatur, ejusmodi autem vis resistendi quae in genere elasticitas dicitur, adeoque fibrarum tonus sub elasticitatis genere contineatur (Unter Tonus versteht man die Fähigkeit eines Gewebes, der Dehnung und dem Druck zu widerstehen. Das nennt man gemeinhin Elastizität; und so gehört der Tonus in das allgemeine Kapitel der Elastizität)<sup>20</sup>.

Man könnte ein Wort von *L. Testut* auf die Elastizität übertragen: elle n'a pas été délaissée par la nature, mais plutôt peut-être par les anatomistes<sup>21</sup>). So blieb auch mein Versuch, die Elastizität als eine Grundfunktion des Lebens an die ihr gebührende Stelle zu rücken<sup>22</sup>, ohne großen Widerhall bzw. er befruchtete nur auf unterbewußten Wegen die Gedankengänge des einen oder anderen. Erst neuerdings haben *H. Schade* und seine Schüler das Problem wieder aufgegriffen. Allein auch ihren wichtigen Funden hat die vorwiegend chemisch eingestellte Klinik noch keineswegs die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt. *Schades* Elastometer ist im Prinzip einfach genug: er beobachtet das Einsinken eines Gewichts in die Haut und dann das raschere oder langsamere Ausgleichen der dabei entstandenen Delle. Aber — und das verdient unsere besondere Beachtung — diese Messung bezieht sich nicht auf ein isoliertes Organ oder Gewebe, sondern auf die *gesamten* Weichteile einschließlich der darin enthaltenen Blut- und Saftbahnen. *Schade* hebt mit Recht hervor, daß diese Gesamtmasse beim Gesunden stets „vollkommene Elastizität“ aufweist<sup>23</sup>. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß auch beim Riva-Rocci der Tonus, die Elastizität sämtlicher Gewebs-teile mitgemessen wird. Was ist schließlich Blutdruck? — doch nur der Ausdruck der Widerstände in den Gefäßen und in den Geweben [*Bier*<sup>24</sup>]. Wer da wähnt, auf diese Weise den „Blutdruck“ allein messen und daraus Schlüsse ziehen zu können, erinnert an das Epigramm von *Grillparzer*:

Der Fehler der Deutschen ist immer gewesen,  
So rühmlich man sie sonst auch nennt,  
Daß sie versuchen da zu lesen,  
Wo man noch kaum den Buchstaben kennt.

Man darf auch nicht übersehen, daß der „Druck“ keineswegs allenthalben gleich ist, sondern nach Versuchen von *Volkmann* und *Tigstedt* in carotis und cruralis verschieden sein kann [*Hasebroek*<sup>24</sup>].

Die Verwirrung steigert sich, wenn man mit *A. Durig* u. a. Hochdruck Hypertonie, Hypertension, Spasmus, Hyperkinese fein säuberlich von einander scheidet<sup>25</sup>.

Ein kühler Beobachter und Beurteiler wie *K. F. Wenckebach* schreibt deshalb unmißverständlich: Die Kraft und Leistungsfähigkeit des Herzens auf Grund von Blutdruckschwankungen in Zahlen auszudrücken, halte ich für verfehlt. Allzusehr wird der Blutdruck beherrscht von nicht-kardialen Faktoren. Wo Körperbau, Übungsgrad, Lebensweise, Atemmechanismus, Tonus von Arterien und Venen, der psychische Zustand und die Stimmung so sehr mitspielen und für uns unberechenbar sind, verlieren Zahlen ihren Wert<sup>26</sup>.

(Man erinnere sich an *Rob. Mayers* Ausspruch: In der Physik ist die Zahl alles, in der Physiologie wenig, in der Metaphysik nichts<sup>27</sup>.)

Und die Auffassung des nicht minder angesehenen *Otfried Müller* geht dahin, bei jugendlichen Störungen an Herz und Gefäßen eine konstitutionelle Minderwertigkeit angeborener und ererbter Art anzunehmen, die nicht allein an den Kreislauforganen in die Erscheinung tritt, sondern die ganze, somatische und psychische Persönlichkeit betrifft<sup>28</sup>.

Die Flut der Veröffentlichungen über Blutdruck ist dem unbeteiligten Zuschauer ein Beweis, daß dieser Fragenkomplex noch weit von seiner Klärung entfernt ist.

### *III. Hysteresis und ihr Ausgleich; individuelle Verschiedenheiten.*

Daß unsere Gewebe im normalen Zustand den verschiedenen Einwirkungen angepaßt, also vollkommen elastisch sind, und zwar dauernd während des ganzen Lebens, sollte eigentlich keiner besonderen Erwähnung bedürfen. Es muß aber doch geschehen im Hinblick auf die Aschenbrödelrolle, welche die Elastizität in der Biologie spielt. Für den Arzt, der es mit Gesundheitsstörungen zu tun hat, beginnt das Interesse erst beim Nachlassen der Elastizität; und dann denkt er zu meist nicht daran, von welcher Grundfunktion diese Störungen bedingt sind.

Hören wir zunächst die Physiker, so erfahren wir, daß eine in Anspruch genommene Elastizität sich z. T. sofort, z. T. langsam, z. T. gar nicht mehr ausgleicht. Diese beiden letzteren Formen faßt man unter dem Namen Hysteresis zusammen, ein Begriff, welcher auch aus elektromagnetischen Beobachtungen wohl bekannt ist: hier wie dort haben wir eine allmählich verschwindende Nachfederung (elastic afterstrain) und einen dauernden Rückstand, Deformationsrest, bleibende Formänderung (permanent set).

Bei zunehmender Dehnung tritt das „Fließen“ ein, d. h. eine un stetige Spannungszunahme mit bleibender Formänderung, welche



schließlich zum Reißen führt. Je nach dem Verhältnis zwischen Kraft und Elastizität tritt die Formänderung (= Plastizität) früher oder später auf<sup>29</sup>.

Diese allgemeinen Gesetze gelten natürlich auch für die biologische Elastizität. Wenn diese dauernd erhalten bleibt, so heißt das: die Hysteresis-Erscheinungen sind immer wieder ausgeglichen worden; daher die Wichtigkeit des Schlafes als Gelegenheit zur Reparatur!

Betrachtet man mit *Schade* und *Hoerber* die Elastizität als eine Funktion des Kolloidzustandes unserer lebendigen Substanz, dann reiht sie sich zwanglos in die Gruppe der Stoffwechsellerscheinungen, d. h. der Abbau- und Aufbauprozesse ein, und wir begreifen sofort, daß die Elastizitätsverhältnisse bei jedem einzelnen ebenso verschieden sind wie seine ganze Konstitution. Solche Überlegungen mögen *R. Schmidt* auf dem 35. Kongreß für innere Medizin 1923 zu der Bemerkung veranlaßt haben: Beim Hochdruck spielen konstitutionelle Faktoren eine bedeutsame, noch lange nicht gewürdigte Rolle. In diesem Rahmen stoßen wir sehr häufig auf Hyperglykämie, Glykosurie, Diabetes, Gicht, Steinbildung, Heberdenknoten, Adipositas, Xanthelasma, Klimakterium, Polycythämie. Es trifft mithin für die Elastizität das zu, was *A. Josefson* bezüglich der inneren Sekretion sagt: Jeder Mensch ist ein Organismus für sich, und die Einteilung der Menschen in verschiedene Gruppen und Typen wird stets willkürlich bleiben. Biologisch sind sie immer streng individuell<sup>30</sup>.

Die Elastizitätsverhältnisse bei Kindern sind noch nicht genügend erforscht; festgestellt ist aber, daß arteriosklerotische Symptome, also Schädigungen der Elastizitätsverhältnisse, bei manchen bereits in den 30er und 40er Jahren einsetzen, bei anderen dagegen mit 60 und 70 Jahren noch nicht. Höchst beachtenswert ist in diesem Zusammenhang der Hinweis von *Lancereaux*, daß die Arteriosklerose sich um so schneller entwickelt, je früher sie auftritt, je minderwertiger die ererbte Konstitution ist<sup>31</sup>. Dementsprechend ist auch die Empfindlichkeit gegen Luftdruck individuell höchst verschieden: der eine erträgt Höhenlagen von 9600 m spielend, während andere schon bei 3600 m Atmungsbeschwerden spüren<sup>32</sup>. Auch Umstände, welche noch ganz in die physiologische Breite fallen, wie Nahrungsaufnahme, Muskelarbeit, Tageszeit, psychische Vorgänge machen sich vorübergehend geltend: so schwanken bei Erwachsenen die Blutdruckwerte von 90 mm im Schlaf bis 160 und 180 mm Hg unter Tags<sup>25</sup>.

Als vitale Funktion kann auch die Elastizität geübt werden: nach anfänglichem Mißbehagen gewöhnt man sich allmählich an größere Höhen bzw. an den verminderten Druck.

Je feiner das Spiel der Moleküle im lebendigen Eiweißkolloid, um so feiner wird es auf Druckänderungen antworten. Man kann sich

unschwer vorstellen, daß manche Organisationen den Barometerdruck bei NN als zu schwer empfinden und sich in wohlhabend gestuften Höhenlagen wohler fühlen. Natürlich ist das Wohlbefinden hier nur der Ausdruck der auf einander abgepaßten Druck- und Elastizitätsverhältnisse, kann also nicht mit ins Tiefland genommen werden. Dort beginnt zur allgemeinen Überraschung sofort wieder das alte Leiden. Beispiele von Orten und Patienten wird jeder Praktiker kennen.

In entsprechender Weise fühlen sich empfindliche Persönlichkeiten nur in einer bestimmten psychischen Atmosphäre wohl und versagen sofort unter anderen Bedingungen, z. B. sobald sie aus dem behütenden Elternhaus oder Heilanstalt in die brutale Wirklichkeit hinausgestellt werden. — Also nicht der Luftdruck usw. ist das Wesentliche, sondern die kolloidale Konfiguration, das Spiel der Elastizität.

Indessen, die Ähnlichkeiten gehen noch weiter. Der Physiker sagt uns: die Hysteresis-Erscheinungen haben alle das gemein, daß der Zustand des betr. Körpers in jedem Augenblick von seinen früheren Zuständen sowohl, wie von den äußeren Bedingungen, die gerade obwalten, abhängig ist. Hysteresis schließt stets Irreversibilität ein<sup>29</sup>. Wir Biologen erinnern uns dabei nicht ohne Erstaunen an diesen Satz des genialen *Henle*: Bei der Beurteilung des Verhaltens gegen den letzten Reiz ist nicht zu vergessen, daß die Reaktion nicht bloß diesem, sondern auch den vorausgegangenen und nebenhergehenden Reizen zu entsprechen hat<sup>33</sup>. Die Schädlichkeit, welcher der Körper lang oder wiederholt ausgesetzt gewesen ist und welche vielleicht erst nach Jahren die bestimmte Krankheit hervorruft, verändert denselben doch schon vom ersten Augenblick an. Das Ergebnis der *Summe* aller Veränderungen ist eine Krankheit. Aber das Resultat der ersten Veränderung ist auch schon Krankheit, eine Entwicklungsstufe der folgenden<sup>34</sup>.

Schließlich sei für diejenigen, die in größeren sozialen Organisationen zu denken vermögen, diese gleichsinnige Bemerkung von *K. Lamprecht* erwähnt: Wie aber, wenn die Breite des gesunden, ruhigen Gefühlslebens, die normale Gefühlslage, in welche alle unsere Affekte immer wieder ausklingen sollen, wenn dieser Zustand der *Aequitas animi* überhaupt nicht mehr erreicht wird? wenn, ehe sie eintritt, schon wieder andere Affekte einsetzen, sich drängen, stoßen, ablösen, ohne doch alsbald wieder spurlos zu verschwinden? — Dann kommt es zu einem jagenden Durcheinander der Gefühlskontraste, zu einer Hetze der Empfindungen, und das Ergebnis ist ein belastendes Bewußtsein der eigenen Kapriziosität, ist Unlust- und Spannungs- und Erregungsgefühl zugleich — ist Nervosität<sup>35</sup>. — Kein Psychiater könnte das anschaulicher schildern!

