(Aus der Medizinischen Klinik Marburg a. d. L. [Direktor: Prof. *Schwenkenbecher*].)

Über die Variation der relativen Erythrocytenmenge und ihre Abhängigkeit von wechselnder Verteilung der Erythrocyten innerhalb der Blutbahn.

Von

Dr. R. Hopmann und Dr. R. Schüler.

Assistenten der Klinik.

Mit 4 Textabbildungen.

(Eingegangen am 2. Juli 1922.)

In den letzten Jahren wandte sich das erhöhte Interesse vieler Forscher den Austauschvorgängen zwischen Blut und Gewebe zu. Besonders die Beurteilung der Nierenfunktion, der extrarenalen Ödemgenese, der Wirkungsweise der Diuretica erforderte einen tieferen Einblick in den Wasserwechsel zwischen Blut und Gewebe.

Für die Erkennung eines hydrämischen oder anhydrämischen Zustandes des Blutes ergibt sich jedoch eine große Schwierigkeit dadurch, daß man zwar die relativen Konzentrationen der einzelnen Blutbestandteile gut bestimmen kann, diese aber keinen Rückschluß auf den absoluten Verdünnungsgrad des Plasmas zulassen, es sei denn, man wählt als Grundlage der Berechnung einen solchen Bestandteil des Blutes, dessen Gesamtmenge während des Ablaufes der beobachteten Vorgänge unverändert bleibt.

Einige Autoren, *O. Heß*¹⁾, *Nonnenbruch*²⁾, *Daniel* und *Högler*³⁾, nehmen an, daß wir in den im Blute zirkulierenden Formelementen einen solchen unveränderlichen Standardmaßstab besitzen, an welchem die absolute Zu- oder Abnahme der übrigen Bestandteile gemessen werden kann.

Man geht hierbei von der Vorstellung aus, daß die roten Blutkörperchen, gleichsam gefangen in der Blutbahn, in ihrem Mengenverhältnis zum Plasma nur durch absolute Vermehrung oder Verminderung des Gesamtplasmavolumens infolge Flüssigkeitseinstrom oder -abstrom verändert werden. *Nonnenbruch*²⁾ wies bereits darauf hin, daß die Richtigkeit dieser Vorstellung zur Voraussetzung hat, daß erstens die Gesamtzahl aller in dem Zirkulationssystem suspendierten Erythrocyten konstant erhalten bleibt --- eine etwa hier störend

eingreifende übermäßige Regeneration oder Zerstörung von roten Blutkörperchen kommt bei den zur Diskussion stehenden Vorgängen zumeist allerdings nicht in Betracht —, zweitens, daß die Verteilung der corpuskulären Elemente in dem gesamten Gefäßnetz eine gleichmäßige, nicht durch Verschiebung beeinflussbare ist. *Nonnenbruch* hält letztere Möglichkeit für unbedeutend. *Bauer* und *Aschner*⁴⁾ weisen jedoch in Anlehnung an die Untersuchungen von *Cohnstein* und *Zuntz*⁵⁾ erneut darauf hin, daß die Verteilung der Erythrocyten in den verschiedenen Gefäßabschnitten wechselnd ist und von der Weite der Capillaren abhängt.

Cohnstein und *Zuntz*⁵⁾ fanden nämlich bei Kaninchen nach Durchschneidung des Rückenmarkes oberhalb des Ursprunges der Nn. splanchnici eine starke Verminderung der Erythrocyten im peripheren Venenblut infolge der eingetretenen Dilatation der Splanchnicusgefäße und der dadurch erfolgten relativen Anhäufung der roten Blutkörperchen in den dilatatierten Gefäßen. Bei elektrischer Reizung der Vasokonstriktoren vom Rückenmark aus konnten sie dagegen eine erhebliche Vermehrung der Erythrocyten in der Peripherie feststellen. Unter dem Mikroskop beobachteten sie, daß die Kontraktion der Capillaren schließlich so weit ging, daß gar keine roten Blutzellen mehr durchtraten und lediglich Vasa serosa übrigblieben. Sie haben durch ihre Versuche nachgewiesen, daß die Verteilung der Erythrocyten in den verschiedenen Gefäßgebieten wechseln kann und abhängig ist von der Weite der Capillaren. Aus dem verengten Stromgebiet werden die Formelemente in das weitere hinübergedrängt; dieses führt relativ mehr Blutzellen, jenes mehr Plasma.

Es liegt ferner eine Reihe älterer Untersuchungen vor, welche zumeist zur Erforschung der hydrotherapeutischen Beeinflussung des Fiebers unternommen wurden, die fast übereinstimmend nach Kältereiz auf die äußere Körperbedeckung (kalte Bäder oder Duschen) eine beträchtliche Vermehrung der roten Blutkörperchen im Hautblut ergaben [*Becker*⁶⁾, *Breitenstein*⁷⁾, *Knöpfelmacher*⁸⁾, *Winternitz*⁹⁾].

Winternitz nimmt an, daß durch Veränderung der Zirkulation, der Herzaktion, des Tonus der Gefäße und der Gewebe in den inneren Organen stagnierende Mengen von Blutkörperchen dem allgemeinen Kreislauf zugeführt werden. Ähnlich spricht sich *Breitenstein* aus. *Friedländer*¹⁰⁾ sieht in dem Blutdruck und der Strömungsgeschwindigkeit wesentliche Momente, welche die Zahl der in einem bestimmten Gefäßgebiet suspendierten Blutzellen beeinflussen.

