

In diesem Sinne erscheint der ganze intermediäre Kreislauf des Fettes durch die Leber nicht als etwas Zufälliges und Unbedeutendes, sondern als nothwendig und zweckmässig, als ein Kunstgriff, dessen die Natur sich bedient, um den Nutzen einer vorhandenen Einrichtung zu sichern und der Einwirkung schädlicher Einflüsse zu begegnen.

Zum Schlusse dieser Arbeit erfülle ich gern die Pflicht, Herrn Professor Zuntz für das Interesse, welches er meinen Untersuchungen entgegenbrachte, meines wärmsten Dankes zu versichern.

III.

Die Circulation im Gehirn und ihre Störungen.

III. Vertheidigung der Grundgesetze.

Von Privatdocent Dr. Richard Geigel
in Würzburg.

Die von mir im 119. Bande dieses Archivs, sowie in einer ausführlicheren Monographie „Ueber die Mechanik der Blutversorgung des Gehirns“¹⁾ entwickelten Grundsätze haben durch Herrn Dr. Benno Lewy eine Erweiterung und theilweise Correctur erfahren. Seine Arbeit im 122. Bande dieses Archivs „Die Regulirung der Blutbewegung des Gehirns“ zeigt das hohe Interesse, das der Verfasser an der von mir angeregten Frage nimmt, und lässt bei demselben ungewöhnliche mathematische Vorbildung und Findigkeit erkennen. Das Endresultat seiner Ausführungen lässt sich kurz dahin zusammenfassen, dass das „Geigel'sche Gesetz“ unter physiologischen Verhältnissen nur bei excessiven Volumänderungen der arteriellen Gefässe, unter pathologischen Verhältnissen aber allgemeine Gültigkeit habe, sobald der Gesammtquerschnitt der venösen Seite unter eine

¹⁾ Enecke's Verl. 1890.

gewisse Grösse gesunken ist, so dass die Bedingungen $\varrho_0 > r$ und $n > \left(\frac{r}{\varrho}\right)^3$ nicht mehr gültig sind. Mit diesem Resultat könnte ich persönlich ja ganz zufrieden sein, wenn ich nicht zu meinem Bedauern sehen müsste, dass meine Deductionen Missverständnissen ausgesetzt sein können, denen ich eine weitere Verbreitung abschneiden muss, und wenn nicht richtige Gründe mir gegen die Ausführungen Lewy's zu sprechen schienen.

Vor Allem ist meine Grundgleichung

$$g = \frac{a}{w}$$

Gegenstand heftiger, und wie ich schlankweg zugeben will, auf den ersten Blick nicht unberechtigter Angriffe geworden. Was Herr Lewy gegen diese Gleichung in ihrer allgemeinen Fassung vorbringt, ist vollständig richtig: rechts steht eine unbenannte Zahl, und die beiden Seiten sind verschieden in den Dimensionen. Unrichtig dagegen ist, dass sich in keinem Lehrbuch der Physik etwas findet, was dieser Gleichung ähnlich sieht. Ich verweise ganz einfach auf das berühmte Ohm'sche Gesetz

$$J = \frac{E}{W}.$$

In einem ganz ähnlichen Sinn möchte ich meine erste Gleichung verstanden wissen. Wenn hier die Geschwindigkeit gleich Eins bei arteriellem Druck und bei Widerstand = 1 gesetzt ist, so fragt es sich bei meinen weiteren Ausführungen lediglich, ob g bei geändertem a oder geändertem w grösser oder kleiner wird, nicht um wie viel. Diese Frage nach den Vorzeichen der Aenderung lässt sich sicher beantworten, gleichviel ob im Nenner beispielsweise w oder w^2 steht, weil w stets im Nenner bleiben muss, nie in den Zähler kommen kann. Es drückt demgemäß die Gleichung 1) nichts anderes aus, als dass bei wachsendem a und bei kleinerem w die Blutgeschwindigkeit grösser wird und umgekehrt. Falsch wäre es, von ihr mehr zu verlangen, und in der That beweisen meine weiteren Ausführungen, dass ich auch nie mehr daraus geschlossen habe. Speciell von den 9 möglichen Fällen habe ich deswegen 6 unentschieden gelassen¹⁾.

¹⁾ Dieses Archiv a. a. O. S. 99.