Es gehört nicht viel Phantasie dazu, um das *Tertium comparationis* zwischen unseren beiden Zeitkrankheiten: Nervosität und Sklerose

herauszufinden. Das treffende Wort von *G. Klemperer*: Abhetzungs-krankheit<sup>36</sup> schlägt die Brücke. Die arteriosklerotischen Gefäße in schlecht ausgenommenen Leichen aus der Pharaonenzeit zeigen an, daß sich das Leben damals ebenso abgespielt hat, wie bei uns<sup>37</sup>.

Für uns geht aus alledem soviel hervor, daß der Schaden einer jeden elastischen Inanspruchnahme unverzüglich beseitigt werden muß und glücklicherweise unter normalen Verhältnissen tatsächlich auch beseitigt wird. Wie groß diese Leistung etwa ist, kann man daraus ermessen, daß die Energie des unbeachtet bleibenden Teiles des Straßenlärms, der an das Ohr des Großstädtlers ununterbrochen heranprallt, in 24 Stunden = 400 Erg beträgt; 1 Erg ist die Kraft, welche 1 g in 1 Sekunde 1 cm weit fortbewegt. In diesem Maße wird also unser psycho-physischer Apparat bloß durch *unbeachtete* Reize erschüttert und verbraucht! Erfolgt nicht sofortige Reparatur, so entsteht durch Häufung von minimalen Schädigungen Krankheit.

Möglicherweise spielt dabei die Änderung der Wasserstoff-Ionenkonzentration — und zwar ihre Verschiebung nach der sauren Seite hin — eine Rolle. So ist die durch Tätigkeit gesäuerte Herzmuskelfaser brüchiger als die normale dehnbare und elastische<sup>38</sup>. Die Vermutung erscheint gerechtfertigt, daß auch bei alternden Geweben derartige Verschiebungen sich einstellen, oder umgekehrt: daß das Altern, wenigstens zum Teil, auf Säuerung der Gewebe beruht. Die Erinnerung an *Franz Deleboe Sylvius* (1614—1672) und seine sauren und alkalischen Schärfen (*Acrimonia acida et lixiviosa*) taucht wieder auf.

Also, die Hysteresis muß unverzüglich beseitigt werden. Mit vollem Rechte definierte deshalb *Littre* den Tonus als la faculté d'activer par des degrés insensibles la rénovation moléculaire nutritive des divers systèmes de l'économie animale, et par suite d'augmenter leur force d'une manière durable<sup>39</sup>. Die besten Bedingungen gewährt, wie bereits erwähnt, der Schlaf<sup>40</sup>: wie schon *Homer* physiologisch ganz richtig sagte: ἕπνος λύων μελεδήματα\* θυμοῦ. (Il. 23. 62.)

Opfert man diesen den üblichen problematischen Vergnügungen, dann tritt ein, was schon *John Brown* (1735—1788) präzise erkannt hatte: Postquam certum modum superavit (stimulus), irreparabilis demum evadit<sup>41</sup>.

Es ist klar: je feiner die elastische Regeneration eingestellt ist, um so vollkommener wird und muß die jeweilige restitutio in integrum erfolgen. Aber andererseits liegt in der großen, durch Fermente und hohe Temperatur bedingten Reaktionsgeschwindigkeit der Protoplasmakomponenten bei den höchstdifferenzierten Tieren zwar der unendlich große Vorteil der raschen Reaktionsfähigkeit, aber auch die

\* μελεδήματα = Sorgen.

Gefahr, leichter aus dem Gleichgewicht zu kommen, als Systeme mit träger reagierenden Komponenten<sup>1</sup>.

Ohne weiteres wird jeder erkennen, daß dabei konstitutionelle Einflüsse von ausschlaggebender Bedeutung sind, wie ja auch die verschiedenen pflanzlichen Gummisorten ganz verschiedene Elastizitätsqualitäten aufweisen. Wer kennt sie nicht, diese erblich belasteten, jugendlichen Individuen, diese gefäßnervösen, schwächlichen, leicht erregbaren Leute! Mehr als bei anderen Menschen werden bei ihnen die Gefäße mit Tonusschwankungen belastet<sup>42</sup>. Wundervoll hat *B. Stiller* in seinem klassischen Buch über die asthenische Konstitutionskrankheit (1907) diese Vertreter der ersten Degenerationsstadien gezeichnet. Kein Wunder, wenn die Natur den Defekt an Elastizität durch Gewebsverdickungen ersetzt, um wenigstens der Gefahr des Reißens vorzubeugen.

Die Forscher, welche nur in anatomischen Veränderungen zu denken gewöhnt sind, haben dafür das Wort Praesklerose geprägt; physiologisch richtig müßte man von postelastischen Ersatzleistungen sprechen. Denn nicht das pathologische Endprodukt, sondern dessen Ursache, die insuffiziente Elastizität, ist die Hauptsache dabei. Nous sommes habitués à prendre les résultats ultimes pour critérium un peu trop exclusif. Le terme intermédiaire reste le terrain commun où germent et se développent les semences les plus variées<sup>43</sup>; d. h. man darf nicht die schließlichen Ergebnisse als Kriterium betrachten, sondern muß bedenken, daß auf einem einmal veränderten Gewebe sich die verschiedenartigsten Krankheitsbilder entwickeln können. Ja, man ist versucht, die pathologisch-anatomischen Bilder für verhältnismäßig nebensächlich zu halten. Schon *O. Rosenbach* hat das mit aller Deutlichkeit formuliert: Nicht die sichtbare Läsion ist die Ursache der Störung (der Zirkulation). Die manifeste Gewebsveränderung zeigt vielmehr, daß bereits längst eine Insuffizienz der Arbeitsleistung an wichtigen Stellen vorliegt. Die ersten klinischen Erscheinungen können bereits zu einer Zeit ausgesprochen sein, in der sicher noch keine nachweisbaren Veränderungen vorliegen. Sogar höchst manifesten klinischen Erscheinungen von stärkster funktioneller Insuffizienz des Kreislaufapparates entsprechen oft genug durchaus keine starken Veränderungen an der Gefäßwand<sup>44</sup>.

#### *IV. Störungen der elastischen Funktion. Zentrum und Peripherie. Hyper- und Hypotonie. Verknüpfung der Elastizität mit den anderen Grundfunktionen. Verletzbarkeit der elastischen Funktion.*

Die bisherigen Überlegungen haben versucht, die Elastizität in die Reihe der anerkannten Grundfunktionen des Lebens einzufügen, neben Reizempfindlichkeit, Kontraktilität, Wärmeproduktion, Stoff-

wechsel, Sekretion u. dgl. Schon vor 200 Jahren hatte *Fr. G. Keßler* das erkannt: eam vim seu facultatem, qua corpora in priorem dimensionis naturalis statum se restituunt, facultatem corporum internam ac propriam esse dicimus; et haec est ea ipsa, quam vocamus elasticitatem<sup>20</sup>. Besser als mit *Facultas interna ac propria* kann man: Grundfunktion kaum übersetzen.

Wie die übrigen Grundfunktionen, so kann auch die Elastizität bzw. der Elastizitätskoeffizient nach einem Zuviel oder Zuwenig, nach der Plus- oder Minus-Seite im Sinne von *H. Much*<sup>45</sup> entgleisen.

Es mag dem subjektiven Dafürhalten überlassen bleiben, ob man die Ursache einer solchen Entgleisung zentral oder peripher angreifen lassen will. Der ersteren Auffassung schwebt das Bild des Kraftwagens oder des Dampfschiffes vor, wo der Steuermann von einer kleinen Stelle aus das Ganze lenkt. Physiologisch richtiger ist wohl das Verhältnis von Reiter zu Pferd: Der Reiter gibt nur das Ziel an, überläßt es aber dem Pferd, sich mit den einzelnen Hindernissen selbständig abzufinden. Wer reiten kann, weiß, wie eng schließlich die Symbiose zwischen Mensch und Tier werden kann, so daß ein leichter Schenkeldruck, eine kaum bewußte Gewichtsverlagerung die gewünschte Richtung oder Gangart herbeiführt.

Der Unterschied zwischen zentral und peripher fällt weg für denjenigen, der die Einheit des ganzen Organismus plastisch erkannt hat. Das strenge Hervorkehren dieses Gegensatzes verrät das schülerhafte, registraturmäßige Denken, welches didaktischen oder bürokratischen Rücksichten zuliebe organische Einheiten unbedenklich auseinanderreißt, etwa im Sinne des persischen Spruchs des *Moslicheddin Sadi*:

Wer sich an Formen hält allein,  
Verwechselt Wesenheit und Schein.

Manchen Verwaltungs- oder Ordenskreisen mag es als Idealzustand erscheinen, wenn die einzelnen Mitglieder der Gesellschaft nichts als willenlose Organe in der Hand der oberen Instanzen sind. Im Bundesstaat des Organismus ist dieses Ideal jedoch keineswegs verkörpert. Da kommen *jedem* einzelnen Bestandteil nervös-psychische Eigenschaften, Bedürfnisse und Rechte zu, und wer das vegetative Nervensystem restlos herauspräparieren wollte, müßte mit seinem Skalpell bis in die Zellen eindringen und deren nervös-psychischen Konstituenten als letzte Glieder des Systems aufsuchen. Man muß sich eben immer vor Augen halten, daß keineswegs bestimmte Befehle auf bestimmten Leitungen von bestimmten Stellen des Zentrums zu bestimmten Stellen der Peripherie laufen; das erinnert verdächtig an die alte Einschachtelungstheorie. Jede Erscheinung, jede Leistung ist vielmehr das Ergebnis aus einer unübersehbaren Menge von durcheinanderlaufenden Faktoren und Momenten — z. T. außerhalb, z. T. innerhalb des Körpers —, welche

unterwegs bald so, bald anders verknotet sind und in eben diesen Verknotungen allerlei Zwischeninstanzen bilden. Die so oft sich widersprechenden Ergebnisse der feineren Experimentalphysiologie klären sich auf diese Weise auf.

So hatte in den Versuchen von *E. Weber*<sup>47</sup> Sympathicusreizung am Gehirn in  $\frac{1}{4}$  der Fälle überhaupt keine Volumsänderung zur Folge, in den  $\frac{3}{4}$  der „positiven Fälle“ wurde ebensogut Volumzunahme wie -Abnahme beobachtet.

Zentrum und Peripherie sind nicht zwei verschiedene oder gar entgegengesetzte Dinge, sondern zwei Seiten des nämlichen Dings, die in steter Wechselwirkung den Betrieb aufrecht erhalten. Genau ebenso hat das *Friedrich der Große* für die größeren Verhältnisse im Staatsorganismus ausgedrückt: *Le souverain et ses peuples ne forment qu'un corps qui ne peut être heureux qu'autant la concorde les unit*<sup>46</sup>.

So bringt die Durchschneidung des Sympathicus den Tonus zunächst in Unordnung durch Wegfall der gewohnten, sog. zentralen Reize<sup>47</sup>; nach einiger Zeit stellt er sich jedoch wieder „von selbst“ her, durch die periphere Autonomie. Anschaulich sagt *Luton*: *Les nerfs ne font qu'apporter une incitation nécessaire à la mise en jeu d'un mécanisme tout préparé*. Nur ist dieser *Mécanisme tout préparé* kein Uhrwerk, das einmal in Gang gesetzt, rücksichtslos abläuft, sondern ein denkendes Gebilde, das sich den Lagen anpaßt. Die Dinge liegen da ähnlich wie bei der Atmung: wir wissen alle, daß *jede* Zelle atmet, ihrem ganzen Wesen nach selbständig atmen muß. Das hindert uns aber nicht, ein Atemzentrum im verlängerten Mark anzuerkennen mit einer — zwar nicht atmenden, aber die Gesamtatmung regelnden Tätigkeit.