Es ist ein großes Verdienst von *Fr. O. Heß*¹¹⁾, mit Hilfe der *Hürterschen* Arterienpunktion auch das arterielle Stromgebiet einer direkten Untersuchung unterzogen und damit die gesetzmäßige unterschiedliche Verteilung der roten Blutkörperchen in der Arterie, den kleinen Hautgefäßen und der Vene gezeigt zu haben. Er fand in der Art. rad. 4,75, in den kleinen Gefäßen 4,32 und in der Vena med. 4,33 Mill. Erythrocyten im Durchschnitt. Also dort, wo ein höherer Druck und eine größere Strömungsgeschwindigkeit herrscht, sind die roten Blutkörperchen in einer reichlicheren Anzahl vertreten als dort, wo der Druck und die Strömungsgeschwindigkeit geringer sind.

Die Unterschiede in den Venen und den kleinen Hautgefäßen sind nicht konstant, was erklärlich ist, da ja bald der Druck in diesem, bald die Strömungsgeschwindigkeit in jenem Gebiet die Zahl beeinflussend überwiegen mag. Das Wesentliche ist der Unterschied zwischen Arterienblut einerseits, Capillar- und Venenblut andererseits.

Deswegen sind auch die Einwände gegenstandslos, welche früher *Bürker*¹²⁾, *Boyendörfer* und *Nonnenbruch*¹³⁾ gegen die Annahme einer verschiedenen Verteilung der Blutzellen erhoben, indem sie gestützt auf Untersuchungen im Blute der Vene und der kleinen Hautgefäße zeigten, daß in diesen Gebieten keine nennenswerten Unterschiede der Erythrocytenzahlen vorhanden, bzw. durch ein warmes Handbad leicht ausgleichbar seien. Das trifft wohl zu. Von Bedeutung ist aber die Differenz gegenüber dem arteriellen Gebiet, und dieses wurde nicht in den Bereich der Untersuchungen jener Autoren gezogen. Wie wir uns in einigen orientierenden Feststellungen überzeugten, läßt sich dieser Unterschied auch nicht allgemein durch ein warmes Handbad ausgleichen.

Wenn *Becher*¹⁴⁾ am getöteten Tier keine Differenzen der Erythrocytenzahlen in verschiedenen Gefäßgebieten fand, so ist demgegenüber einzuwenden, daß nach dem Tode des Tieres wesentliche Momente wie Druck-, Spannungs-, Strömungsverhältnisse, welche die verschiedene Verteilung bedingen, in Wegfall kommen. Die nach dem Tode erhobenen Befunde sind also in keiner Weise mit den Verhältnissen am Lebenden zu vergleichen.

Die unterschiedliche Verteilung der roten Blutkörperchen wurde von *Fr. O. Heß* zwar nur in der Peripherie nachgewiesen; es ist jedoch anzunehmen, daß ähnliche Verhältnisse auch in den inneren Organen bestehen.

Die von *Fr. O. Heß* gefundene Tatsache der unterschiedlichen Anhäufung der roten Blutzellen in Arterie, Capillare, Vene ist nun prinzipiell verschieden von der Verteilungsdifferenz zwischen zwei Körperregionen, welche *Cohnstein* und *Zuntz* sahen. Letztgenannte Autoren nehmen auf Grund ihrer obenerwähnten Experimente an, daß infolge der Vasokonstriktion die roten Blutkörperchen aus dem verengten Stromgebiet der Splanchnicusgefäße, also einer bestimmten Körperregion, verdrängt werden in die großen Gefäße; man fand ihre Anreicherung in der Peripherie (Leistenvene, Muskelvene, Ohrvene). Bei den Befunden von *Heß* liegen die Dinge anders; hier handelt es sich um Verteilungsunterschiede innerhalb der Blutbahn einer kleinen Körperregion, nämlich des Armes; ferner um einen dauernden Zustand unter physiologischen Bedingungen. Allein durch die Weite der Gefäße, wie *Cohnstein* und *Zuntz* annehmen, dürfte diese Tatsache nicht zu erklären sein. Es erscheint schwer begreiflich, wollte man annehmen, die Erythrocyten würden deswegen in der Arterie angereichert, weil sie infolge der Enge der kleinen Gefäße keinen Zutritt zu denselben haben, gleichsam vor der Tür stehen blieben, welche nur eine beschränkte Anzahl durchläßt. Es kann sich nicht um eine Stauung der roten Blutzellen im Arterienrohr handeln. Hier müssen die besonderen Bedingungen des Druckes und der Strömungsgeschwindigkeit im Spiele sein.

Schwankungen der Erythrocytenzahl haben also verschiedene Möglichkeiten:

1. Das Plasmavolumen kann verändert, etwa größer werden bei unveränderter Verteilung und Suspension der Formelemente. Dann wird die Zahl der roten Blutkörperchen in der Volumeinheit des

Plasmas vermindert. Es ist hierbei gleichgültig, ob es sich um eine Vermehrung des Plasmavolumens allein durch Verwässerung handelt, wobei also der Eiweißgehalt des Plasmas auch abnimmt, ein Zustand, den *Daniel* und *Högler*“) nach dem Vorbilde von *Falta* als „Hydroplasmie“ bezeichnen, oder um eine Plasmavermehrung durch Zustrom eiweißreicher Flüssigkeit, „Hyperplasmie“, mit mehr oder weniger gleichbleibenden prozentualen Eiweißwerten. Was für die Verminderung der Blutkörperchen gilt, gilt auch umgekehrt für ihre Vermehrung bei Plasmaverlust.

Die Erythrocyten stehen also im reziproken Verhältnis zum Plasmavolumen:

$$1) \text{ Erythrocyten} = k \frac{1}{\text{Plasma Vol.}}$$

Diese Gleichung soll selbstverständlich nur annähernd die Verhältnisse rechnerisch veranschaulichen, keine absolute Gleichsetzung ausdrücken.)

