

Zur Frage der individuellen Blutdiagnose.

Von
Dr. med. Curt Goroney.

(Aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin der Universität Königsberg i. Pr. — Direktor: Prof. Nippe.)

Die in dieser Zeitschrift von *Marx* referierte und zum Teil nachgeprüfte, ursprünglich in tschechischer Sprache erschienene Arbeit *Hajeks: Die Anwendung des Prinzips der Hysterese zum gerichtlichen Nachweis der Identität des Blutes*, liegt nunmehr in deutscher Sprache vor und gestattet somit allgemein eine Nachprüfung und Kritik, die mir um so notwendiger erscheint, als es sich einerseits um eine für die gerichtliche Medizin sehr wichtige Frage, andererseits um neue, in unserem Fache bisher nicht oder nur selten angewandte Methoden handelt.

Hajek legt seiner Arbeit die Untersuchungen *Růžičkas* über die Protoplasmahysterese zugrunde, wobei unter Protoplasmahysterese im Sinne *Růžičkas* eine mit dem Alter fortschreitende Veränderung der lebenden Substanz verstanden wird, die in einer durch Kondensation ähnlich wie bei alternden Kolloiden bedingten Herabsetzung des Löslichkeitsvermögens besteht. Der Grad dieser Veränderungen bildet nach *Růžička* einen Maßstab für das Alter des betreffenden Gewebes.

Unter den zahlreichen von *Růžička* vorgeschlagenen Methoden hat *Hajek* für seine Untersuchungen am Blute zwei angewendet: die Ausflockung durch Alkohol und die Messung der Wasserstoffionenkonzentration (H^-). Die erstere ist von *Marx* bereits nachgeprüft und für die forensische Blutuntersuchung für nicht verwendbar gefunden worden. Die andere Methode, die Messung der H^- , habe ich nun unter diesem Gesichtspunkt nachgeprüft.

Hajek untersuchte Leichenblut aus Herz und Sinus der Dura. Er ließ das Blut an der Luft eintrocknen, löste dann 0,1 in 200,0 destilliertem Wasser und bestimmte die H^- mittels Indikatoren nach *Michaelis*. Als Ergebnis aus 120 Fällen fand *Hajek* Exponenten zwischen p_H 7,65 und 6,1 und bei Zusammenfassung von je 5 Lebensjahren eine Kurve, die von den ersten Lebensjahren (etwa p_H 7,0—7,5) bis zum 45. Lebensjahr (p_H 6,54) abfällt, dann wieder leicht ansteigt. Trotz etwa 25%

Abweichungen glaubt *Hajek* doch, daß der Exponent, wenn mit getrocknetem Blut gearbeitet wird, während des Lebensablaufs in gesetzmäßiger Weise sinkt und daß aus der Höhe des Exponenten auf die Höhe des Alters geschlossen werden kann. Er berechnet eine Standardzahl für p_H des getrockneten Blutes, nämlich 6,77, einen Exponenten, der dem Alter von 35—40 Jahren entspricht, und empfiehlt vorläufig zum Zwecke der Identifizierung des eingetrockneten Blutes in der Praxis folgendes Prinzip: Ist p_H größer als 6,7, so weist das darauf hin, daß das Blut von einem unter 35 Jahre alten Individuum herrührt, ist p_H kleiner als 6,8, so handelt es sich um das Blut eines über 45 Jahre alten Individuums.

Bevor ich nun auf die Untersuchung am eingetrockneten Blut eingehe, will ich kurz die hier interessierenden Verhältnisse am Lebenden erörtern. Maßgebende und einwandfreie frühere Untersucher, wie *Sörensen*, *Hasselbalch*, *Lundgaard*, *Michaelis*, *Davidoff* u. a., fanden bei zahlreichen Untersuchungen aller Lebensalter zwar gewisse Schwankungen der p_H , doch boten diese nichts Charakteristisches hinsichtlich des Lebensalters, die Schwankungen bewegten sich zwischen p_H 7,1 und 7,45.