Wer trotzdem die Hyper- bzw. die Hypotonie vom Zentrum aus bewirkt werden lassen will, kann evtl. hinweisen auf Fälle von bulbär bedingtem Hochdruck (*Pahl*), oder auf die Erhöhung des Drucks bei Hemiplegikern auf der gelähmten Seite, bzw. ihre einseitig veränderte Reaktionsbereitschaft auf Coffeineinspritzungen<sup>48</sup>. Er könnte hinweisen auf die Hypotonie bei Kollapsen, Erschöpfungszuständen, Basedow und ganz besonders auf das psychische Moment, welches die akuten Schwankungen nach oben und unten hervorruft. Schon vor dem Krieg war die blutdruckerhöhende Wirkung von Gemütsbewegungen bekannt; während des Kriegs wurden diesbezügliche Zahlen in großer Menge gewonnen, z. B. von *Fürbringer*<sup>49</sup>. Am lehrreichsten sind vielleicht die Mitteilungen von *Stahl-Rostock*: dieser fand bei der Untersuchung von 500 Soldaten 1917 eine Drucksteigerung auf 160—190 mm Hg bei 30%, auf 200 mm und darüber bei 5%. Im allgemeinen stieg der Druck entsprechend der im Feld zugebrachten Zeit<sup>50</sup>.

Ganz entsprechende Zahlen hat später *C. Tigerstedt* 1925/26 in dem vom Krieg nicht berührten Schweden erhalten<sup>6</sup>.

Andererseits ist keineswegs bei allen Vorgängen, welche mit Steigerung des Cerebrospinaldrucks einhergehen, Hypertension anzutreffen; und doch könnte man bei Meningitis, Hirntumoren, Encephalitis und dgl.<sup>48</sup> eine Reizung des in der Nähe des Vasomotorenzentrums vermuteten Tonuszentrums füglich erwarten. Insbesondere *v. Economo* macht darauf aufmerksam, daß bei zahlreichen Fällen von Encephalitis weder eine Tonus-, noch eine Sensibilitätsstörung nachweisbar sei, daß mithin ein etwaiges Tonuszentrum im Thalamus höchstens eine Rolle zweiten Ranges spielen könne<sup>51</sup>.

Auch die Druckerhöhung bei Verwundeten, Operierten, innerlich Erkrankten auf der betr. Seite (*Cyriax*) deutet mehr auf periphere Störungen hin. In der neuerdings von *Asher* aufgestellten Lehre von der „Stimmung der Gewebe“, wonach Elektrolytverschiebungen die Einwirkung der vegetativen Nerven, der inneren Sekrete und etwaiger Fremdkörper regeln<sup>52</sup>, kommt deutlich eine periphere Auffassung zum Ausdruck.

Die Hypertonie steht so sehr im Mittelpunkt der allgemeinen Beachtung, daß die Hypotonie nur wenig beachtet wird. Um so dankenswerter ist es deshalb, daß *P. Martini* und *Al. Pierach* darauf aufmerksam machen, daß diese häufiger vorkommt, als man gemeinhin annimmt. Unter 9000 Kranken fanden sie — außer bei Addison, Herzinsuffizienz, Ikterus, schweren Anämien, fieberhaften Erkrankungen — 220 Hypotoniker, davon 42% bei Magendarmleiden, 23% bei funktionellen Neurosen<sup>53</sup>. Man begeht wohl keinen Fehler, wenn man deren Zahl erheblich größer annimmt. Denn bei derlei Persönlichkeiten mit ihrem labilen vegetativen Nervensystem genügt zumeist die mit der Blutdruckmessung verknüpfte psychische Erregung, um das Ergebnis vorübergehend in die normale Blutdruckbreite hinaufzudrücken. Dementsprechend sagt auch *Volhard*<sup>50</sup>, ein Druck von 120—130 mm Hg könne je nach den Umständen pathologisch sein bei einem Kranken mit einem Normaldruck von 90 mm, ähnlich wie bei dem bradykardischen *Napoleon I.* eine Pulsfrequenz von 75 Fieber bedeutete. Leute mit Schwindel, Herzdruck, Zwang zum Tiefatmen — diese Symptome geben *Martini* und *Pierach* für Hypotonie an — laufen wahrlich genug herum. Setzt man statt Hypotonie die Worte: Kreislaufstörung oder Herzschwäche ein, so finden wir bei *G. Wedemeyer* als Ursachen angegeben: allgemeine Schwäche, langer Hunger, Blutverluste<sup>54</sup>, und bei *Bamberger*: schwere Typhen, Pyämien, Puerperalfieber, Cholämie, akute Exantheme, Skorbut, Diphtherie, Gelbfieber, Chlorose, Anämien, Hydropsien, Intermitens, chronische Metallvergiftungen, schwere Leberkrankheiten<sup>55</sup>: das alles reiht sich zwanglos an dem Faden der beeinträchtigten Elastizität auf.

Überblicken wir diese bunte Zusammenstellung und fügen wir noch die Hypotonie bei Addison, bei *Weilscher* Krankheit, bei Kampfgasvergiftungen<sup>56</sup>, bei Moribunden, bei Enteroptose<sup>57</sup> hinzu, sowie die merkwürdige Abnahme der Mittelzahlen des Blutdrucks seit dem Ende des Weltkriegs (105 mm gegen früher 120 mm Hg): dann verzichten wir auf alle Theorien von Glomerulonephritis, *N*-Retention, Hydrämie, Hyperadrenalinämie, Gefäßkrampf, Querschnittsverengung usw. und erblicken die nächste, mechanisch begreifliche, gemeinsame Ursache für alle Änderungen des „Blutdrucks“ in einer Läsion der elastischen Qualitäten des Gesamtsystems, mag auch deren Anfang über die sicht- und meßbaren Vorgänge hinaus oder vielmehr hinter ihnen liegen<sup>58</sup>.

Zu retten wäre der Blutdruck allenfalls, wenn man mit dem begeisterten Injektionskünstler *Friedrich Ruysch* (1638—1731) totum corpus ex vasculis bestehen ließe. Allein das ist nun einmal nicht der Fall; und so werden wir um so leichter vom Gefäßsystem als Sedes morbi der „Arteriosklerose“ abrücken, je häufiger man schwerste Verkalkung der Arterienwände bei guter Herzkraft ohne jede Blutdrucksteigerung, andererseits starke Drucksteigerung bei unveränderten Gefäßen verlaufen sieht. Bestärken werden uns in dieser Auffassung die Versuche von *Hausmann*<sup>58</sup> und von *Eckart*<sup>59</sup>, wonach nach Durchschneidung der *Nervi erigentes penis* bei einem auf 33—60 % des Aortendrucks herabgesetzten Druck die 15fache Blutmenge aus dem *Corpus cavernosum* herausschießt, eine Erscheinung, welche der kluge *Wedemeyer* gewissermaßen antecipando durch „die Elastizität des Gewebes und insbesondere die der elastisch-fibrösen Membran“ erklärt hatte.

Wenn die pathologischen Anatomen die Arteriosklerose auf die sichtbaren Veränderungen an den Arterien und Venen beschränken<sup>60</sup>, so ist das ihre Sache. Wir Kliniker haben es nicht mit makro- oder mikroskopischen Demonstrationsstücken zu tun, sondern mit Krankheitsbildern, welche lange vor der ersten histologischen Veränderung auftreten und — wie *Marchand* und *Romberg* übereinstimmend darlegten — in einer unsichtbaren Schädigung der Anpassungsfähigkeit des Gefäßsystems<sup>61</sup> und in einer geringeren Vollkommenheit der Elastizität<sup>60</sup> ihre Ursache haben. Erkrankt die elastische Funktion, so wird das am sinnfälligsten dort, wo ihre Träger am deutlichsten ausgebildet sind. Aber damit ist nicht gesagt, daß sie nur hier und sonst nirgends geschädigt sei, wie andererseits Veränderungen der Elastizität an anderen Stellen ganz wohl bestehen können, ohne daß am elastischen Gewebe der Lehrbücher Abweichungen zu erkennen wären. Schon 1908 hatte *Huchard* richtig erklärt, daß die Arteriosklerose nicht bloß Veränderung der Gefäße, sondern auch des sie umgebenden Gewebes sei<sup>62, 25, 27</sup>.

Die Überleitung von der anatomisch-chemischen zu einer biologischen Erklärung des Chaos der Erscheinungen bilden die abnorm



starken Schwankungen bei Nervösen und anscheinend Gesunden. Höchst lehrreich sind in dieser Beziehung die Beobachtungen von *J. Goebel*<sup>63</sup>; sie beobachtete fixierte Kapillaren längere Zeit und fand da innerhalb 30–60 Sekunden Druckschwankungen bei Gesunden von 20–40 mm Wasser, bei Vasomotorikern solche von 100–150 mm. Es handelt sich somit um mehr oder weniger rasch vorübergehende Veränderungen im kolloidalen Aufbau der lebendigen Substanz. Je enger in dieser die Grundfunktionen als letzte Bestandteile des Lebens verknüpft sind, um so mehr werden Änderungen der einen ebensolche in den übrigen Grundfunktionen nach sich ziehen, bzw. in deren Erscheinungsgebiet auftreten. Besonders eng scheint die Verknüpfung zwischen der elastischen und der nervös-psychischen Grundfunktion zu sein. Daß nach *Josefson* strenge Korrelationen zwischen Psyche und Inkretorganen bestehen<sup>30</sup>, begrüßen wir als Stütze, weil wir ja wissen, wie eng die von der inneren Sekretion abhängigen kolloidalen Vorgänge in der lebendigen Substanz mit dem elastischen Verhalten verknüpft sind. Aus diesem Grunde verlaufen auch die Elastizitäts- oder „Blutdruck“-Schwankungen synchron mit seelischen Erregungen, mögen diese auch unterhalb des Bewußtseins verlaufen; diese merkwürdigen Erscheinungen haben das schon erwähnte Buch von *Fahrenkamp* ausgelöst<sup>4</sup>.

Es wäre ein primitiver Standpunkt, sich die Grundfunktionen mosaikartig nebeneinander liegend vorzustellen. Es gibt keine isolierten Teilsysteme in der Welt. Wir bilden uns nur ein, sie seien isoliert. Aber über diese naive Betrachtungsweise ist die wahre Naturwissenschaft längst zu der Erkenntnis gelangt, daß in Wirklichkeit ein ununterbrochener Zusammenhang der Dinge und der Erscheinungen nach allen Seiten hin besteht<sup>64</sup>. Die lebendige Substanz ist eine dynamische Einheit, und nur der Unvollkommenheit unserer Aufnahmeapparate erscheinen ihre Auswirkungen als verschiedene Energien, etwa so, wie wir an der elektrischen Entladung der Atmosphäre Blitz und Donner, an *Leonardo* einen Maler, Techniker, Astronomen, Baumeister, an *Schiller* einen Dramatiker, Philosophen, Ästhetiker unterscheiden. Immer sind es die gleichen Emanationen des gleichen einheitlichen Geistes. *Animi etiam facultates, quanquam agendi ratione discrepant, ejusdem tamen generis sunt, atque ex se mutuo pendent*<sup>65</sup>. An der Einheit des Erlebens trotz der verschiedensten Erscheinungs- bzw. Wirkungsformen zweifelt ja niemand. Indessen, die Entfaltung des menschlichen Wissens ist offenbar nicht möglich gewesen ohne seine Zerspaltung in Spezialitäten. Diese wieder zusammenzufassen wird immer schwieriger. Auch der größte Menschengest kommt nicht über eine notdürftige und unvollkommene Legierung von Vorstellungen, besonders in der Physiologie, hinaus.