2. Die Relation Erythrocyten: Plasma kann ferner zugunsten oder ungunsten der Erythrocyten durch gewisse Strömungsbedingungen verschoben werden, unabhängig von einer Vermehrung oder Verminderung des Plasmavolumens. Ja, es ist unter bestimmten Bedingungen möglich, daß trotz einer Hydro- oder Hyperplasmie, welche an und für sich die Formelemente relativ vermindern würde, durch gewisse Strömungsbedingungen dieselben in einem bestimmten Gefäßabschnitt relativ angereichert werden.

Die Erythrocyten stehen also nicht allein im reziproken Verhältnis zum Plasmavolumen; in Gleichung 1) ist vielmehr noch ein besonderer Faktor einzusetzen:

$$2) \text{ Erythrocyten} = k \frac{F}{\text{Plasma Vol.}}$$

Es wird also die Erythrocytenzahl in einem bestimmten Gefäßabschnitt einerseits durch das Plasmavolumen, andererseits durch die Strömungsbedingungen beeinflusst.

Die im folgenden niedergelegten, insbesondere an Arteriosklerotikern gewonnenen Beobachtungen erscheinen geeignet, zu dieser Frage der Variation der Erythrocytenzahl unter dem oben skizzierten, nicht ganz neuen, aber bisher wenig beachteten Gesichtspunkt Stellung zu nehmen.

Da diese Beobachtungen nach Darreichung größerer Flüssigkeitsmengen gemacht wurden, sei zunächst auf die Verhältnisse kurz eingegangen, die sich unter normalen Bedingungen innerhalb der Blutbahn zwischen der Aufnahme des Wassers aus dem Magen-Darmkanal in das Blut und der renalen und extrarenalen Abgabe

desselben abspielen. Diese sind bereits von mehreren Forschern zum Gegenstand ihrer Untersuchungen gemacht worden. Insbesondere hat man die vorliegende Frage an dem Abfall der Erythrocyten- und der Serumeiweißwerte studiert. Es zeigt sich beim Vergleich der gefundenen Resultate der bemerkenswerte Unterschied, daß die Verminderung der Serumeiweißwerte nicht so eindeutig und graduell geringer ist, als man es bei den nach Wassergenuß deutlich abfallenden Erythrocytenwerten erwarten sollte. Während *Reiß*¹⁵⁾ keine wesentliche Konzentrationsveränderung, *Strauß* (zit. nach *Reiß*) ein Absinken des Eiweißgehaltes nur um 0,2—0,6 $\frac{0}{0}$, *Engel* und *Scharl* (zit. nach *Reiß*) hierbei bald Verdünnung, bald Eindickung, *Veil*¹⁶⁾ nur in der Hälfte der Fälle eine geringe Verdünnung mit Hilfe der Refraktometrie feststellten, konnten *Nonnenbruch*¹⁷⁾ und *Siebeck*¹⁸⁾ einen deutlichen Abfall der Erythrocytenzahl nach Wassergabe bei Gesunden erkennen. Aus eigener Erfahrung können wir Letzteres bestätigen. So betrug bei einer vollständig gesunden Versuchsperson die Zahl der Erythrocyten vor dem Trinken 4,98 Mill., 2 Minuten nach Beendigung des Trinkens von 1000 ccm Tee stieg die Zahl vorübergehend auf 5,05 an, fiel dann progredient ab, erreichte nach 35 Minuten den niedrigsten Wert mit 4,47, stieg dann allmählich in 31 Minuten auf 4,63 Mill. In einem anderen Falle betrugen die entsprechenden Werte 5,81 Mill., 3 Minuten nach dem Trinken 5,90, nach 35 Minuten 4,32, nach weiteren 32 Minuten 5,42 Millionen. 15—20 Minuten nach Beginn des Trinkens tritt eine deutliche Verminderung der Erythrocyten ein, welche nach 30 bis 40 Minuten mit 6—25 $\frac{0}{0}$ des Ausgangswertes ihr Maximum erreicht.

Die Unstimmigkeiten zwischen Erythrocytenzahl und Eiweißgehalt sind nicht verwunderlich. Es besteht durchaus die Möglichkeit der Eiweißpassage. Vergleichende Erythrocyten- und Eiweißbestimmungen mit gleichzeitiger Aufstellung einer Wasserbilanz, wie dies jüngst *Daniel* und *Högler*³⁾ durchgeführt haben, dürften jedoch genügend Klarheit in den Ablauf der Wasserdurchwanderung erbringen. *Daniel* und *Högler* stellten 15 Minuten nach Beendigung bzw. 45 Minuten nach Beginn des Trinkens eine Abnahme der Erythrocyten um durchschnittlich 11 $\frac{0}{0}$ fest; die Viscosimeterwerte des Gesamtblutes, welche ja hauptsächlich durch die Formelemente bestimmt werden (*Nägeli*), zeigten gleiches Verhalten. Dagegen blieben die Viscosimeterwerte des Serums ebenso wie die Refraktometerwerte desselben prozentual hinter der Verminderung der roten Blutkörperchen und der Viscosität des Gesamtblutes zurück.

Ähnliches zeigte sich auch in unseren eigenen Untersuchungen, von denen eine in Kurve 1 wiedergegeben ist.

Zur Erläuterung der Kurven und Tabellen diene folgendes: Der Blutdruck wurde mittels des Sphygmomanometers nach Riva-Rocci gemessen. In den Kurven sind nur die Maximalwerte verzeichnet. Die roten Blutkörperchen zählten wir in der Bürkerschen Kammer in Doppelbestimmungen aus. Es wurde auf sorgfältige Blutentnahme, gut hervorquellenden Blutstropfen und genügende Mischung in der Mischpipette geachtet. Wir legten Wert darauf, daß die Hände vor der Blutentnahme gut durchwärmt und durchblutet waren, besonders in der kälteren Jahreszeit. Ein warmes Handbad, wie es vielfach empfohlen wird, wandten wir jedoch nicht an, weil wir jede Störung in den Austauschvorgängen zwischen Blut und Gewebe, sowie in der Verteilung der Formelemente fernhalten wollten; nach *Bauer und Aschner*¹⁾ erscheint es durchaus möglich, daß ein heißes Handbad allein bereits Austauschvorgänge zwischen Blut und Gewebe anregt. Unsere Doppelbestimmungen — in den Kurven und Tabellen sind nur die Mittelwerte angeführt — zeigen eine durchschnittliche Differenz von 0,13 Mill., d. h. 2,8 % Fehlerbreite.

