

X.

Die Viskosität des Blutes.

II.

Bemerkungen zu der gleichnamigen Arbeit von C. Beck und C. Hirsch.

Von

Dr. Wolfgang Heubner, Zürich.

I.

Die vorstehende Abhandlung von Beck und Hirsch¹⁾ enthält kein positives Material, das mich veranlassen könnte, meine kürzlich dargelegten Resultate über die Bedeutung der Blutviskosität²⁾ zu modifizieren. Da die Diskussion von Einzelheiten ohne experimentelle Belege für einen größeren Leserkreis wenig Interesse hat, da ferner diejenigen, die sich selbst eingehender mit der Materie befassen, schon aus dem Vorliegenden ihr Urteil bilden können, so würde ich nicht nochmals das Wort ergreifen, zwänge mich nicht die Form jener Abhandlung dazu, die mich durch dogmatische Anwendung der Worte „unrichtig, — Fehler“ mehr diskreditiert als widerlegt.

Ich habe in der erwähnten Arbeit in möglichst zusammenhängender Darstellung alles vorgebracht, was ich im Laufe längerer Zeit mit manchen Unterbrechungen unternommen habe, um der Viskositätsfrage von verschiedenen Seiten her beizukommen; so mag es gekommen sein, daß einige Hauptpunkte nicht mit der nötigen Schärfe in den Vordergrund gerückt worden sind:

1. Rein physikalisch:³⁾ Bei allen Flüssigkeiten, die durch enge Röhrenströmen, sind durchweg zwei Arten des Strömens zu unterscheiden; je nach den äußeren Bedingungen, Röhrendimensionen und -form, Druck, Temperatur, Benetzung, stellt sich entweder die eine oder die andre (a oder b) ein:

a) Die Bewegung der Flüssigkeit läßt sich durch die einfache Poiseuille'sche Formel ausdrücken, und die theoretische mathematische Ableitung ist erfüllt.

b) Die Bewegung gehorcht diesem Gesetz nicht, neue Einflüsse kommen zu den in Poiseuilles Formel enthaltenen Größen hinzu.

1) Siehe Seite 54.

2) Dieses Archiv. 53. 1905. S. 280.

3) Siehe auch Couette, Études sur le frottement des liquides. Ann. de Chim. et de Physique. 6. Série. 21. 1890. S. 433, und Grüneisen, Über die Gültigkeitsgrenzen des Poiseuille'schen Gesetzes usw. — Wissenschaftl. Abhandlungen der Physikalisch-technischen Reichsanstalt IV. 1905. S. 151.

Außerhalb von α liegen die „Grenzen“ des Gesetzes von Poiseuille. Für das Strömen des Blutes in den Gefäßen ist es bis auf den heutigen Tag nicht entschieden, welche dieser beiden Strömungsarten, oder an welchen Stellen des Gefäßsystems die eine, wo die andre gilt.

2. Physiologisch: Alle theoretisch-physikalischen Erörterungen können an folgenden Tatsachen nichts ändern:

Von der lebendigen Kraft des Blutstroms wird vom Herzen ab bis zu haarfeinen Arterien eine nur recht geringe Menge verbraucht (siehe Blutdruck); man darf auch nicht vergessen, daß die Spannung der Arterienwände eine von ihrer Muskulatur aktiv geleistete Arbeit ist. Das Lumen der Kapillaren aber wird überhaupt nur durch Überwindung des „Gewebsdrucks“ von innen her offen gehalten ¹⁾.

Die Kapillaren verzehren den größten Teil des Blutdrucks. In ihnen fließen meist die Blutkörperchen eines hinter dem anderen her, wobei sie gestoßen, gepreßt, sehr oft deformiert und zwar besonders in die Länge gezogen werden.

Kurz und gut, es wird in den Kapillaren lebendige Kraft verbraucht, die nicht nur „innere Reibung“ ist. Wie groß dieser Anteil des Strömungswiderstandes ist, verglichen mit dem durch die innere Reibung bedingten, ist nicht bekannt. Sicher ist nur, daß er ebenso wie dieser von der Zahl der Blutkörperchen abhängig ist, außerdem aber auch Beziehungen zwischen Blutkörperchenoberfläche und -elastizität und Kapillarwand zum Ausdruck bringen muß. Ob nun zwischen Blutkörperchen und Gefäßwand noch eine feine Plasmaschicht in „Ruhe“ bleibt, und ob man das nun äußere Reibung nennen will oder nicht, ist gleichgültig. Immerhin scheint es mir zweifelhaft, ob angesichts solcher Tatsachen die apodiktische Feststellung von Beck und Hirsch: „eine äußere Reibung findet überhaupt nicht statt“, die sich nur auf die Theorie stützt, der prägnanteste Ausdruck unseres tatsächlichen Wissens ist.