Für die wahre oder aktuelle Reaktion des Blutes, d. h. die H^- , ist, wie zuerst *P. Fraenkel* und *Farkas* und dann besonders *Höber*, *Hasselbalch* und *Lundgaard* gezeigt haben, die Kohlensäure von der größten Bedeutung, und zwar wurde des weiteren gefunden, daß mit wachsender Kohlensäurespannung die Konzentration der H^- zunimmt. Kommt es speziell unter pathologischen Verhältnissen zu einer Anhäufung von abnormalen Säuren (z. B. bei Diabetes von Acetessigsäure und β -Oxybuttersäure), so wird ein Teil des Alkali, das früher an die Kohlensäure gebunden war, von diesen Säuren unter Austreibung von Kohlensäure in Anspruch genommen. Dieses bedingt eine Erniedrigung des Bicarbonatgehaltes des Blutes und würde also zu einer Verschiebung des Gleichgewichts zwischen Bicarbonat und Kohlensäure und damit zu einer Reaktionsverschiebung führen, wenn nicht eine empfindliche physiologische Regulation jetzt in Wirksamkeit trate. Durch gesteigerte Atmung infolge Reiz des Atemzentrums durch die erhöhte H^- wird das relative Übermaß von Kohlensäure schnell ausgetrieben (durch Lunge und Nieren). Dann ist der Kohlensäuregehalt der im Gleichgewicht mit dem Blute stehenden Alveolarluft wesentlich vermindert. Durch die Bestimmung der wahren Reaktion solchen Blutes kann man über eine bestehende Acidosis daher nichts aussagen. Bringt man jedoch dieses Blut, das durch Austreibung von Kohlensäure und Senkung der Kohlensäurespannung seine Wasserstoffzahl beibehalten hat, unter eine Kohlensäurespannung, die für das normale Individuum charakteristisch ist — bestimmt man somit die *reduzierte Wasserstoffzahl* (*Hasselbalch*) —, so

ergibt sich eine Reaktionsverschiebung, und die dabei auftretende H· kann ein Maß für die anwesenden abnormen Säuren sein. Bei dieser Art der Reaktionsbestimmung hat man beim Lebenden z. B. auch nach reiner Fleischkost eine Erhöhung der p_H nach der sauren Seite gefunden.

Eine deutliche und über einen längeren Zeitraum sich erstreckende Überschreitung der p_H des Blutes nach der sauren Seite innerhalb der Gefäße ist beim Lebenden bisher nicht beobachtet. Sie erfolgt erst im Moment des Todes. Dagegen ist neuerdings von *J. Holló* und *St. Weiß* bei Basedow eine deutliche Erhöhung der p_H nach der alkalischen Seite gefunden worden.

Den Eiweißkörpern kommt nach den bisherigen Untersuchungen insofern eine Bedeutung für die H· des Blutes zu, als sie die Rolle von Puffern spielen, d. h. sie geben bei erhöhtem Partiardruck der Kohlensäure Alkali ab und steigern so das Vermögen des Blutes, Kohlensäure zu binden, während bei dem in den Lungen herrschenden niedrigeren Partiardruck eine Rückbildung erfolgt. Unter den Proteinen spielt das Hämoglobin eine besonders große Rolle bei der Pufferwirkung, was damit in Zusammenhang steht, daß Hämoglobin beim Übergang von seiner oxydierten Form in die reduzierte gleichzeitig von einer relativ starken zu einer relativ schwachen Säure verändert wird und dadurch einen Teil seines Alkalis an die Kohlensäure abgibt. *Růžička* (nach *Hajek*) hat gefunden, daß das Blutserum mit zunehmendem Alter ein Steigen des Wasserstoffexponenten aufweist. Zahlreiche Untersuchungen anderer Autoren haben zwar eine dem Gesamtblut gegenüber stärkere Alkalität ergeben, aber keine Abhängigkeit von dem Alter. Daß den Serumeiweißkörpern kein wesentlicher Einfluß auf die H· des Blutes innerhalb der Gefäße zukommt, geht aus den neuen Untersuchungen über die Konstitution der Serum eiweißkörper (*Siegfried*) hervor, Untersuchungen, die uns die Kenntnis schwererer Veränderungen in der Konstitution der Eiweißkörper übermittelt haben, lange bevor der Wasserstoffionengehalt des Blutes eine nennenswerte Änderung erfährt.

Schon nach diesen kurzen und ganz unvollständigen Ausführungen über die in Betracht kommenden Verhältnisse am Blut des Lebenden schien es mir wenig erfolgversprechend, die Methode der p_H -Messung in einer einfachen Lösung eines eingetrockneten Blutflecks zur Bestimmung des Alters des betreffenden Individuums heranzuziehen. So einfach scheinen die Dinge doch von vornherein nicht zu liegen. Da aber durch das Eintrocknen ganz andere Verhältnisse entstehen können, habe ich eine Reihe eigener Versuche angestellt, die ich kurz mitteilen und kritisch mit den Befunden *Hajeks* vergleichen möchte.

Von prinzipieller Wichtigkeit erschien mir, und das ist von *Hajek* nicht erörtert worden, einen Unterschied zwischen Blut vom Lebenden

und Leichenblut zu machen. Ist es doch eine gerichtsärztlich bekannte Tatsache, daß sich das Leichenblut durch postmortale Vorgänge (Diffusion u. a.) in anderer Weise verändert wie das einem Lebenden entnommene.