Es ist hier noch eine Vorfrage zu erledigen: Welcher Gefäßabschnitt wird durch den Einschnitt in der Fingerbeere mittels der Franckeschen Nadel eröffnet? Man sagt gewöhnlich: das Capillargebiet. Dies dürfte jedoch nicht ganz zutreffen. Der nach einem ausgiebigen Schnitt schnell hervorquellende Blutstropfen dürfte nämlich nur zum geringsten Teil aus den nur unter geringem Druck stehenden Capillaren stammen, sondern vielmehr aus den kleinsten Arterien und Präcapillaren, aus welchen das Blut infolge des höheren Druckes schneller und nachhaltiger hervorquillt.

Die für die später zu erörternden Untersuchungen am arteriellen Blute notwendige Arterienpunktion wurde nach der von *Hürter*¹⁹⁾ angegebenen Methode ausgeführt. Es sind dabei nie Komplikationen eingetreten oder Schädigungen zurückgeblieben. Der Blutverlust betrug nie mehr als ca. 10 ccm. Wir achteten besonders darauf, daß das Auffangen bzw. Aufsaugen aus dem in pulsierendem Strahl sich entleerenden Blute erfolgte.

Die Entnahme aus der Vene geschah gleichfalls durch Punktion und zwar ohne jede Stauung.

Ferner bestimmten wir in unseren Untersuchungen die Trockensubstanz des Serums — in einer Ausnahme auch des Gesamtblutes —, später refraktometrisch den Eiweißgehalt des Serums. In unserer Ausführung sprechen wir nur allgemein von Eiweißgehalt des Serums, da ja sowohl das Gewicht der Trockensubstanz als auch die Brechkraft des Serums hauptsächlich vom Serumeiweiß bestimmt werden, und die anderen etwa in Frage kommenden Substanzen vernachlässigt werden können. Auf den Kurven und in den Tabellen ist im einzelnen vermerkt, um welche Art von Bestimmung es sich

Kurve 1.

Körpergewicht, morgens nüchtern: 3. V. 22 (Vers.-Tg.) 50,0 kg

4. V. 22 49,0 kg

Fall Nr. 20. H. B. Diagnose: Spärrachitis.

— Blutdruck, Erythrocyten,

- - - - - Serumeiweiß, - - - - - spez. Gewicht.

jeweils handelt. Die Trockensubstanz wurde nach dem Bangschen Verfahren ausgewogen, in den Doppelbestimmungen mit einer Fehlerbreite von durchschnittlich 3,5—4,0 ‰. Die Brechkraft wurde mittels des Pulfrichschen Refraktometers gemessen, der entsprechende Eiweißwert der Reißchen Tabelle entnommen. Es ergab sich hierbei eine Fehlerbreite von 4,0 ‰.

In den Kurven ist die Zu- oder Abnahme der Erythrocyten- bzw. Eiweißwerte in Prozenten des Ausgangswertes angegeben, so daß die Zu- oder Abnahme im gleichen Maßstab erfolgt. Die Ausgangswerte sind gleich 0 gesetzt.

Die Urinmengen wurden in halbstündigen Portionen gemessen, bzw. auf halbstündige Mengen umgerechnet.

Den Wasserversuch nahmen wir nach einer Vorperiode vor, in der die Versuchspersonen in Wassergleichgewicht gesetzt wurden, welches mit Hilfe täglicher Körpergewichtswägungen und Registrierung der Wasseraufnahme durch die Nahrung und Abgabe durch den Urin kontrolliert wurde.

Am Versuchstage gaben wir morgens nüchtern 1½ l dünnen Tees.

Wir hatten gesehen, daß die Befunde von *Daniel* und *Högler*³⁾ über den Ablauf der Konzentrationsverhältnisse des Blutes am Gesunden sich mit jenen der vorher genannten Autoren und den eigenen decken. *Daniel* und *Högler* erklären das unterschiedliche Verhalten der Serumeiweißwerte und der Erythrocyten dadurch, daß die vom Darm aus resorbierte, dem Blutplasma sich beimengende Flüssigkeit bereits mit Eiweiß und Salzen angereichert, also plasmaähnlich ist, daß die Vermehrung des Plasmavolumens daher weniger durch eine Hydropasmie als vielmehr durch eine Hyperplasmie bedingt sei.

Wie aber auch die Beschaffenheit des Plasmas sein mag, zweifelsohne wird nach dem Trinken unter physiologischen Verhältnissen die relative Erythrocytenmenge in der Volumeinheit vermindert, weil unter dem Wassereinstrom das Gesamtvolumen des Plasmas vermehrt wird.

Erythrocyten = $k \frac{1}{\text{Plasma Vol.}}$. Wie verhält es sich aber mit dem

Faktor F , den wir oben in Gleichung 2) einsetzen mußten, welcher dann variiert wird und sich geltend macht, wenn irgendein Einfluß in der Zirkulation die in der Blutbahn suspendierten Formelemente anders verteilt als es der Norm entspricht.

Ein derartiger Einfluß ist aus unseren Normalkurven nicht zu erkennen. Auch die von *Daniel* und *Högler*³⁾ aufgestellten Wasserbilanzen des Blutes, der Gewebe und des Gesamtkörpers, welche diese Autoren auf Grund der im Fingerbeerenblut gefundenen Erythrocytenmengen errechneten, also von der Annahme ausgehend, daß die Verminderung der roten Blutkörperchen eine umgekehrt proportionale Vermehrung des Plasmavolumens bedeutet, sind ohne inneren Widerspruch und Lücke.