Die Mehrzahl der Forscher gleicht den Tatsachen herbeischleppenden und bearbeitenden Steinhauern, von denen *Stronin* sagte, es sei Zeit, daß ihre Arbeit ein Ende habe<sup>66</sup>. Ihre Einzelerkenntnisse liegen wie unbehauene Quader im Vorhof des Wissens, sind aber nicht in dessen wahren Tempel eingebaut. Solchen Vorhofleuten erscheint die Kunst des Komponierens, der Zusammenschau, der Synopsis, der politischen und militärischen Strategie als Metaphysik, und diese muß natürlich als Phantasterei abgelehnt werden, wie schon *Omar-i-Khajjam* (1040—1123) resigniert schrieb: Den Mann, der sich durch sein Streben nach wahrer Erkenntnis auszeichnet und der die Augenverblendung, d. h. die allgemeinen Suggestionen meidet, den machen sie zum Gegenstand ihres Spottes und ihrer Verachtung<sup>67</sup>.

Vielleicht das schönste Beispiel ist das geistreiche Buch von *Fritz Hönig* über *Moltkes* Verhalten bei Gravelotte am 17. und 18. 8. 1870. Er kann sich zwar der Erkenntnis nicht entziehen, daß Gravelotte—St. Privat *Moltkes* größte Tat war und bleiben wird; aber auf Grund eingehender Analyse der Einzelvorkommnisse bezeichnet er trotzdem diesen Tag als einen „dunklen Punkt“ im Leben des Feldmarschalls<sup>68</sup>.

Und doch hatte schon *Platon*<sup>69</sup> von den ausgewählten Jünglingen höherer Intelligenz verlangt, daß die Unterrichtsgegenstände, welche ihnen bis jetzt durcheinander beigebracht worden, nunmehr in einer Übersicht der gegenseitigen Beziehungen der Einzelkenntnisse und der Wirklichkeit zusammengeschlossen werden (*συνακτέων ἐς σύνοψιν οἰκειότητος ἀλλήλων τῶν μαθημάτων καὶ τῆς τοῦ ὄντος φύσεως*). Und mitten in der Begeisterung für Tatsachen! nur Tatsachen! pflanzte in unserer Zeit *W. Griesinger* das Panier der Synthese auf: die Tatsachen, der Beobachtung, dem Experiment und Mikroskop mühsam entrissen, bedürfen geistiger Trennung und Wiedervereinigung<sup>70</sup>.

Ein Organismus, welcher in idealer Weise an die wechselnden Eindrücke der Umwelt angepaßt ist, gilt als gesund. Allein ob es einen Menschen von idealer Gesundheit gibt oder je gegeben hat, erscheint höchst zweifelhaft. Die Regel ist es jedenfalls nicht. Wenn jedoch die Anpassungsmechanismen durch allgemein-konstitutionelle, oder durch zufällige, örtliche, krankhafte Zustände geschädigt sind, dann ist eine Bresche gelegt, welche sich durch unmerkliche, ganz allmähliche Übergänge zu beträchtlichen Störungen weiterentwickeln und über eine — ursprünglich molekular bedingte Störung der Restitution als Schrittmacher zu einer Organneurose und von dieser zu einem histologischen Umbau führt<sup>71</sup>. Die pathologisch-anatomischen Veränderungen stellen dann nichts anderes dar, als die sichtbar gewordenen funktionellen Anomalien und Disharmonien. Denn nicht das anatomische Substrat ist das Primäre, sondern die Funktion, das Bedürfnis, das psychische Prinzip oder wie man sich ausdrücken mag. Auch das Mikroskop ist

nicht das Erste gewesen, sondern der Geist, der sich gerade dieses Instrument schuf.

Aus solch einem Gedankengang heraus ist *Fahrenkamp* zweimal der Satz in die Schreibmaschine geflossen (<sup>4</sup> S. 13 und 99), daß kein Hypertoniker je wieder seine Hypertonie verliere. Gewiß läßt sich durch geeignete Maßnahmen die *rasche* Erweiterung der Bresche verhüten. Aber ganz abwenden läßt sich das Verhängnis nicht. Denn das Leben ist ein mit rapider Geschwindigkeit dahinrasender Prozeß, in welchem es wohl möglich ist, Störungen besser oder schlechter, für längere oder kürzere Zeit auszugleichen, aber nie, sie wieder rückgängig zu machen. Das ist um so weniger möglich, weil wir ja — unter einem größeren Gesichtspunkt betrachtet — gar nicht unser eigenes, individuelles Leben leben, sondern nur das unserer Ahnen fortsetzen, mithin auch deren Defekte zu tragen haben. Die gesamte Erblichkeitslehre ist eine unerschöpfliche Fundgrube von Beweisstücken dafür. Für unser spezielles Thema sei besonders auf die *Oslersche* Ödemfamilie hingewiesen mit ihrer Vererbung des *Quinckeschen* akuten umschriebenen Ödems, sowie auch die Erhebungen von *Weiß*, wonach in 82 Fällen von Hochdruck ein großer Teil, wenn nicht sämtliche Fälle von reiner funktioneller Hypertonie auf einer Vererbung der anatomischen oder neuropathischen Veranlagung beruhten<sup>25</sup>. Dem fügen sich gleichsinnig die Ermittlungen von *Stahl* bei 500 Soldaten an: Apoplexie der Eltern fand sich bei Soldaten mit normalen Blutdruck in 1%, bei solchen mit mittlerem in 8%, bei starken Hypertonikern in 20%<sup>50</sup>.

Wer also das Leben als Strom erkannt hat, auf welchem die Individuen wie Wellen dahinkräuseln, der wird die Einzelercheinungen in gesunden und kranken Tagen nicht mehr als isolierte Geschöpfe auffassen, sondern als vorübergehende Verkörperungen eben dieses Lebens und somit ihre Erbeigentümlichkeiten als fortgesetzte, einheitliche Handlung.

Genau so wie in diesem Strom das einzelne Individuum als Ganzes Störungen der elastischen Funktion darbieten kann, so können auch innerhalb des Individuums die einzelnen Organe leiden. Wir, die wir erkannt haben, wie eng die verschiedenen Grundfunktionen, in welche wir willkürlich und gewaltsam das Leben zerlegen, untereinander zusammenhängen, und wie sie sich ununterbrochen gegenseitig — vielleicht nie unmittelbar, sondern stets auf mehr oder weniger großen Umwegen beeinflussen: wir werden uns nicht an aussichtslosen Fragen abmühen, ob Hyperämie durch Lähmung oder Reizung der Gefäßnerven zustande komme, wie zu *Henles* und *Stillings* Zeiten, oder ob vegetativ-nervöse, oder endokrine, oder psychische Einflüsse die „Ursache“ seien. Eben in der Verschlungenheit der elementaren Prozesse und in unserem Unvermögen, sie aufzulösen, liegt das Geheimnis des

Lebens verborgen. *Alexander der Große* mochte den vom Sagenkönig *Midas* in *Gordion* zurückgelassenen Knoten, an dessen Entwirrung die Herrschaft über Asien hing, mit dem Schwert zerhauen. Wir stehen vor der noch viel schwierigeren Verknotung der Grundfunktionen des Lebens. Wem ihre Entwirrung gelingt, dem fällt die Herrschaft über das Leben zu. Allein das Skalpell und die Pinzette der Analyse nützen uns da nichts. Wir müssen mit Röntgenaugen durch den Knoten hindurchschauen, um die Idee zu erfassen, welche ihn schürzte.

Wir werden also mit dem großen Kliniker *C. A. Wunderlich* sagen: Alles was den Widerstand des Gewebs gegen das andringende Blut vermindert: Erschlaffung der Gewebssubstanz, Verminderung des Luftdrucks, vorangegangene Hyperämien, Erschütterungen, Ausdehnungen oder Zusammendrückungen, also alles, was die Elastizität des Gewebes mindert, begünstigt oder veranlaßt eine Blutüberfüllung<sup>72</sup>.

Später hat dann *O. Rosenbach* diese Erkenntnis in dem kurzen Satz zusammengefaßt: Nicht die Erweiterung des Strombetts ist die Ursache der Hyperämie und Entzündung, sondern abnorme Formen des Gewebsbetriebs<sup>16</sup>. Ein weiter Weg, auf welchem viel von der plastischen Anschaulichkeit *Wunderlichs* verloren gegangen ist, führt so über *Rosenbach* zu dem knappen Begriff Polygenie von *Curschmann*.

Im Zeitalter der Hormone müssen wir übrigens auch einen, von dem genialen *Griesinger* schon 1842 prophetisch angedeuteten, Gedanken Raum geben: Darnach affiziert das in bestimmter Weise alterierte Blut einzelne Organe vielleicht dadurch, daß deren chemische Zusammensetzung, welche zu ihrer steten Reorganisation auf einzelne Bestandteile des Blutes angewiesen war, solche nicht mehr oder eben alteriert im Blute vorfindet, oder daß die zur Sekretion in gewissen Teilen bestimmten Kompositionen dem Blute fehlen oder verändert vorhanden sind. — Sollte nicht die Ahnung dieser Verhältnisse, die sich übrigens auch bei *Henle* findet<sup>23</sup>, der späteren Forschung der Leuchte vorangetragen haben? Jedenfalls tut sich da das weite Gebiet der Individualitäten auf, das zumeist von Magistralformeln der Pathologie und Therapie verschlungen wird.

#### V. Tonusschwankungen und Blutbewegung. Peristaltische Wellen bei Pflanzen und Tieren.

Nichts wäre irriger, als einen konstanten, immer gleichen Tonus anzunehmen. Für die experimentierende Physiologie — soweit sie überhaupt Rücksicht auf die elastische Spannung nimmt — mag es ja peinlich sein, daß diese unausgesetzt wechselt. Indessen, als allgemeine Lebenserscheinung ist auch sie dem Rhythmus des Lebens, der Folge von Arsis und Thesis, von Hebung und Senkung unterworfen<sup>32</sup>, wie ja auch *W. Wundt* im fortgesetzten Wechsel von Spannung und

Lösung das treibende Element der psychischen Prozesse erblickte, und insbesondere die Aufmerksamkeit als eine „intermittierende Funktion“, als „fortwährende Oszillationen der Spannungs- und Lösungsgefühle“<sup>73</sup> aufgefaßt hat. Die Schwierigkeit, gute photographische Aufnahme von Gesichtern zu bekommen, beruht wohl z. T. darauf, daß die Gesichtszüge als Spiegel der Seele diese rasch sich folgenden Schwankungen des psychischen Tonus zum Ausdruck bringen, die Photographie aber nur eine Phase davon wiedergibt, mithin nur einen Ton statt einer Melodie. Wenn im Alter dieses Gewoge geringer geworden ist, werden die Aufnahmen besser, nicht weil sie technisch schärfer, kontrastreicher u. dgl. geworden wären, sondern weil der schnelle, zumeist unbeachtet bleibende Wechsel der psychischen Innervation weggefallen ist und sich nunmehr für den Beschauer der gleichmäßige Gesichtsausdruck und der Charakter decken.

Halten wir diesen Gedanken fest, so folgt ohne weiteres, daß in der Phase der Entspannung, der *relaxatio*, den verschiedenen Körpersäften das Einströmen in die betr. Provinz erleichtert wird, und zwar um so mehr, je stärker die *relaxatio* ist. Ganz richtig sah *Luton* in einem solchen *état de relâchement* die Ursache für den früheren *raptus qui fait précipiter le sang par une sorte de mouvement instinctif vers le point irrité*. Neuerdings hat *Bier* diese Vorstellung wieder aufgenommen, wenn er schreibt: bei Störungen in irgendeinem Organ entsteht sofort in den kleinen Gefäßen eine gewaltige Herabsetzung der Widerstände für den arteriellen Blutstrom, welcher das Blut mit sehr großer Geschwindigkeit nach diesem Orte fließen läßt<sup>24</sup> (S. 456). Fügen wir mit *Huchard*<sup>82</sup> zu der Herabsetzung der Widerstände in den kleinen Gefäßen noch eine solche im Gewebe, dann ist die Übereinstimmung mit den hier vorgetragenen Vorstellungen vollkommen.