Meine eigenen Ergebnisse sind folgende. Um Raum zu sparen, verzichte ich auf Wiedergabe ausführlicher Tabellen, zumal sie entbehrlich erscheinen.

Was die Technik der Bestimmung der H' betrifft, so habe ich sowohl die Messung der elektromotorischen Kräfte mittels der Gaskette wie die Farbenreaktion mittels Indicatoren benutzt. Auf die Indicatormethode habe ich besonderes Gewicht gelegt, weil sie einfacher und daher für praktische Zwecke geeigneter ist. Als geeigneten Indicator fand ich das p-Nitrophenol. Doch hat sich durch Vergleich mit der Gaskette ergeben, daß eine größere Verdünnung als etwa das 40fache die Brauchbarkeit dieses Indicators aufhebt, da durch den sogenannten Säurefehler ziemlich erhebliche Abweichungen vorkommen. Bei einer etwa 400fachen Verdünnung, wie sie Hajek anwandte, geht die an sich gute Pufferung organischer Flüssigkeiten verloren.

A. Untersuchung eingetrockneten Blutes von Lebenden.

Eine bestimmte Menge aus einer nicht gestauten Armvene entnommenen Blutes wird in dünner Schicht auf Glasschalen an frischer Luft eintrocknen gelassen. Nach 2–3 Tagen, wenn das Eintrocknen vollständig erfolgt ist, wird auf das 40fache des ursprünglichen Volums verdünnt. Es wurden gesunde Männer (Gefangene) der verschiedenen Lebensjahre, und zwar jeweils mehrere desselben Alters, untersucht.

Als Resultat ergab sich, daß die Wasserstoffexponenten nicht nur nicht irgendwelche Gesetzmäßigkeiten mit zunehmendem Alter, sondern auch nicht bei Männern von gleichem Alter zeigten. Die Exponenten lagen zwischen p_H 7,6 und 5,8. Auch bei Blutproben desselben Individuums zeigten sich kleine Differenzen.

B. Untersuchung eingetrockneten Leichenblutes.

Es wurde das Herzblut von Leichen verschiedenen Alters, und zwar 1–5 Tage post mortem untersucht. Die Leichen waren kurz nach dem Tode dem Leichenschauhaus überwiesen und unter möglichst gleichen Bedingungen besonders hinsichtlich der Temperatur der Umgebung aufbewahrt.

Auch bei diesen Versuchen ergab sich nichts Charakteristisches hinsichtlich des Lebensalters.

Um möglichst gleichartige Bedingungen zu schaffen, wurden ferner Blutlösungen verglichen, die in gleichen Zeiten post mortem entnommen wurden. Auch dabei nichts Gesetzmäßiges.

C. Sehr altes eingetrocknetes Blut.

Die Resultate sind völlig uncharakteristisch, was hier ohne weiteres durch die bekannte Tatsache bedingt ist, daß altes Blut nur schwer aufzulösen ist und erhebliche Veränderungen chemischer Natur erfährt.

Wie fast zu erwarten war, haben meine Untersuchungen, die ich eben berichtete und die in modifizierter Form denen von *Hajek* entsprechen, so verschiedenartige Werte ergeben, daß sie zur Lösung des in Frage stehenden Problems in keiner Weise beitragen. Meine Zahlen, die unter konstanteren Bedingungen wie bei *Hajek* gewonnen wurden, lassen auch bei Zusammenfassung mehrerer Altersklassen nicht eine „Standardzahl“ gewinnen, von der, auf- und abwärts gerechnet, das Individuum älter oder jünger einzuschätzen ist.

Ich kann daher die von Hajek vorgeschlagene Methode, durch Messung der Wasserstoffionenkonzentration einer einfachen wäßrigen Lösung eingetrockneten Blutes Rückschlüsse auf das Alter des Individuums zu ziehen, in dieser Form als für die gerichtsärztliche Praxis als durchaus unzuverlässig und als nichts beweisend bezeichnen.

Was die Ursachen der so überaus großen Verschiedenheit in der Wasserstoffionenkonzentration der Blutlösungen betrifft, so erscheint mir deren Erforschung doch nützlich, nicht nur, um das hier in Frage stehende Problem der Lösung näherzubringen oder gar zu lösen, sondern weil neue Einblicke in die postmortalen Vorgänge im Blute gewonnen werden können. Ich will hier nur kurz auf die in Frage kommenden Momente hinweisen und später an anderer Stelle nach Abschluß weiterer Untersuchungen berichten.