Da wir aus den Untersuchungen von *Fr. O. Heß*¹¹⁾ wissen, daß die Erythrocyten in dem Blute der Arterie in höherer Konzentration enthalten sind als in dem Blute der Fingerbeere und der Vene, ein Verhalten, welches, wie wir oben darlegten, offenbar von der Weite der Gefäße oder der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes abhängt, so war es von Interesse, durch vergleichende Zählung der roten Blutkörperchen in diesen verschiedenen Gefäßprovinzen zu erfahren, ob durch den Flüssigkeitseinstrom in die Gefäßbahn an diesem Verteilungsmodus etwas geändert würde.

Wie aus Tabelle I zu ersehen ist, nahm die Zahl der Erythrocyten in den drei Gefäßgebieten fast gleichmäßig um 6—9% ihres Ausgangswertes ab; dies geht besonders aus den Durchschnittszahlen mehrerer Untersuchungen hervor. In der Arterie waren auch nach dem Trinken relativ mehr Erythrocyten enthalten als in den beiden anderen Gefäßabschnitten.

Zusammenfassend kann man also sagen: *Der Flüssigkeitszustrom in die Gefäßbahn vermindert bei normalen Verhältnissen die Zahl der Formelemente in dem arteriellen, capillaren und venösen Teil des Gefäßrohres in prozentual gleichmäßiger Weise. An der gesetzmäßigen verschiedenen Verteilung der roten Blutkörperchen in den drei Gefäßabschnitten wird durch den Flüssigkeitszustrom nichts geändert, da offenbar die Zirkulationsbedingungen, die diesen stationären Zustand hervorrufen, sich nicht ändern.* Der Faktor F der Gleichung 2) bleibt konstant und kann unter physiologischen Bedingungen vernachlässigt werden.

Ein ganz anderes Bild der Erythrocytenkurve fanden wir bei Arteriosklerotikern. Es handelt sich um Kranke, welche teilweise die Klinik wegen anderer Störungen, Asthma bronchiale, Pneumokoniose, Tabes dors., Bechterewsche Krankheit, Ischias usw. aufsuchten — in diesen Fällen ergaben sich gewisse arteriosklerotische Erscheinungen als Nebenbefund —, teilweise durch die Beschwerden der Arteriosklerose selbst uns zugeführt wurden. Alle diese Kranken zeigten mit einer Ausnahme eine mehr oder weniger ausgesprochene Sklerose und Schlingelung der Extremitätenarterien; vielfach konnte röntgenologisch auch eine Aortensklerose nachgewiesen werden. Die Herzleistung war suffizient, es bestanden keine Stauungen, keine Ödeme. Ebensowenig konnten wesentliche Nierenschädigungen nachgewiesen werden. Die Kranken befanden sich am Versuchstage im Wassergleichgewicht. Der Wasserversuch wurde in allen Fällen gut erledigt.

Uns interessiert hier vor allem der Gefäßtonus dieser Kranken. In der Ruhe hielt sich der Blutdruck meistens an der oberen Grenze

Tabelle I.
Normalfälle (Erythrocyten vor und nach dem Trinken in Arterie, Fingerbeere und Vene).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fall		Art. rad.	Erythrocyten Fingerbeere	Vena med.	Art. rad. o/o	Serum-Eiweiß refraktometrisch bestimmt Fingerbeere o/o	Vena med. o/o	Blutdruck mm Hg (R-R*)
12.	D. Diag. Pharyngitis	5,550 5,260 -5,23 o/o	5,520 5,050 -7,6 o/o	5,370 5,240 -2,37 o/o	8,31 7,98 -3,97	8,61 8,32 -3,37	8,44 8,64? +2,37	
13.	W. Kr. 20. XII. 21. Diag. Ischias	4,660 4,490 -3,65 o/o	4,470 4,185 -6,38 o/o	4,520 4,060 -10,38 o/o	8,08 8,41 +4,09	8,401 8,13 -3,22	8,240 8,19 -0,6	123 ⁰ / ₇₀ 117 ⁰ / ₇₀
14	P. N. 29. XII. 21. Diag. Zellgewebsentzündung	5,060	4,465 4,345 -2,69 o/o	4,165 4,070 -2,28 o/o	8,273 8,332	8,273 8,28 +0,08	8,233 8,294 +0,71	120 ⁰ / ₆₀ 120 ⁰ / ₆₀
15.	J. Z. 16. I. 22. Diag. Bronchitis	5,330 4,605 -13,6 o/o	5,210 4,395 -15,64 o/o	4,855 4,455 -8,24 o/o	7,34 7,08 -3,54	7,56 6,90 -8,73	7,25 7,24 -0,11	130 ⁰ / ₈₀ 118 ⁰ / ₇₀
	Durchschnitt	5,180 4,853 -6,3 o/o	4,916 4,493 8,6 o/o	4,730 4,456 -5,8 o/o	7,91 7,95 +0,5	8,21 7,90 -3,8	7,99 8,09 +1,3	

der Norm oder war ein wenig erhöht, durchschnittlich $\frac{138}{78}$ mm Hg (R — R) = 108 mm Hg Mitteldruck.

Die Sklerose betraf in unseren Fällen vornehmlich die Extremitätengefäße, teilweise auch die Aorta, und verursachte gemäß ihres anatomischen Charakters keine wesentliche Blutdruckerhöhung, ein Typus, welchen *Sawada*²⁰⁾ in einer unter *Rombergs* Leitung angefertigten Arbeit als an der Marburger Poliklinik am häufigsten beobachteten schildert. Jedoch sahen wir bei unseren Kranken eine ausgesprochene Vasolabilität: kleinere Anstrengungen, nervöse Erregungen steigerten den Druck bis zu mehreren Zentimetern der Quecksilbersäule. Nach einem kalten Teilbad stieg der Druck in einem Fall von $\frac{130}{65}$ auf $\frac{170}{85}$ mm Hg, in einem anderen von $\frac{155}{80}$ auf $\frac{170}{90}$ mm Hg, und fiel nach Beendigung des Bades innerhalb weniger Minuten zur alten Höhe zurück.