Allein nicht bloß in Form von Hyperämie treten diese Tonusschwankungen greif- und sichtbar in die Erscheinung, sondern auch akustisch. Schon der Altmeister der Auskultation, *Laennec*, hatte den raschen Wechsel des Atmungsgeräusches und der Nebengeräusche bemerkt: *ces points varient, surtout dans l'emphysème général, et souvent les parties où, à la première exploration, on avait trouvé l'absence la plus complète de la respiration, deviennent au bout de quelques heures, ceux où on l'entend le mieux, tandisqu'elle n'existe plus dans ceux où on l'avait d'abord entendue*<sup>74</sup>. Noch besser paßt in unsre Darlegungen dieser Satz des *Laennec*-Schülers *J. Fournet*: *on voit souvent les bruits physiologiques ou morbides s'exagérer momentanément sous l'influence d'une simple excitation nerveuse*<sup>75</sup>. Gewiß erinnert sich jeder von uns der peinlichen Lage, wenn er als Assistent seinem Chef die bei der Vorvisite so deutlich gehörten „Rasselgeräusche“<sup>76</sup> demonstrieren wollte — und sie verschwunden waren.

*F. H. Bichat* hatte vor 100 Jahren die Lehre aufgestellt, daß das einmal in das Kapillarsystem eingeströmte Blut dem unmittelbaren Einfluß des Herzens entzogen sei und nur noch unter dem der elastisch-tonischen Kräfte der Gewebe, oder — wie er sich ausdrückte, ihrer *contractilité insensible* stehe. Wenn diese schwankt, so begreift man leicht, daß mit der Zunahme der Spannung ein — vielleicht nicht großer, aber immerhin positiver Druck ausgeübt wird auf alles, was in den Geweben beweglich ist, d. h. auf Blut und Lymphe und die einzelnen Zellelemente. Nach jahrhundertelangem Tasten sind wir damit glücklich wieder da angelangt, wo frühere Physiologen-Generationen bereits gestanden hatten. Auf dem 38. Kongreß für innere Medizin haben *Weitz* und *Vollers* erklärt: Diese Organe (Uterus, Milz, Magendarm) üben also mit ihrer Systole und Diastole — wenn wir es kraß ausdrücken — die Funktion eines Herzens aus<sup>77</sup>, *Tandler* sieht in diesen Tonusschwankungen den Ersatz für einen, an einer bestimmten Stelle lokalisierten Propulsionsapparat<sup>78</sup>, und *C. Tigerstedt* hatte schon vorher die Lymphströmung in erster Linie durch die Gewebsspannung unterhalten sein lassen<sup>79</sup>, nachdem wiederholt auf die Blutbewegung im Embryo und bei herzlosen Geschöpfen hingewiesen worden war. Ja, sogar der Herzmuskel selbst besitzt einen Tonus, welcher periodischen Schwankungen unterliegt und der durch die in den kontraktilen Muskelfibrillen vor sich gehenden Quellungserscheinungen bedingt ist<sup>80</sup>. Also alles Etappen zu dem lange Zeit so angefeindeten extrakardialen Kreislauf von *Hasebroek*<sup>10</sup>!

Was ist da für ein Unterschied gegenüber diesem Satze von *Baglivi* (1669—1707): *oscillatio solidorum destinata est ad fluida in gyrum impellenda; parvus enim cordis musculus ejusque exigua vis non essent satis ad ea fluida trajicienda in obliquas et remotas corporis partes, nisi singula corporis solida, sua perenni motione systaltica, continuum illi auxilium praestarent* [Die Tonusschwankungen der festen Teile sind dazu bestimmt, die flüssigen Stoffe in den Kreislauf hineinzutreiben; die Kraft des Herzmuskels reicht nicht dazu aus, die Flüssigkeiten in die schwer zugänglichen abgelegenen Teile zu pumpen; deshalb kommen ihm die festen Teile durch ihre fortgesetzte systolische Bewegung ununterbrochen zu Hilfe<sup>19</sup>], und jenem anderen von *Keßler*: *facultas elastica tam vasorum quam partium vasa circumjacentium sanguinis in vasis motum moderatur et adjuvat: ut itaque mutato tono etiam motus sanguinis mutationem patiat* [die Elastizität der Gefäße und der sie umgebenden Gewebe reguliert die Strömung des Blutes, so daß — wenn sich jene ändert, auch diese Veränderungen erleidet<sup>20</sup>]?

Wie schade, daß diese Erkenntnisse verloren gegangen sind!

Es verhält sich also wirklich so, wie *Bier* in seiner klassischen Arbeit gesagt hat: Diese Druckregulierungen ereignen sich in den kleinen

Gefäßen fortwährend. Deshalb sind sie in hohem Grade unabhängig vom Zentralnervensystem und arbeiten selbständig<sup>24</sup>. *Otfr. Müller*<sup>81</sup> spricht von einem großartigen Stellwerk, einer Art kommunaler Selbstverwaltung der Gewebe; früher nannte man das: Selbststeuerung! Das wichtigste dabei nächst der Tatsache, daß es überhaupt einen wechselnden Tonus gibt, ist die Regelung dieses Tonus. Wenn in der Tat die Kapazität des gesamten Capillargebietes viel größer ist als die des Arteriensystems<sup>78</sup>, wenn wirklich die Muskelgefäße allein rund  $\frac{2}{3}$  der normalen Körperblutmenge fassen, so daß die Bauchgefäße usw. dauernd verengt gehalten werden müssen, damit keine Hirnanämie eintritt<sup>24</sup> (S. 125), wenn somit *Riolan* (1580—1657) recht haben sollte mit seiner Behauptung, daß nur die Hälfte des Blutes umlaufe, die andere aber in den Organen stecke<sup>82</sup>; dann leuchtet sofort ein, welche verhängnisvollen Folgen Störungen in der Druckregelung haben müssen. Denn es ist klar: wenn der zunehmende Tonus einen Erfolg haben, den Inhalt weiterschieben soll, so wird das nicht dadurch erreicht, daß gleichzeitig der Druck in der ganzen lebendigen Substanz gesteigert wird, sondern dadurch, daß das abschnittsweise geschieht. Am idealsten würde das erreicht, wenn gleichzeitig der Druck in der einen Ebene erhöht, in der nächsten gesenkt würde; in der folgenden Phase würde hier der Druck erhöht usf. Technische Bedenken stehen dem nicht entgegen; denn ebensogut wie die lebendige Substanz ihren Druck erhöhen kann, kann sie ihn auch vermindern: nach den Versuchen von *E. O. P. Schultze* und *Behan* herrscht im Femur ein Unterdruck von  $-20$  mm Wasser, in der Tibia ein solcher von  $-19$  mm<sup>83</sup>. Stellt man sich diesen abwechselnden Vorgang schraubenförmig verlaufend vor, dann wäre die Aufgabe am zweckmäßigsten gelöst. Man erkennt leicht, daß dieser Wechsel von Spannung und Lösung, von *restrictio* und *relaxatio*, eine peristaltische Bewegung ergibt, wie sie uns im Darm, Harnleiter, Ductus cysticus, in den Tuben, im Bronchialbaum (*Curschmannsche* Spiralen!) usw. begegnet. In der Tat sind derlei Bewegungen seit den Zeiten von *Malpighi*, *Leeuwenhoek* u. a. immer wieder beobachtet worden. Die erste eingehende Beschreibung lieferte 1870 *Salviotti*<sup>84</sup>. *Natus*<sup>85</sup> und *Parrisius*<sup>86</sup> rechneten mit peristaltischen Wellen im Kapillarsystem bereits als mit feststehenden Tatsachen, erblickten darin sogar eine Stütze für die *Grütznersche* Theorie von den Kapillaren als akzessorischen Herzen<sup>87</sup>. Für die Lehre *Hasebroeks* vom extraperikardialen Kreislauf bildet die Kapillar-Peristaltik einen der stärksten Pfeiler.

Mögen auch die Bedingungen für jede einzelne Zelle bzw. für die einzelnen Zellterritorien im einzelnen Augenblick verschieden sein, so ergibt sich doch aus ihrem Zusammenwirken eine regelmäßige Kurve, genau so wie die Statistik — fast möchte man sagen: eherne Gesetze

hinsichtlich der Eheschließungen, Geburtenzahlen, Todesfälle, Unfälle, Einbrüche usw. kennt, wenn auch die zahllosen Einzelbedingungen in den einzelnen Fällen grund-verschieden sind. Ein geheimes Gesetz beherrscht eben alle Vorgänge, so verschieden sie uns unter einander zu sein scheinen, und faßt sie zu einem sinnvollen Ganzen zusammen.

Auch bei den Pflanzen sind rhythmische Tonusschwankungen zur Genüge festgestellt. Schon *Gregor Kraus*, *P. Kaiser*, *A. Ursprung*, *G. Blum* hatten solche beobachtet<sup>88</sup>, etwa in dem Sinne, daß die Pflanzenteile vom frühen Morgen an anschwellen, nachmittags ihr Mindestmaß erreichen, daß dann während der Nacht das Volumen ansteigt, um am frühen Morgen, kurz vor dem Wiedererscheinen des Lichtes seinen Höhepunkt zu erreichen.

Später hat der englische Botaniker *Bose* regelmäßige Schwankungen des Turgors in der Rinde verschiedener Bäume festgestellt und eben durch Zellpulsationen, welche die Flüssigkeit in der Rinde von Zelle zu Zelle pumpen, die normale Versorgung jenes Teiles des Baumes erklärt, also ganz so wie wir das schon bei *Baglivi* gefunden haben. *Bose* hat auch die „Wellenlänge“ einer solchen Pulsation zu bestimmen versucht und bei Chrysanthemen eine solche von 100 mm, bei *Canna* eine von 40 mm gefunden.

Lehrreich ist seine fernere Beobachtung, daß derartige Pulsationen in einer — von äußeren Reizen geschützten, „subtonischen“ Pflanze nicht vorhanden sind; erst die Zufuhr von Wasser, thermischen, elektrischen, mechanischen und Lichtreizen bringt sie in Gang<sup>89</sup>.

In neuester Zeit hat *M. T. Tac Dougal* in den Südweststaaten der Union mit seinem Dendrographen diesbezügliche Untersuchungen angestellt und gleichfalls periodische Veränderungen der Größe und des Rauminhalts festgestellt. Diese Veränderungen seien abhängig z. T. vom wechselnden Wassergehalt, z. T. von unbekannten Faktoren der gerade untersuchten Organe<sup>90</sup>. Mit Hilfe dieser Einrichtungen kommt es in den Pflanzenblättern zu Drucken von 44—71 Atm, ja man hat schon solche von +300 Atm gemessen, also ganz respektable Leistungen, mit welchen sich schon eine erhebliche Fortbeförderung von Flüssigkeiten bewerkstelligen läßt. Zum Vergleich möge dienen, daß die Feuerspritzen mit ihrem Druck unter 10 Atm bleiben.

Auf diese Weise erledigt sich die immer noch peinliche Frage nach der Tragkraft und Kontraktilität der Kapillaren. Auf der einen Seite sind diese so zart, daß man sie nur mit subtilen Färbmethoden sichtbar machen kann, auf der anderen sollen sie den ganzen Blutdruck tragen. Offenbar hat der Eifer, mit welchem man histologisch-differenzierbaren Kapillarwänden nachspürte, diese so sehr in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gerückt, daß man ihnen unversehens Leistungen zuschrieb, welche ihrer Umgebung (*partibus vasa circumjacentibus*) zukommen.



Gewiß war es ein histologischer Irrtum, wenn *Döllinger*, *Béclard*<sup>91</sup> u. a. die Kapillaren für bloße Furchen in der Substanz der Organe hielten. Indessen, wenn wir heute mit einer selbstherrlichen Capillarwand eine Scheidewand zwischen Blut und Gewebe errichten, dann tauschen wir eine histologische Wahrheit gegen einen physiologischen Irrtum ein.