II.

Demnach muß ich wiederholen, daß der Reibungswiderstand die Summe zweier Größen ist, von denen nur eine bekannt ist, und die nicht α priori stets in gleichem Sinne variabel sein müssen. Die Voraussetzung von Hirsch und Beck, von der aus sie ihre früheren Untersuchungen ²⁾ unternommen haben: daß nämlich eine erhöhte innere

1) Hermann, Lehrb. der Physiologie. 11. Aufl. 1896. S. 83.

2) Hirsch u. Beck, Studien z. Lehre v. d. Viskosität d. lebend. menschl. Blutes. D. Arch. f. klin. Med. 69. 1901, S. 503, ib. 72, S. 560. — Eine Methode zur Best. d. inneren Reibungswiderstandes usw. — Münch. med. Wochenschr. 1900, II, S. 1685. — Beck, Beiträge z. Bestimmung d. relativen inneren Reibung von Flüssigkeiten, im besondern des menschl. Blutes. Habilitationsschrift, Leipzig. 1904.

Reibung notwendig eine Blutdrucksteigerung zur Folge habe, präsumiert etwas Unbekanntes. Wenn man statt „notwendig“ vielleicht oder sogar wahrscheinlich setzt, ist gegen den Satz nichts mehr einzuwenden.

Daß man die isolierte innere Reibung (= Viskosität) des Blutes mit Hilfe des Poiseuilleschen Gesetzes in Glaskapillaren bestimmen kann, habe ich ebensowenig bestritten, wie die Benetzung der Gefäßwand durch das Blut. Nur scheint mir die Kenntnis des Viskositätskoeffizienten an sich ein untergeordnetes Interesse zu haben, so lange jenes „wahrscheinlich“ nicht „notwendig“ wird.

Bei starken Abweichungen von der Norm werden sicherlich Blutkörperchenzählungen einen ebensoguten, vielleicht zuverlässigeren Anhaltspunkt für die Beurteilung des Widerstands im Kreislauf liefern wie Viskositätsmessungen.

Meine Ausführungen über die quantitativen Unterschiede der Benetzung übergehen Beck und Hirsch. Ich habe diese Frage wegen ihrer bisherigen schiefen Beleuchtung in der medizinischen Litteratur eingehender behandelt, als ihrer Bedeutung zukommt. Denn in Wahrheit sind auch für ganz schlecht benetzende Flüssigkeiten Bedingungen herzustellen, wo das Poiseuillesche Gesetz gilt ¹⁾, wie oben schon erwähnt.

Bezüglich meiner „Verwechslung der Begriffe“ Transpiration und Viskosität will ich meine ungenaue Ausdrucksweise zugeben. Jedenfalls bleibt es dabei, daß der von Poiseuille und Hürthle angewandte „Koeffizient der Leichtflüssigkeit“ eine unbequeme Größe ist.

Die Kritik über meinen Durchströmungsversuch und die von Beck und Hirsch dazu gegebene Erläuterung überlasse ich künftigen Experimentatoren.

III.

Dagegen möchte ich zu den vergleichenden Versuchen mit Wasser, Alkohol, Chloroform noch einige Bemerkungen machen. Daß ich die Zahlen der ersten Rubrik, um die sich Beck und Hirsch so viel Mühe machen, nicht für beweisend ansah, ging nach meiner Auffassung für jeden cum grano salis Lesenden aus dem Zusatz „mindestens im Bereich der letzten vier Kapillarweiten“ zur Genüge hervor. Jedoch schienen sie mir gerade ein demonstratives Interesse zu besitzen, da der Unterschied zwischen dem Eintreten der Gesetzmäßigkeit an einer bestimmten Stelle beim Alkohol gegenüber dem Ausbleiben dieser Gesetzmäßigkeit beim Chloroform recht bezeichnend ist. Die von Ostwald aufgestellte Regel über die Dauer der Durchströmungszeit bei solchen Versuchen ist keine dogmatisch absolute, sondern empirisch zweckmäßige; schon die Verschiedenheit der Grenzen des Poiseuilleschen Gesetzes bei verschiedenen Flüssigkeiten ergibt das ja.