Wir müssen also funktionelle Zustände, Kontraktionen der kleinen Gefäße oder Präcapillaren annehmen, welche diese Blutdrucksteigerung hervorrufen.

Derartige Drucksteigerungen erfolgten auch nach dem Trinken eines größeren Flüssigkeitsquantums, etwa $1\frac{1}{2}$ l eines dünnen Tees, welcher zum Wasserversuch verabfolgt wurde. Diese Hypertonien erreichten in durchschnittlich 45—70 Minuten nach Beginn des Trinkens bzw. 30—60 Minuten nach Beendigung desselben ihren Höhepunkt, fielen dann langsam in durchschnittlich 3—4 Stunden wieder ab. Zumeist stieg der systolische Druck um 30 mm in weniger ausgesprochenen Fällen um 7—10 mm, in stärkeren um 40—50 mm Hg (s. Tabelle II und Kurven 2, 3, 4).

In einem Fall (Nr. 1 und 10 der Tabelle II) konnten wir die Kontraktion der kleinen Gefäße des Nagelfalzes nach dem Trinken direkt unter dem Capillarmikroskop beobachten.

An zwei Vortagen zum Versuchstage wurden die Capillaren ohne Flüssigkeitstrinken beobachtet. Die Capillaren zeigten wechselnde, manchmal langsame, manchmal schnellere Strömung. Dieselbe war meistens kontinuierlich, hin und wieder körnig. Die Schlingen zeigten gute Füllung.

Kurve 2.

Versuchstag: 14. IX. 21.

Fall Nr. 3. W. D. Diagnose: Tabes dors., Arteriosklerose.
 ——— Blutdruck. Erythrocyten.
 - - - - - Trockensubstanz. - - - - - spez. Gewicht.

9.	R. W. 18. XI. 21. Diag. Asthma bron- chiale, Arteriosklerose	morgens nüchtern 50'—75' nach Trinken	5,475	4,885 4,955 +1,4%	4,995 5,055 -1,2%	8,08	8,24 8,03	7,89 8,35	115/ 161/ 100	135/ /65
10.	H. K. 2. XII. 21. Diag. Arteriosklerose	morgens nüchtern 30'—60' nach Trinken	5,105	4,780	4,07	8,58 8,74	8,64 9,54	8,95 8,63	147/ 175/ 90	140/ /90
11.	J. F. 10. XII. 21. Diag. Bechterewsche Krankheit, Arterio- sklerose	morgens nüchtern 30'—50' nach Trinken	4,345 4,855 +10,5%	4,355 4,215 -3,37%	4,355 4,375 +0,5%	9,112 8,83	9,39 9,38	9,3 9,047	135/ 180/ 100	155/ /75
16.	P. St. 25. I. 22. Diag. Arteriosklerose	morgens nüchtern 55'—65' nach Trinken	4,425 3,900 -11,9%	4,400 4,345 -1,3%	4,560 4,220 -7,5%	6,21 6,18	6,51 6,35	6,28 6,35	130/ 135/ 85	125/ /80
17.	J. B. 7. III. 22. Diag. Lungenemphysem Arteriosklerose	morgens nüchtern 60'—67' nach Trinken	4,510 4,505 -0,1%	4,410 3,950 -10,4%		6,8 7,19	7,125 7,24		115/ 150/ 80	125/ /60
18.	J. M. 10. III. 22. Diag. Tabes dorsalis Arteriosklerose	morgens nüchtern 40'—47' nach Trinken	4,685 4,340 -7,4%	4,820 4,655 -3,4%		6,51 6,54	6,745 6,60		115/ 155/ 70	125/ /75
19.	L. V. 11. III. 22. Diag. Arteriosklerose	morgens nüchtern 30'—37' nach Trinken	5,01	4,615 4,985 +7,3%		8,083	7,835 8,045		180/ 105/ 80	140/ /75

Fall 5, 6, 7, 9, 10 11: Trockensubstanz des Serums. — Fall 3: Trockensubstanz des Gesamtblutes.
Fall 16, 17, 18, 19: Serumweiß.

Am Versuchstage besteht Blutdruck 150/95 mm Hg. Die meisten Capillaren zeigen kontinuierliche, rasche Strömung; in einigen langsamere, zeitweise körnige Strömung; wenig Wechsel.

Es werden 1500 cem Tee gegeben.

15 Minuten später Blutdruck 160/105 mm. In einer Capillare auffallender Wechsel zwischen rascher und langsamer Strömung. Nach weiteren 10 Minuten Blutdruck 210/110 mm. In fast allen Capillaren wechselt gleichzeitig langsame, körnige Strömung, die bis zum Leerlaufen und zur Stase führt, mit rascher, voller, kontinuierlicher Strömung.

75 Minuten nach dem Trinken ist der Blutdruck wieder abgefallen. In den Capillaren schnelle, wenig wechselnde, gute Strömung.

Unter 12 untersuchten Sklerotikern macht eine Ausnahme von dieser Drucksteigerung nach dem Trinken Fall 5 (Tabelle II). Hier

Kurve 3.