Hatten frühere Zeiten eine „Haarröhrchenkraft“ angenommen, z. B. *Borelli* (1608—1679), *G. Wedemeyer* u. a., und die Bewegung des Bluts auf eine Art von Anziehung zurückgeführt — ähnlich leitete noch der große *Johannes Müller* die Lymphbewegung „von der fort-dauernden Resorption in den Lymphgefäßen“ ab<sup>92</sup>, — so kommen wir mit dem nicht wegzuleugnenden elastischen Tonus aus, vorausgesetzt, daß wir, wie die alten Physiologen, in ihm eine *qualitas vitalis ac activa* erkennen und ihn als solche an den allgemeinen Lebenserscheinungen der Arbeit und der Erholung, der Systole und Diastole teilnehmen lassen.

*VI. Störungen der Regulationen der elastischen Funktion. Ihre klinischen Auswirkungen. Reizleitungsstörungen, Kongestionen, Organneurosen, gewebliche Veränderungen.*

So wenig wir von dem normalen Spiel unserer Organe spüren und wissen, so wenig wissen wir auch von diesen Schwankungen des Tonus und dem durch sie geregelten Blutgehalt, wenn sie nicht gerade, wie die Menstrual- und Hämorrhoidalblutungen und erektilen Tumoren, unsere Aufmerksamkeit fesseln, qui éprouvent des fluxions périodiques, qui leur impriment une sorte d'érection, et s'affaissent ensuite sans qu'aucun phénomène critique ait nécessairement accompagné cette décroissance<sup>43</sup>.

Erst dann treten sie über die Schwelle des Bewußtseins, wenn in fließenden Übergängen<sup>8</sup> ein Zuviel oder ein Zuwenig das harmonische Spiel stört. In dem akuten Hautödem, in der Kupfernase sehen wir mehr einen Schönheitsfehler als eine Krankheit. Bei den wichtigeren inneren Organen treten Tonusschwankungen zuerst als leises Unbehagen auf, kaum stark genug, um voll bewertet zu werden. Man geht um so leichter darüber hinweg, als ja die hyperämische Welle bald wieder abklingt und der normale elastische Tonus sich wiederherstellt.

Aber je häufiger sich die Störung wiederholt, je häufiger der lebendige Apparat, von welchem wir hier die Elastizität gewissermaßen als Index betrachten, übermäßig in Anspruch genommen wird, je kürzer und ungenügender die Ruhe- bzw. Erholungspausen sich bemessen: um so nachhaltiger und eindringlicher werden die subjektiven Beschwerden und gleiten damit in den Bereich der Krankheit hinüber. Das war schon dem verbummelten Genie *John Browns* (1735—1788) klar:

incitabilitatis prius confectae, dein novae refectae consumptae difficillima reparatio est. [Die Wiederherstellung der normalen Erregbarkeit wird immer schwieriger, wenn sie, kaum wiederhergestellt, immer wieder aufgezehrt wird<sup>41</sup>.]

Ist z. B. der Magen überladen worden, dann ist es — sollte man denken — zweckmäßig, ihn in Ruhe zu lassen. Aber meist wird aus Gewohnheit oder aus mißverständener Calorienrechnung immer neues „Stärkendes“ oder „Anregendes“ hineingestopft, bis er schließlich dauernd überdehnt bleibt. Wie viel klüger sind da die Tiere, welche die Therapie des Fastens kennen!

„Selbst Herden wissen, wann zur Heimkehr Zeit,  
Und gehen vom Grase willig.  
Der Unkluge kennt allein nicht  
Seines Magens Maß.“

Mathematisch Veranlagten mag es überlassen bleiben, mit Hilfe der Infinitesimal-Rechnung den jeweils unendlich kleinen Zuwachs zu berechnen, welchen eine Funktion erfährt, wenn die Variable sich unendlich wenig ändert.

Ist es zu spät, sind sämtliche Grundfunktionen des Magens (die motorische, sekretorische, resorptive, elastische usw.) gründlich und dauernd gestört, dann schicken wir die Opfer solcher Verhältnisse nach *Karlsbad*, *Kissingen* usw. Aber gerade deren Reklame mit ihren immer wiederkehrenden Patienten beweist, wie wenig wirkliche Heilung erzielt worden ist.

Beim Herzen verhält es sich genau ebenso: Je nach der Größe der Schädigung des Organs durch Infektionen, Intoxikationen, nutritive Schädigungen, Verfettung, möglicherweise durch andauerndes nervöses Herzklopfen (*Bamberger*) entsteht bei selbst geringer Überanstrengung dilatative Überdehnung des Herzmuskels<sup>80</sup>, und ganz entsprechend werden als Ursache für die gefährliche Atonie des Uterus angegeben: konstitutionelle Minderwertigkeit, Erkrankungen der Wand, Störungen der Innervation und der inneren Sekretion, Überdehnung durch Mehrlinge, sehr große Kinder, Hydramnion, überlange Geburtsdauer, tiefe Narkose<sup>94</sup>.

Mutatis mutandis spielen sich die Dinge in den einzelnen Organen gleichartig ab. Man erinnere sich nur an den symptomlosen Beginn mit der oft genug nur zufällig entdeckten Hyperämie bei der fatalen *Laennec'schen* Lebercirrhose, an die Minderwertigkeit der elastischen Fasern der Lunge bei Schwindsucht<sup>95</sup>, an das Heer der enteroptotischen Erscheinungen, an den bunten Symptomenkomplex von *B. Stillers* morbus asthenicus, an den beeinträchtigten psychischen Tonus des sog. Vasoneurotikers usw. Besondere Beachtung verdient die immer wieder hervorgehobene Hypotonie bei Tuberkulösen und namentlich

die Beobachtung von *Marfan*, daß ein normaler Blutdruck eine günstige Prognose gestatte<sup>96</sup>.

Schließlich fügt sich diesen Überlegungen ungezwungen die Schilderung der Arteriosklerose bei *Romberg* ein: die Arteriosklerose schädigt schon von ihrem ersten klinisch erkennbaren Beginn an die Funktion der erkrankten Arterien bzw. die Anpassungsfähigkeit des Gefäßsystems. Diese Erkrankung ruft in den verschiedenen Organen auffallend verschiedene Störungen hervor, welche die rein anatomische Betrachtung nicht aufzuklären vermag<sup>61</sup>.

Setzen wir statt Arteriosklerose die Vorstellung vom gestörten Tonus der lebendigen Gewebe, so ist die Übereinstimmung mit dem berühmten Kliniker vollkommen.

Für diejenigen, die nicht umhin können, Zentrum und Peripherie zu trennen, ist es klar, daß Störungen des elastischen Tonus von beiden Seiten her möglich sind: entweder durch örtliche Leiden, wie Quetschungen, Gifte (Erysipelas, Pneumokokkus, Phosphor, Canthariden u. dgl.), oder auf „nervösem“ Wege, indem aus größerer Nähe oder Ferne abnorme Reize das kolloidale Gefüge der lebendigen Substanz und damit auch die elastische Funktion aus dem Gleichgewicht bringen. Die nervösen Störungen brauchen, wie gesagt, nicht gleich vom sensorium commune oder den Basalganglien herzukommen: jede Leitungsstörung, und liege sie auch dicht vor der Zelle oder gar in ihr selbst, genügt. Wer dessen eingedenk ist, wie viele Schädigungen im Laufe des Lebens den Organismus treffen im ganzen, wie in seinen einzelnen Systemen, der rechnet natürlich auch mit einer Kombination beider Möglichkeiten, etwa in der Weise, daß an einer durch frühere Erkrankungen geschwächten Niere oder an einem dauernd stark in Anspruch genommenen Gehirn die im Verlauf des Lebens nun einmal unvermeidliche Elastizitätsabnahme früher und stärker sich bemerklich macht, als an anderen Organen. Bei welchem Patienten könnten wir annehmen, daß seine Organe, und damit auch das Gefüge seines Lebens, bis zur jetzigen Erkrankung unversehrt geblieben seien, auch wenn er selbst „nie ernstlich erkrankt“ gewesen sein will? Solche Fälle mag *Wunderlich* im Auge gehabt haben, als er schrieb: Bei ihnen kennen wir weder die veranlassenden Ursachen, noch die wesentliche Entstehung. In solchen scheinbar spontan entstehenden Erkrankungen sind die Ursachen sehr mannigfaltig und oft so verwickelt, daß viele „Entzündungen unreiner sind, als man gewöhnlich zu glauben geneigt ist“<sup>72</sup>.

In der Diskussionsbemerkung von *R. Schmidt* zu *Volhards* Referat über den arteriellen Hochdruck kehrt diese Erkenntnis wieder: Jeder Fall von arteriellem Hochdruck stellt ein Problem für sich dar, das in bezug auf seine pathogenetischen Bedingungen eingehend analysiert werden muß<sup>50</sup>. Wer sich unsere Überlegungen über die Verschlungen-

heit und wohl auch Gleichwurzelligkeit der Grundfunktionen zu eigen gemacht hat, versteht diese Bekenntnisse mit dem resignierten Unterton vollkommen.

Es liegt nicht im Plan dieser Studie, an Hand der vortrefflichen Bücher über pathologische Anatomie und Histologie die Entwicklung der Dinge in ihrem ganzen Ablauf zu verfolgen. Sie will nur auf Störungen aufmerksam machen, welche sich ebensosehr präsklerotisch, wie präklinisch als Einleitungen zu „richtigen“ klinischen Krankheitsbildern abspielen.

So muß — wenn anders unsere Vermutung bezüglich der peristaltischen Tonusverschiebung in den Geweben richtig ist — hiefür eine Regulation vorhanden sein, entsprechend dem Reizleitungssystem des Herzens. Denn wenn die Druckerhöhung nicht regelmäßig von Punkt 1 nach Punkt 2, 3, 4 usf. weiterschreitet, sondern z. B. von 1 nach 6, dann kann das Blut und die Lymphe nicht weiterfließen, sondern sie werden hin- und herschwanken, oszillieren. Das hat schon der große Mikroskopiker *Anthony van Leeuwenhoek* (1632—1723) mit aller wünschenswerten Deutlichkeit beschrieben: *coram oculis meis fiebat, ut sanguis in arteria non solum repente in progressu suo sisteretur, sed etiam retro ferretur ac effunderetur in arteriam . . . per reciprocoationes hinc et inde agitaretur* (unter meinen Augen blieb das Blut nicht allein plötzlich stehen, sondern es floß rückwärts und ergoß sich wieder in den arteriellen Schenkel der Capillaren . . . bei dieser Umkehr wurde es bald in dieser, bald in jener Richtung getrieben)<sup>97</sup>. Fast mit den gleichen Worten finden wir den Vorgang bei *G. Wedemeyer* 1828 und *W. Parrisius* 1921<sup>86</sup> (S. 334) geschildert. Wir haben da offenbar eine Art von Antiperistaltik im mikroskopischen Gebiet vor, wie die Antiperistaltik des Darms im makroskopischen. Die Anerkennung, welche diese sich mühsam erringen mußte, wird wohl auch jener noch zuteil werden. Jedenfalls wird sie von den Sachverständigen in der gleichen Weise erklärt: *Schloffer* führt die Antiperistaltik des Darms auf „abnorme Innervationsvorgänge“<sup>98</sup>, *Parrisius* auf „seelische Unausgeglichheiten“ zurück.

Dehnt sich diese Störung räumlich und zeitlich nicht weit aus, dann mag sie praktisch bedeutungslos bleiben. Andernfalls ergeben sich Folgen für die Umgebung und schließlich für das Organ. Dann haben wir *Wunderlichs* abnorme Gewebszustände, welche als Mittglieder in der Reihe der Erscheinungen Ausgangspunkt neuer Folgen von Gewebsstörungen werden können. Dahin mag der spastisch-atonische Symptomenkomplex von *Otfr. Müller*<sup>883</sup> oder *Parrisius* Disharmonie zwischen vegetativen und autonomen Einflüssen gehören.