Die Werte der letzten Rubrik für das Chloroform erklären Beck und Hirsch kurzerhand durch Verdunstung. Selbstverständlich habe ich mir selbst vor der Publikation diese Fehlerquelle vorgehalten. Jedoch muß die Verminderung des Volumens durch Verdunsten (die

¹⁾ Warburg, Über den Ausfluß des Quecksilbers aus gläsernen Kapillarrohren. Poggendorfs Annalen 140. 1870. S. 367.

Koch, Über die Abhängigkeit der Reibungskonstante des Quecksilbers von der Temperatur. — Wiedemanns Annalen 14. 1881. S. 1.

übrigens nach einmaliger Ablesung nie merklich war) nach zwei entgegengesetzten Richtungen das Resultat beeinflussen, d. h. der Fehler muß sich teilweise aufheben: das niedrigere Niveau muß die Ablesungszeit verkürzen, der geringere Druck sie dagegen verlängern. Beck und Hirsch erwähnen die Dampftension des Chloroforms bei 25° : 200 mm Hg. Sie verschweigen die Dampftension des Wassers: 23,5 und die des Alkohols: 59. Alkohol hat also bei 25° eine $2\frac{1}{2}$, Chloroform eine $8\frac{1}{2}$ mal so große Dampftension wie das Wasser. Sie machen ferner nicht darauf aufmerksam, daß der Alkohol durch jene Kapillare 84,4 Minuten floß, während das Chloroform nur 20,5 brauchte. Die Quotienten der Dampftension und der Versuchsdauer bei beiden Flüssigkeiten sind also wiederum entgegengesetzt und fast gleich groß, die Gesamtverdunstung während des Versuches müßte also als etwa gleich erwartet werden. Trotzdem beträgt die Abweichung bei Alkohol 0,77, bei Chloroform 7,2 % des Wertes für die Ausflußzeit.

Nimmt man übrigens nur die Werte der II. bis IV. Rubrik, so zeigt sich z. B. für das Verhältnis Wasser: Chloroform eine Abweichung um 4,9 %, während sich bei Alkohol: Wasser nur 1,5 % Fehler ergibt.

Ich muß es dahingestellt sein lassen, ob bei einer noch weitergehenden Verengerung und Verlängerung der Kapillaren sich auch für das Chloroform die Poiseuillesche Gesetzmäßigkeit eingestellt hätte; es wäre sonst der erste bekannte Fall, daß sich für eine Flüssigkeit keine Bedingungen herstellen ließen, wo sie nach der Formel flösse. Jedoch auch dann wären die quantitativen Unterschiede in dem Verhalten der verschiedenen Flüssigkeiten ebensowenig ohne Interesse, wie es heute noch etwa der zwischen Wasser und Quecksilber ist. Jedenfalls muß ich für meine Versuche den Anspruch aufrecht erhalten, daß sie nur durch neue Experimente, nicht durch schnellfertige Bemerkungen aus der Welt geschafft werden. Ich selbst bin zu meinem Bedauern durch äußere Umstände vorzeitig verhindert worden, solche Versuche in ausgedehnterem Maße weiterzuführen.

Im Anschluß daran möchte ich erwähnen, daß noch ein Fall bekannt ist, der mit der mathematischen Theorie nicht ganz übereinstimmt.¹⁾ Wenn Blut durch gläserne Kapillaren strömt, so fließt es keineswegs linear, noch kann die Geschwindigkeitszunahme eine stetige von einer differentialen Schicht zur folgenden sein; dennoch scheint nach den bisherigen Erfahrungen die in der Zeiteinheit ausströmende Menge der Poiseuilleschen Formel zu entsprechen.

Es darf also noch Manches in dem Gebiet der Blutviskosität als unentschieden bezeichnet werden; ich für meine Person glaube jedoch nun mich hinreichend ausgesprochen zu haben und werde vor Anstellung neuer Versuche nicht wieder auf das Thema zurückkommen

1) Vergl. dagegen Beck, Habilitationsschrift, S. 10.