Zunächst die Lösung des eingetrockneten Blutes. Sie geht, was eine alte Erfahrung ist, um so schlechter vor sich, je älter das Blut ist. Wie auch von *Hajek* betont ist, bleibt eine mehr oder minder große Menge ungelöst. Einen recht beträchtlichen Teil machen dabei die Globuline aus (vor allem bei nicht zu altem Blut). Nun ist aber das Verhältnis der Globuline zu den Albuminen im Blut nicht nur ein überaus wechseldes, sondern es kann, wie *Hammarsten* nachgewiesen hat, auch wasserunlösliches Albumin an der Luft in wasserlösliches übergehen. Je älter der Blutfleck und je größer der Rückstand bei der Lösung ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß auch andere Bestandteile des Blutes entweder mechanisch oder in chemischer Bindung von den nicht gelösten Teilen zurückgehalten werden und so die H⁻ der Lösung in unkontrollierbarer Weise beeinflußt wird.

Des weiteren ist nach meinen oberen Ausführungen über die Verhältnisse am Lebenden an den Einfluß von Krankheiten und von physiologischen Vorgängen im Organismus (Hunger, Menstruation usw.) zu denken, worauf auch *Hajek* hingewiesen hat. Im Stoffwechsel des Lebenden vollziehen sich so erhebliche Umsetzungen, ohne daß die H⁻

sich nennenswert ändert, daß, wenn der regulatorische Mechanismus, der die H⁻ im Blute des Lebenden konstant erhält, außer Wirkung gesetzt wird, diese Umsetzung zu den verschiedenartigsten Werten von p_H führen kann.

Insbesondere muß jede Änderung der Puffersubstanzen auch eine Änderung der H⁻ nach sich ziehen. Schon unmittelbar nach der Entleerung des Blutes findet in ihm eine geringe O-Zehrung und CO₂-Anhäufung als Ausdruck der Gewebsatmung innerhalb des lebenden Blutes statt. Wie vorher angeführt, spielt das Hämoglobin unter den Puffersubstanzen eine Hauptrolle. Ich weise an dieser Stelle nur kurz darauf hin, daß nicht nur der quantitative Hämoglobingehalt von Bedeutung ist, indem mit steigendem Hämoglobingehalt die Wasserstoffzahl nach der sauren Seite sich erhöht, sondern auch daß das Auftreten von Blutfarbstoffderivaten, wie eigene Untersuchungen zeigen, ebenfalls zur Änderung der H⁻ führt. Neue Untersuchungen, die die Veränderungen des Blutfarbstoffs an der Leiche betreffen, insbesondere das Verhältnis von Oxyhämoglobin zu Methämoglobin, sind im Gange.

Zum Schluß will ich noch auf die Schwierigkeiten hinweisen, die bei der Untersuchung von Leichenblut für den hier in Frage stehenden Zweck bestehen. Gleich nach dem Tode kommt es nicht nur zu Umsetzungen in der qualitativen Blutbeschaffenheit, sondern es tritt auch durch physikalische Vorgänge (Diffusion u. a.) eine quantitative Änderung auf. In welchem Verhältnis und in welcher Reihenfolge die einzelnen Blutbestandteile die Gefäße verlassen, ist noch nicht genügend studiert und soll ebenfalls Gegenstand einer besonderen Arbeit werden.

Die gerichtliche Medizin scheint mir auf dem von mir betretenen Wege zunächst bei der Frage der Todeszeitbestimmung und der Todesursache gefördert werden zu können.

Literaturverzeichnis.

- ¹⁾ Davidoff, Biochem. Zeitschr. **46**, 131. — ²⁾ Farkas, Arch. f. Anat. u. Physiol. Suppl. 1903. — ³⁾ Fraenckel, P., Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **96**. 1903. —
- ⁴⁾ Hajek, Arch. f. Mikr. u. Entw. **101**, 512. 1924. — ⁵⁾ Hammarsten, Lehrbuch der physiologischen Chemie. München 1922. — ⁶⁾ Hasselbalch, Biochem. Zeitschr. **38**, 74 und 78. — ⁷⁾ Höber, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **81**, 522 und **99**, 572. —
- ⁸⁾ Holló, J. und St. Weiss, Klin. Wochenschr. **3**, 1632. 1924. — ⁹⁾ Lundsgaard, Biochem. Zeitschr. **38** und **41**, 264. — ¹⁰⁾ Marx, Dtsch. Zeitschr. f. d. ges. gerichtl. Med. **3**, 248. 1924. — ¹¹⁾ Michaelis, Biochem. Zeitschr. **46**, 131. — ¹²⁾ Růžička, nach Hajek und Marx. — ¹³⁾ Sörensen, Ergebn. d. Physiol. **12**.