Für unsere Vorgänger in der Kunst waren die Begriffe: Congestion und Fluxion notwendige Requisiten ihres pathologischen Denkens,

und wir können nicht leugnen, daß sie mit diesem ihrem — vielleicht weniger exakten, aber dafür lebensnäheren Beobachten unseren technisch bewunderungswürdigen Forschungen am toten Material überlegen waren.

1813 definierte *Renauldin* präzise: Les congestions sont en général préparées par l'état d'atonie, de relâchement des parties solides. — Relativement aux régions qu'elles occupent, les congestions qui ont leur siège dans les organes internes apportent bien plus des troubles dans la machine et sont d'une autre importance que celles qui se développent à la périphérie du corps. — Das mutet höchst modern an.

Nichts liegt näher, als derlei Reizleitungsstörungen in den einzelnen Organen in Verbindung zu setzen mit den Organneurosen, die sich dermalen unverkennbar mehr in das allgemeine Interesse schieben. Bei einer Reihe davon liegen offenbar kongestiv-hyperämische Vorgänge vor. Freilich ist der Anteil der elastischen Funktion schwer zu bestimmen. Indessen bei der schweren Entwirrbarkeit der Ätiologie und des Wesens der Organneurosen ist dieser Gesichtspunkt vielleicht nicht ohne Interesse, um so mehr, als es nach *Volhard* infolge abnormer Beanspruchung auf Dehnung zu einer Aktivitätshypertrophie der Elastika der Gefäße (Präsklerose) kommt. Auch *Wollenberg* hebt hervor, daß auf dem Boden nervös-vegetativer Störungen organische (d. h. histologisch erkennbare) Veränderungen entstehen<sup>99</sup>. Schon ein halbes Jahrhundert früher hatte *Trousseau* gelehrt: Les congestions chroniques ont le plus souvent pour résultat une exsudation plastique interstitielle . . . et une véritable atrophie de la substance propre<sup>100</sup>.

Bei der langgestreckten Kurve, in welcher Veränderungen der Elastizität — man möchte sagen: über das ganze individuelle Leben sich hinziehen, ist es schwer zu entscheiden, ob derlei Kongestionen örtlich beschränkte Vorgänge sind oder Teilerscheinungen einer allgemeinen Erkrankung der elastischen Funktion, welche nun eben zunächst da oder dort in die Erscheinung tritt und erst später in größerer Ausdehnung sich zu erkennen gibt. Von größtem Interesse ist da die mehrfach hervorgehobene Tatsache (z. B. von *Kylin*, *Riegel*, *Volhard*, *Fahrenkamp*, *Schade*), daß Blutdrucksteigerungen bzw. Elastizitätsminderung als Ausdruck kolloidchemischer und lymphzirkulatorischer Veränderungen ebensogut als erstes Frühsymptom einer beginnenden, noch nicht erkennbaren, wie als letztes Residuum einer als geheilt angesehenen Krankheit nachweisbar sind.

Das spricht sehr für die Auffassung von *Schade*, welcher in der Bindegewebs-, d. h. Elastizitätsschädigung die lang gesuchte Ursache der Blutdrucksteigerung und in dieser die Ursache der Schrumpfniere gefunden zu haben glaubt<sup>101</sup>. Auch *Volhard* sieht in einem parallelen

Gedankengang die primäre Allgemeinkrankheit in einem allgemeinen Gefäßkrampf und die Nephritis nur als Teilerscheinung davon.

Es liegt kein Grund vor, die Hypertonie ausschließlich mit Nierenerkrankungen zu verkuppeln; sie kann sich ebensogut an anderen Organen manifestieren<sup>102</sup>; gewissermaßen als die chronischen Formen der akuten Zufälle, welche *Frankenhäuser* als kongestiv-cerebrale, gastrointestinale, rheumatische Zyklonopathien unter dem Einfluß plötzlich stark sinkenden Barometers beschrieben hat. Auch er hebt hervor, daß diese Pathien sich besonders an früher einmal erkrankten Stellen bemerklich machen<sup>103</sup>.

Störungen an den anderen Organen drängen sich auch einer weniger geschulten Aufmerksamkeit auf; solche an den Nieren entwickeln sich insgeheim. Wenn Kliniker vom Range eines *Wunderlich*, *Gerhardt*, *Leube* immer wieder darauf hingewiesen haben, wie sich Schrumpfnieren nur zu häufig und zu leicht hinter den Symptomen anderer Organerkrankungen verstecke, so liegt dem unverkennbar das Ahnen einer Allgemeinerkrankung zugrunde, von der die Lokalerkrankungen nur Teilausstrahlungen sind.

Das anatomische Denken, das von *Morgagni* bis *Virchow* immer mehr souverain die Ärzteswelt beherrschte und einerseits in der inneren Medizin den Nihilismus der 2. Wiener Schule, andererseits die glänzende Entwicklung der Chirurgie zeitigte, hat leichtbegreiflicherweise die einzelnen Organe, diese sichtbar gewordenen Funktionen, in den Mittelpunkt der Beachtung gerückt. So kam es, daß man sich eine Erkrankung kaum anders als irgendwo anatomisch lokalisiert vorstellen konnte, als ob ein falscher Akkord immer nur vom Klavier und nicht auch vom Spieler herrühren könne. Nur mit Mühe machen wir uns dermalen von dieser Tyrannei des Obduktionstisches frei und kehren zu der Erkenntnis des alten *David Hartley* zurück: *usus doctrinae vibrationum late patere videtur in re medica*. *Namque sine ea, modo vera sit, omnino manca et imperfecta erunt, quae de cerebri et nervorum muniis traduntur*. (Den elastischen Schwingungen dürfte in der Medizin eine große Rolle zukommen; denn ohne sie werden die nervösen Funktionen völlig dunkel bleiben<sup>18</sup>; scholium generale S. 38).

Diese Studie ist nicht gedacht für solche, welche als Planeten um die Sonne einer gerade im Brennpunkt stehenden suggestiven Vorstellung oder Persönlichkeit kreisen.

Sie möchte zeigen, daß die früheren Ärztegenerationen keineswegs rückständige Gesellen gewesen sind, über die wir stolzen Heutigen zur Tagesordnung übergehen könnten, daß vielmehr der Satz von *Baglivi* immer seine Geltung bewahren wird:

*Novi veteribus non opponendi, sed quoad fieri potest, perpetuo iungendi foedere.*

## Literaturverzeichnis.

- <sup>1</sup> Höber, R., Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe 5, 377. 1922.  
 — <sup>2</sup> Winterstein, H., Handbuch der vergleichenden Physiologie, Bd. I, 1. Hälfte, S. 331/332. 1925. — <sup>3</sup> Hellpach, W., Die geopsychischen Erscheinungen Bd. III, S. 94. 1923. — <sup>4</sup> Fahrenkamp, Die psychophysischen Wechselwirkungen bei den Hypertonieerkrankungen. Hippokrates Bücher 1, 37. 1926. — <sup>5</sup> Hirsch, S., Alter und Sterben, im Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie von Bethe, v. Bergmann, Emden, Ellinger Bd. XVII, S. 814. 1926. — <sup>6</sup> Tigerstedt, C., Der Blutdruck des Menschen bei psychischer Exzitation. Skandinav. Arch. f. Physiol. 48, 138. 1926. — <sup>7</sup> Cicero, De natura deorum 1, 1, 1. — <sup>8</sup> Rosenbach, O., Die Grundlagen der Lehre vom Kreislauf. Wien. med. Wochenschr. 1894, Nr. 9ff. Ausgewählte Abhandl. Bd. I, S. 250. 1909. — <sup>9</sup> Hauffe, Die Bedeutung des Herzbeutels für den Blutumlauf. Münch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 41/43. — <sup>10</sup> Hasebroek, K., Über den extrakardialen Kreislauf des Blutes. 1914. — Die Selbständigkeit der Peripherie des Kreislaufes und ihre Beziehungen zum zentralen Systeme. Dtsch. Arch. f. klin. Med. 102, 569—596. 1911. — <sup>11</sup> Borelli, De motu animalium 1734, S. 296, Kap. VIII. Propos. 115. — <sup>12</sup> Francé, R. H., Bios, die Gesetze der Welt, Bd. II, S. 25. 1921. — <sup>13</sup> Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft, Berlin, 29. XI. 1895. — O. Rosenbach, Die Bedeutung kleinerer Schwankungen des atmosphärischen Druckes für den menschlichen Organismus. Münch. med. Wochenschr. 1902, Nr. 17. — <sup>14</sup> Hering, Ew., Zur Theorie der Vorgänge in der lebendigen Substanz. Prag 1888. 5 Reden, Leipzig, Wilh. Engelmann, 1921, S. 53—103. — <sup>15</sup> Borelli, De vi percussione, Lugd. Bat. 1685, S. 105. — <sup>16</sup> Rosenbach, O., Energotherapeutische Betrachtungen über Morphinum als Mittel der Kraftbildung. v. Leyden-Klemperers deutsche Klinik Bd. I, S. 353. 1902. — <sup>17</sup> Spring, Sur la périodicité physiologique. Bullet. de l'Acad. royale des sciences etc. de Belgique 26, 541, 2. Serie. 1868. — <sup>18</sup> Hartley, Dav., Conjecturae quaedam de sensu, motu et idearum generatione. In: Metaphysical Tracts by Sam. Parr, London 1837, 3. Abhandl. Propos. 5 u. 4. — <sup>19</sup> Baglivi, G., De fibra motrice specimen. Bd. I, Kap. VIII, coroll. III. — <sup>20</sup> Kessler, Fr. Gottlob, Dissert. inaugur. de tono partium corporis humani. Halae Magd. 1737, § III. XXV. — <sup>21</sup> Testut, L., Vaisseaux et nerfs des tissus conjonctifs, fibreux, séreux, osseux. 1880, S. 9. — <sup>22</sup> Stuttgart, Ferd. Enke. 1910. — <sup>23</sup> Schade, H., Die physikalische Chemie in der inneren Medizin. Dresden-Leipzig 1921, S. 376. — <sup>24</sup> Bier, A., Die Entstehung des Kollateralkreislaufes. I. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. 147, 288. 1897. — K. Hasebroek, Die Blutdrucksteigerung, Preisarbeit. 1910, S. 11. — <sup>25</sup> Durig, A., Der arterielle Hochdruck. Verhandl. d. 35. Kongr. f. inn. Med. 1923, S. 124. — <sup>26</sup> Wenckebach, K. F., Herzkonstatierung im Krieg. Med. Klinik 1916, Nr. 18, S. 470. — <sup>27</sup> Mayer, Rob., Über notwendige Konsequenzen und Inkonssequenzen der Wärme-mechanik. 1869. — <sup>28</sup> Müller, Otf., Rigide Arterien, Tropfenherz und Kriegsdienst. Med. Klinik 1915, Nr. 50, S. 1369. — <sup>29</sup> Love, A. E. H., Lehrbuch der Elastizität 1907, S. 140. Der wissenschaftliche Begriff der Elastizität wurde zum ersten Male von Hooke geschaffen. (Philos. tracts and coll. London 1679). Hookes Gesetz: ut tensio, sic vis. Th. Young (1773—1829) bestimmte zuerst den Elastizitätsmodul. Die elastische Hysteresis (= Nachwirkung) entdeckte Wilh. Weber bei seinen erdmagnetischen Untersuchungen (nach Edm. Hoppe, Geschichte der Physik, 1926, S. 54—58). — <sup>30</sup> Josefson, Arn., Die Persönlichkeit und die inkretorischen Einsonderungsorgane. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1927, Nr. 1. — <sup>31</sup> Lancereaux, Zur Ätiologie der Arteriosklerose. Acad. de méd., 2. 6. 1908; Progr. méd. 1908, S. 296. — <sup>32</sup> Gottstein, A., Klimatische Einflüsse als Krankheitsursachen. Ergebn. d. allg. Pathol. u. pathol. Anat. 4, 54. 1897. — <sup>33</sup> Henle,