Kaum bedarf es eines Hinweises, dass mir wohlbekannt ist, dass nicht a , sondern $a - v$ (v der Druck in den Venen) die Triebkraft des Blutes darstellt. Ich bitte diesbezüglich meine Monographie S. 13 unten und meine Arbeit über Embolie der Gehirnarterien (dieses Arch. Bd. 121. S. 436) zu vergleichen, wo dies mit deutlichen Worten zu lesen ist.

Vollständig unbegreiflich ist mir, wie Herr Lewy die Gültigkeit des selbstverständlichen und überdies von Fick experimentell bewiesenen Satzes durchaus bestreiten kann, wonach

$$a - s = d$$

ist. Wäre die Gleichung ungültig, so könnte Gleichgewicht nun und nimmermehr bestehen. a erweitert die Gefäße, die Summe d und s verengern sie; ist einer von beiden grösser, so muss das Gefäß eben enger oder weiter werden, so lange bis die Gleichung erfüllt ist. Das ist so klar, wie der Begriff der Spannung der Gefäße überhaupt, wie ich ihn gebraucht habe und wie er allgemein gebraucht wird. Weil ihn aber Herr Lewy tatsächlich nicht klar findet, so möchte ich ihn doch ein für allemal präzisiren.

Unter Spannung der Gefässwand verstehe ich und verstand man bisher die Summe aller in der Gefässwand selbst gelegenen Kräfte, welche das Volumen des Gefäßes zu ändern bestrebt sind. Positiv ist diese Spannung, wenn eine Verengerung, negativ, wenn eine Erweiterung angestrebt wird. Im concreten Fall der lebenden Blutgefäß-, speciell Arterienwand setzt sich diese Spannung zusammen aus der elastischen Spannung, die abhängig ist von der Weite des Gefäßes und also auch von der erweiternden Kraft, dem arteriellen Druck a , und aus dem davon ganz unabhängigen Tonus der vasomotorischen Musculatur. In keinem anderen Sinne habe ich in meinen Arbeiten den Begriff der Spannung jemals gebraucht¹⁾, und es ist mir ganz unbegreiflich, wie Herr Lewy sagen kann, dass ich „Arterienspannung und Druck ihrer Musculatur wirklich identifieire“ oder gar (was damit auch noch in directem Widerspruch steht), dass ich „nicht eine Kraft meine, sondern ganz etwas anderes, die Volumverände-

¹⁾ Vergleiche meine unzweideutigen Worte hierüber in meiner citirten Monographie S. 18 mittlerer Absatz.

rung des Gefäßes.“ Ich soll also in der Gleichung $a - s = d$ von der Kraft a eine Bewegung, eine Volumänderung abgezogen haben, um wieder eine Kraft, den intracerebralen Druck d zu erhalten! In meiner ersten Arbeit habe ich mich gescheut, über diese selbstverständlichen Dinge mich ausführlich zu verbreiten; sie hätte sonst manches von ihrer „bewundernswerthen Knappheit“ eingebüßt.

Der Satz „Geigel nimmt z. B. an, dass der Sympathicus im Gehirn der gefässerweiternde Nerv sei, dass seine Reizung also im Gehirn ebenso wie im übrigen Körper Anämie veranlasse“ ist mir, nach Allem, was ich darüber geschrieben habe, vollkommen unverständlich. Erstens halte ich, wie andere auch, den Sympathicus zunächst für einen Gefässverengerer, und zweitens habe ich in meiner von Herrn Lewy citirten Monographie S. 23 die Frage ausdrücklich noch offen gelassen, ob die Hirngefäße nicht zum grossen Theil oder ganz vom Centrum vaso-motoricum direct und nicht vom Sympathicus innervirt werden.

Was endlich die historische Seite der ganzen Frage anlangt, so muss ich doch Althann gegen Herrn Lewy in Schutz nehmen. In Althann's Werk, das „eigentlich nur compilatorischer Art ist und recht wenig eigenes bietet“, ist meines Wissens zum ersten Mal die fundamental wichtige Thatsache hervorgehoben worden, dass Erweiterung der Arterien nothwendig Verengerung der Capillaren zur Folge haben müsse, und dem habe ich auch in meinen Arbeiten gebührend Rechnung getragen. Anzuführen, dass auch die Chirurgen das Gehirn als ein Organ ansahen, das in eine allseitig geschlossene Kapsel eingesperrt sei, worauf dann die Deductionen Althann's anzuwenden wären, das habe ich wirklich nicht für nöthig gehalten. Speciell in einem so ausgezeichneten Werke, wie das citirte Albert'sche Lehrbuch es ist, erscheint mir die Rücksichtnahme auf diese Verhältnisse durchaus selbstverständlich.