Körpergewicht, morgens nüchtern: 24. X. 21 (Vers.-Tg.) 64.4 kg
19. X. 21 63.3 kg

Fall Nr. 6. Diagnose: Pneumokoniose, Arteriosklerose.

blieb der Blutdruck gleich niedrig. Wir werden auf diesen Fall noch zurückkommen. Ebensonehmen Fall 16, 17, 18 der Tabelle II eine gewisse Ausnahmestellung ein insofern, als der Blutdruck bereits vor dem Trinken wesentlich höher war als vorher in der Periode der Bettruhe (vgl. Stab 10 der Tabelle II mit Stab 9). Offenbar hing dies mit den psychischen Einflüssen der Versuchsanordnung zusammen.

Wir machten bei diesen Personen Blutentnahmen aus der Arterie, der Haut und teilweise der Vene. Die mit den Vorbereitungen hierzu verbundenen Umstände — die Kranken wurden in einen besonderen Raum verbracht —, der Eindruck, daß etwas Besonderes geschah, wirkte offenbar erregend auf die Vasomotoren, so daß der Blutdruck bereits vor den ersten Funktionen höher war als in der Ruhe der Vortage.

Als wesentliches Moment bei den dergestalt durch das Wassertrinken hervorgerufenen Zuständen ergibt sich für uns die Möglichkeit, zugleich die Wirkung der flüchtigen Blutdrucksteigerung und die Wirkung des Flüssigkeitseinstroms in die Blutbahn auf die Blutkonzentrationen verfolgen zu können.

Das Nähere ergibt sich aus dem Vergleich der unter normalen Verhältnissen festgelegten Kurve der Erythrocyten-, Serumeiweiß- und Blutdruckwerte mit den bei den Arteriosklerotikern erhaltenen (Kurve 2, 3, 4).

Aus Gründen der Raumersparnis bringen wir nur drei Kurven; in fünf anderen uns vorliegenden Kurven zeigen sich ähnliche Verhältnisse wie in den dargestellten.

Während wir unter normalen Bedingungen nach dem Trinken ein wenn auch nicht gleichmäßiges, so doch gleichsinniges Absinken der Erythrocytenzahlen und des Eiweißgehaltes beobachteten, sehen wir hier 30—60 Minuten nach dem Trinken, also an einem Zeitpunkt, an welchem dort der Flüssigkeitseinstrom in die Blutbahn die größte Konzentrationsveränderung verursacht, ein Auseinanderweichen der Erythrocyten- und Eiweißkurven. Die Erythrocytenzahlen steigen im Fingerbeerenblut um durchschnittlich $7-8\frac{0}{10}$ an, während die Serumeiweißwerte in gleicher Weise wie beim Normalen absinken.

Dieses Verhalten sehen wir überall dort, wo nach dem Trinken der Blutdruck ansteigt, also neben den dargestellten Kurve bei den Fällen 1,

2, 3, 6, 7, 9, 19 der Tabelle II. Fall 11 macht eine Ausnahme; trotz der Drucksteigerung sind die Erythrocyten ein wenig vermindert. In den Fällen 16, 17, 18 war, wie oben bemerkt, der Druck bereits bei den ersten Blutentnahmen gesteigert; der Unterschied in den Erythrocytenzahlen blieb hier auch aus. Bei dem schon erwähnten Fall 5 (Tabelle II) blieb der Blutdruck auch nach dem Wassertrinken niedrig. Es handelt sich um einen Kranken in ziemlich desolatem Zustand bei Lungencarcinom. Infolgedessen bestand wahrscheinlich ein gewisser Hypertonus. Hier zeigte sich zur Evidenz, wie trotz der vorliegenden peripheren Arteriosklerose die Erythrocytensteigerung ausblieb, weil die Blutdrucksteigerung nicht eintrat.

Diese Dissoziation der Erythrocyten- und Serumeiweißkurven kann nicht durch irgendwelche Eigentümlichkeit des Wasserwechsels bei

Kurve 4.

Körpergew., morgens nüchtern: 14. III. 22 (Vers.-Tg.) 58,06 kg
15. III. 22 56,01 kg

Fall Nr. 19. L. V. Diagnose: Arteriosklerose.

Arteriosklerose erklärt werden; fanden wir doch in betreff desselben keine anderen Verhältnisse als bei den Normalen. Nach dem reichlichen Trinken setzte bald eine gute Diurese ein, die halbstündlichen Urinmengen nahmen zu, das spezifische Gewicht fiel ab wie unter normalen Bedingungen. Innerhalb 4 Stunden wurde eine dem aufgenommenen Flüssigkeitsquantum entsprechende Urinmenge wieder ausgeschieden. In den nachfolgenden Stunden wurden noch weitere Flüssigkeitsmengen dem Körper entzogen, so daß die Wasserbilanz der 24 Stunden negativ wurde, das Körpergewicht abgesunken war. Eine Wasserretention im Gewebe fand also nicht statt. Im Gegenteil, wir müssen annehmen, daß mit der Passage der eingeführten Flüssigkeit auch noch Gewebswasser in die Blutbahn hineingezogen wurde. Auch das vorübergehende Absinken des Serumeiweißwertes ist wohl nicht anders zu erklären als durch eine Hydroplasmie, wie sie unter den gleichen Umständen beim Normalen eintritt.

Von Interesse ist der *auffallende Parallelismus zwischen Erythrocytenzahl und Blutdruck*. Ältere Autoren, *Becker*⁶⁾, *Grawitz*²¹⁾, *O. Heß*¹⁾, welche ähnliche Beziehungen zwischen Blutdrucksteigerung und Erythrocytenmenge bereits sahen, haben diese Schwankungen in der Zahl der roten Blutzellen als einen Ausdruck für den Wechsel der Konzentration des Gesamtblutes angesehen, in der Annahme, daß bei Vasokonstriktion und Blutdrucksteigerung eine Transsudation von Flüssigkeit aus dem Blut ins Gewebe stattfindet. Neuerdings schließt sich auch *Full*²²⁾, welcher bei höherem Blutdruck ebenfalls höhere Erythrocytenwerte fand als bei herabgesetztem, dieser *Ludwig*-schen Filtrationstheorie an. Von anderer Seite, *Asher*²³⁾, *Böhm*²⁴⁾, sind jedoch gegen diese Theorie schwerwiegende prinzipielle Bedenken geltend gemacht worden. Man kann also in solchen Fällen die der Blutdrucksteigerung folgende Vermehrung der roten Blutkörperchen im Fingerbeeren- oder Venenblut nicht als Zeichen einer echten Bluteindickung durch Plasmaverlust auffassen.