J., Handbuch der rationellen Pathologie Bd. I, S. 113. 1846. — <sup>34</sup> Henle, J., Pathologische Untersuchungen. 1840. Verlauf und Periodizität der Krankheiten, S. 173. — <sup>35</sup> Lamprecht, K., Zur jüngsten deutschen Vergangenheit Bd. II (1), S. 249/250. 1903. Vgl. Lamprechts moderne Geschichtswissenschaft 1920, S. 55. — <sup>36</sup> 21. Kongr. f. inn. Med. 1904, S. 144. — <sup>37</sup> Gazette méd. de Paris 1913, Nr. 204. — <sup>38</sup> Schmidtman, M., Über intracelluläre Wasserstoff-Ionenkonzentration und ihre praktische Bedeutung. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1927, Nr. 2, S. 50, sowie briefliche Mitteilung. — Handovsky und J. v. Trossel, Chronische Saponinwirkung. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. **117**. 1926. (Saponin wirkt blutdrucksteigernd und gleichzeitig beschleunigt es den H-Transport, S. 358.) — V. Hauptversammlung der Kolloidgesellschaft zu Düsseldorf, 23.—26. 9. 1926. — <sup>39</sup> Litré, Dictionnaire de méd., de chir., de pharm. etc. 1886. — <sup>40</sup> Ebbecke, Physiologie des Schlafes im Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie **17**, 565. 1926. E. Weber, Der Einfluß psychischer Vorgänge auf den Körper, insbesondere die Blutverteilung. 1910. — <sup>41</sup> John, Brown, Elementa medicinae Nr. 33. — <sup>42</sup> Frey, Walt., Die hämatogenen Nierenkrankheiten. Ergebn. d. inn. Med. u. Kinderheilk. **19**, 548. 1921. — <sup>43</sup> Luton, Nouveau dictionn. de méd. et de chir. pratiques **9**, congestion. 1868. — <sup>44</sup> Rosenbach, O., Arteriosklerose. In: Die Krankheiten des Herzens und ihre Behandlung. Ausgewählte Abhandl. **1**, 267. — <sup>45</sup> Much, H., An mehreren Stellen, zuletzt in: Hippokrates der Große. 1926, S. 102. — <sup>46</sup> Frédéric II, Essai sur les formes de gouvernement et sur les devoirs des souverains. Oeuvres compl. **6**, 68. 1788. — <sup>47</sup> Weber, E., Selbständigkeit des Gehirns in der Regulierung seiner Blutversorgung. Engelmanns Arch. f. Physiol. 1908, S. 457—536. — <sup>48</sup> Kahler, H., Blutdrucksteigerung, ihre Entstehung und ihr Mechanismus. Ergebn. d. inn. Med. u. Kinderheilk. **25**, 362ff. 1924. — <sup>49</sup> Külbs, F., Herz und Krieg. Ebenda **17**, 55. — <sup>50</sup> Diskussionsbemerkungen zu Volhard, Der arterielle Hochdruck. **35**. Kongr. f. inn. Med. 1923, S. 178. — <sup>51</sup> v. Economo, C., Der Schlaf als Krankheitssymptom. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie **17**, 607. 1926. — <sup>52</sup> Asher, in: M. Hirsch, Handbuch der inneren Sekretion, Bd. II, 1, Allgemeine Physiologie. 1926. — <sup>53</sup> Martini, P., und Al. Pierach, Der Symptomenkomplex der Hypotonie. 36. Kongr. f. inn. Med. 1926, S. 436. — <sup>54</sup> Wedemeyer, Gg., Untersuchungen über den Kreislauf des Blutes, insbesondere über seine Bewegung in den Arterien und Capillaren. 1828, S. 31. — <sup>55</sup> Bamberger, H., Krankheiten des Herzens. 1857, S. 319. — <sup>56</sup> Minkowski, O., Die Erkrankungen durch Einwirkung giftiger Gase. In: Schjernings Handbuch der ärztlichen Kriegserfahrungen, Bd. III, S. 357. 1921. — <sup>57</sup> Kluge, Aus der Universitäts-Frauenklinik Kiel. — <sup>58</sup> Griesinger, W., Hyperämie. Gesammelte Abhandl. Bd. II, S. 187. — <sup>59</sup> Hermanns Handbuch der Physiologie 1880, S. 427. — <sup>60</sup> Marchand, F., Über Arteriosklerose. 21. Kongr. f. inn. Med. 1904. — <sup>61</sup> Romberg, Ebenda S. 68. — <sup>62</sup> Huchard, 10. franz. Kongr. f. inn. Med. 1908. Bull. méd. 1908, Nr. 70, S. 789 bis 792. — <sup>63</sup> Goebel, J., Schwankungen im Capillardruck. Klin. Wochenschr. **2**, Nr. 50, S. 2279. 1923. — <sup>64</sup> Verworn, M., Kausale und konditionale Weltanschauung. 1912. — Drews, A., Psychologie des Unbewußten. 1924. S. 53/54. — <sup>65</sup> Gaubius, H. D., Sermo academicus de regimine mentis quod medicorum est. 1747, S. 2. — <sup>66</sup> Nach Brückner, Alex., Tatsachenreihen in der Geschichte. Rede 1886. — <sup>67</sup> Omar-i-Khajjam, Einleitung in die Algebra. — <sup>68</sup> Hoenig, Fritz, 24 Stunden Moltkescher Strategie, 3. Aufl. 1897, S. 247 u. 2. — <sup>69</sup> Platon, Republ. Bd. VII, S. 537. — <sup>70</sup> Griesinger, W., Theorien und Tatsachen. Arch. f. physiol. Heilkunde **1**, 652. 1842. — <sup>71</sup> Curschmann, H., Organneurosen. Med. Klinik 1926, Nr. 48, S. 1831. — <sup>72</sup> Wunderlich, C. A., Handbuch der Pathologie und Therapie Bd. I, S. 341—347. 1852. — <sup>73</sup> Wundt, W., Grundzüge der physiologischen Psychologie, 6. Aufl. Bd. II, S. 346. 1910; Bd. III,



S. 346. 1911. — <sup>74</sup> *Laennec, R. T. H.*, De l'auscultation médiate, Bd. I, S. 219. 1819. — <sup>75</sup> *Fournet, J.*, Recherches clin. sur l'auscultation 1839, S. 283. *A. Sézary*, Progr. méd. 1911, Nr. 37, S. 453/54. — <sup>76</sup> *Buttersack, F.*, Physikalische und klinische Betrachtungen über die sog. Rassel- und Reibegeräusche. Zeitschr. f. klin. Med. **65**, H. 5/6. — <sup>77</sup> *Weitz und Vollers*, Rhythmische Tonuschwankungen der glatten Muskulatur in verschiedenen Organen. 38. Kongr. f. inn. Med. 1926, S. 371. Vgl. dazu die Diskussionsbemerkungen *Katsch*. — <sup>78</sup> *Tandler, J.*, Lehrbuch der systematischen Anatomie. III. Gefäßsystem. 1926, S. 337. — <sup>79</sup> *Tigerstedt, C.*, Lehrbuch der Physiologie, Bd. I. 1907. S. 450. — <sup>80</sup> *Brugsch*, Allgemeine Prognostik. 1918, S. 235. — <sup>81</sup> *Müller, Ofr.*, Pathologie der menschlichen Capillaren. Zeitschr. f. ärztl. Fortbild. 1927, Nr. 4, S. 106. — <sup>82</sup> *Riolani, Joh. Filii*, Opera omnia, Lut. Paris. MDCXLIX. S. 842. : circulari non totum sanguinem, sed ferme dimidium dumtaxat, alterum dimidium contineri in vena porta et canalibus minoribus venae cavae et aortae qui nullo modo naturaliter circulantur. Is tantum circulatorius est qui intra canales majores venae cavae et aortae, a jugulo ad extremos artus includitur. — <sup>83</sup> *Schultze, E. O. P.*, und *Behan* (Biersche Klinik), Negativer Druck in den langen Röhrenknochen des Hundes. Münch. med. Wochenschr. 1912, Nr. 52. — <sup>84</sup> *Salviotti*, Veränderungen der Blutgefäße bei Entzündungen. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **50**, 603. 1870. — <sup>85</sup> *Natus*, Beiträge zur Lehre von der Stase nach Versuchen am Pankreas des lebenden Kaninchens. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **199**. 1910. — <sup>86</sup> *Parriusius*, Capillarstudien bei Vasoneurosen. Dtsch. Zeitschr. f. Nervenheilk. **72**, 327. 1921. — <sup>87</sup> *Grützner*, Betrachtungen über die Bedeutung der Gefäßmuskeln und ihrer Nerven. Dtsch. Arch. f. klin. Med. **89**, 132. 1906. — <sup>88</sup> Über die periodischen Schwankungen des osmotischen Druckes. Ber. d. Dtsch. botan. Ges. **34**. 1916. — <sup>89</sup> *Bachmann, F.*, Das Saftsteigen der Pflanzen. In: Ergebnisse d. Biolog. **1**, 369ff. 1926. — <sup>90</sup> *Gradenwitz, Alfr.*, Registratur des Pflanzenwachstums. Umschau 1927, H. 2, S. 28/29. — <sup>91</sup> *Béclard*, Anatomie générale, S. 336. — <sup>92</sup> *Müller, Joh.*, Handbuch der Physiologie des Menschen, Bd. I, S. 270. 1833. — <sup>93</sup> *Edda*, Havamal, Vers 20. — <sup>94</sup> *Haselhorst, G.*, Ätiologie und Therapie der Atonia uteri. Dtsch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 18, S. 753—755. — <sup>95</sup> *Strahlmann*, Tuberkulose als atonische Konstitutionsdegeneration. Fortschr. d. Med. 1927, Nr. 5, S. 142. *v. Neergard und Wirz*, Versuche zur klinischen Bestimmung der Lungenelastizität. 38. Kongr. f. inn. Med. 1926, S. 337. — *Brugsch* s. o. <sup>80</sup> S. 271. — <sup>96</sup> *Handbuch der Tuberkulose* von *Brauer, Schröder, Blumenfeld*, Bd. I, S. 629. 1914. *E. Löwenstein*, Handbuch der gesamten Tuberkulose-therapie, Bd. I, S. 67. 1923. *A. B. Marfan*, Bull. méd. 1907, Nr. 90, S. 1012 und Rev. de méd. 1907, Nr. 11, S. 1005—1022. — <sup>97</sup> *v. Leeuwenhoek, A.*, Epistolae ad societatem regiam anglicam, Lugd. Bat. 65. Brief (Sept. 1688) und 84. Brief (Oktober 1694). Bemerkenswert ist, wie der gescheite Mann sich die Beobachtung erklärt: Causa hujus rei, ut opinor, haec potuit esse: quod nempe, sanguis in minima arteria aut in aliis minoribus ramis parva aliqua obstructione fuerit impedita: vel quod musculus sive nervus proxime adjacens exiguis his vasculis ea ita presserit, ut inde cursus sit impeditus; unde non solum cursus interceptio, sed retrogradatio sanguinis fuit effecta. — <sup>98</sup> *Schloffer, Herm.*, Über Ileus bei Hysterie. Bruns' Beitr. z. klin. Chir. **24**, 392—417. 1899. — <sup>99</sup> *Wollenberg*, Der heutige Stand von der Lehre von den Neurosen. Dtsch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 49, S. 2062. — <sup>100</sup> *Trousseau*, Clinique méd. **2**, 497. 1865. — <sup>101</sup> *Schade*, Untersuchungen zur Organfunktion des Bindegewebes. Zeitschr. f. experim. Pathol. u. Ther. **11** (3), S. 398. 1912. — <sup>102</sup> *Herz, M.*, Arteriosklerose, Allgemeine Wien. med. Zeit. 1913, Nr. 20, S. 221/22. — <sup>103</sup> *Frankenhäuser*, Wirkung der Zyklone auf das Allgemeinbefinden. Zeitschr. f. phys. u. diät. Ther. **16**, 717—729. 1912.