Was den positiven Theil von Dr. Lewy's Arbeit anbetrifft, der meine Grundsätze erweitert und modifizirt, so muss ich nochmals meiner vollen Anerkennung Ausdruck geben, die ich der Behandlung der Frage von Seiten dieses Autors zollen muss.

Speciell der Satz, dass Verengerung einer einzigen Arterie in allen übrigen Gefässprovinzen bessere Circulationsverhältnisse

schaffen muss, ist vollständig richtig. Er ist aber schon nicht mehr neu. Dasselbe habe ich bereits abgeleitet, experimentell bewiesen und veröffentlicht¹⁾.

Zu meinem Bedauern kann ich aber den Resultaten der mit grossem Geschick durchgeführten Rechnung, die ich in ihrem formalen Theil nicht anzweifle, eine Gültigkeit nicht zuerkennen. Der Rechnung liegt die Anwendung des Poiseuille'schen Gesetzes für den arteriellen und venösen Abschnitt des Gefässystems zu Grunde. Das ist ganz entschieden falsch. Wenn gleich die feinsten Arterien und Venen noch dem Poiseuille'schen Gesetz unterliegen, so bestreite ich durchaus, dass man dasselbe auch auf Gefässe von grösserem Kaliber anwenden dürfe. Poiseuille fand sein Gesetz gültig bei Durchmessern von 0,03 bis 0,06 mm, bei sehr hohem Druck auch noch bei weiteren Röhren. Die Länge des Rohres darf unter eine untere Grenze nicht heruntergehen, und zwar muss das Rohr um so länger sein, je weiter es ist. So fand Poiseuille das Gesetz noch bestätigt bei

$$\begin{array}{l} 200 \text{ mm Länge und } 0,6 \text{ mm Querschnitt und} \\ 2-3 - - - 0,029 \text{ mm } - \end{array}$$

Im Allgemeinen nimmt man an, dass der Durchmesser eines Rohres sich nicht viel von 1 mm entfernen darf, sonst wird das Poiseuille'sche Gesetz ungültig. Im Gehirn kommen aber Arterien und Venen vor, die sich von diesen Dimensionen sehr weit entfernen. So betragen die Diameter nach Henle für die

Art. foss. Sylv.	5,0 mm
- corp. callos.	3,5 -
- vertebrales	5,0 -
- basilaris	5,0 -

Die Verhältnisse sind nicht einmal auf beiden Seiten des Gefässsystems dieselben, indem die weitesten Venen in Gestalt der Sinus incompressible Wände besitzen.

Wenn ich demnach die Resultate Lewy's für durchaus unbrauchbar erklären muss, so weiss ich sehr wohl, dass wir ein besseres Gesetz, als das Poiseuille'sche, für den Strom in

¹⁾ Sitzungsber. d. Physik.-med. Gesellsch. zu Würzburg. XI. Sitzung vom 31. Mai 1890 und Dieses Archiv Bd. 121 S. 438.

starren Röhren überhaupt noch nicht besitzen, und damit schwindet auch leider die Hoffnung, dass wir in der nächsten Zeit auf dem von Herrn Lewy beschrittenen Wege überhaupt weiter gelangen werden.

In meiner citirten Monographie habe ich selbst schon ausgesprochen, dass bei Verengerung der Arterien zwar der Widerstand in den Capillaren ab-, der in den Arterien aber selbst zunehmen müsse. Ich hielt und halte aber die Veränderung in den engen Capillaren für ausschlaggebend. Zudem ist auch die verschiedene Anordnung, wie ich damals schon hervor hob, nicht gleichgültig, indem es nicht irrelevant ist, ob der Strom sich von einem engen in ein weites Rohr oder umgekehrt bewegt. Das letztere Moment ist von Herrn Lewy gar nicht berücksichtigt worden, seine Einwendungen gegen das erstere kann ich aus den oben angeführten Gründen nicht als richtig anerkennen.

Ich halte demgemäß meine Fundamentalsätze, wonach
spastische Verengerung der Arterien Hyperdiaemorrhysis
paralytische Erweiterung der Arterien Adiaemorrhysis
ceteris paribus nothwendig bedingen muss,
voll und ganz aufrecht, werde aber für sie erst dann wieder eine Lanze einlegen, wenn neue und mehr stichhaltige Gründe dagegen in's Feld geführt werden sollten.