Vollends unsere eigenen Untersuchungen lassen wenigstens für diese eine solche Erklärung nicht zu; denn in der Tat lag ja bei denselben im Moment des Ansteigens der Erythrocytenzahlen keine Bluteindickung, sondern gerade das Gegenteil, eine Hydroplasmie, vor.

Da also in unseren Fällen die Gesamtmenge der in dem Blute zirkulierenden roten Blutkörperchen weder absolut noch relativ vermehrt waren, bleibt nur eine Erklärungsmöglichkeit übrig, daß nämlich eine andersartige Verteilung für die Anreicherung der Erythrocyten im Fingerbeerenblut verantwortlich zu machen ist. Wir kommen damit auf die bereits oben erwähnte Anschauung älterer Autoren [*Breitenstein*⁷⁾, *Friedländer*¹⁰⁾, *Knöpfelmacher*⁸⁾, *Winternitz*⁹⁾] zurück, welche die nach Kältereiz beobachtete Vermehrung der roten Blut-

körperchen in der Haut — auch hier handelt es sich ja um Kontraktionen der Hautgefäße — durch Verteilungsänderung erklären.

Für eine solche andersartige Verteilung unter bestimmten Bedingungen liegen zwei Möglichkeiten vor:

1. Es können die Verhältnisse so gestaltet sein wie beim *Cohnstein-Zuntz*-Versuch. Die Blutdrucksteigerung würde dann der Ausdruck eines vasokonstriktorischen Zustandes im Splanchnicusgebiet sein ohne kompensatorische Dilatation der peripheren Gefäße. Die relative Erythrocytenmenge würde dann im Splanchnicusgebiet vermindert in der Peripherie vermehrt sein. In unseren Fällen haben wir es jedoch tatsächlich nicht oder nicht allein mit Kontraktion der Splanchnicusgefäße zu tun, sondern auch der Peripherie, wie wir oben auf Grund der klinischen und capillarmikroskopischen Beobachtung darlegten. Es handelt sich also wahrscheinlich nicht um eine Verschiebung der roten Blutkörperchen aus den inneren Organen in die Peripherie.

2. Als zweite Möglichkeit käme in Betracht, daß innerhalb einer jeglichen Strombahn Arterie, Capillare, Vene das von *Fr. O. Heß* gezeigte normale Verteilungsverhältnis abgeändert würde zugunsten der kleinen Gefäße, etwa infolge höheren Druckes, größerer Stromgeschwindigkeit in denselben oder durch Anstauung infolge Passagebehinderung in den Capillaren.

Um letztere Möglichkeiten nachzuprüfen, untersuchten wir bei einigen unserer Arteriosklerotikern das Verteilungsverhältnis der Erythrocyten in der Art. rad., in den Hautgefäßen der Fingerbeere und der Vena med., wie dies auch bei den Normalfällen vor und nach dem Trinken geschehen war (s. Tabelle II).

Bei niedrigem Blutdruck wurden auch bei den Arteriosklerotikern dieselben Verhältnisse wie bei den Normalen gefunden: Nr. 7, 9, 10.

Es ließ sich manchmal nicht vermeiden, daß allein durch den Eingriff der Blutentnahme (Arterienpunktion) bzw. durch die notwendigen Vorbereitungen hierzu eine momentane Blutdrucksteigerung auch ohne Trinken hervorgerufen wurde; es konnten hierdurch leider keine reinen Versuchsbedingungen eingehalten werden. Aber aus den Zahlen der Fälle Nr. 16, 17, 18 ist ersichtlich, daß bei gesteigertem Blutdruck die Erythrocytenwerte die gewohnte Differenz gegenüber den im Arterienblut gefundenen Werten vermissen lassen, daß jene diesen angeglichen sind. Es ist hierfür gleichgültig, ob die Blutdrucksteigerung bereits vor dem Trinken aus irgendwelchen anderen Gründen erfolgte oder nach dem Trinken und durch dasselbe wie in den Fällen Nr. 7, 19, wo wir ebenfalls die Angleichung der Erythrocytenzahlen im Fingerbeerenblut an diejenigen des Arterienblutes finden.

Man könnte diese Anreicherung der roten Blutkörperchen durch einfache Stauung erklären, indem die Sperre der kontrahierten Capillaren und Präcapillaren zwar das Plasma passieren läßt, die Formelemente dagegen nur unvollkommen. Zeigt ja auch die Mikrocapillarbeobachtung einen auffallenden Wechsel zwischen ungehemmter kontinuierlicher und körniger, seröser Strömung. Diese Erklärung dürfte jedoch nicht befriedigen. Wir zeigten bereits oben, daß man die unter physiologischen Verhältnissen auftretenden höheren Erythrocytenwerte in der Arterie schwerlich als Stauungserscheinung auffassen kann. Ebenso wenig dürfte dies für die obengenannte Angleichung der relativen Erythrocytenmenge der kleinen Gefäße an die der Arterie gelten. Wir müßten sonst auf eine einheitliche Erklärung für die verschiedenartigen Verteilungszustände unter normalen und abnormen Bedingungen verzichten.

Hier kommen offenbar andere Momente in Betracht.

Seit langem ist durch direkte mikroskopische Besichtigung kleiner Gefäße bekannt, daß die Formelemente in dem dahinströmenden Blut den Querschnitt des Gefäßrohres nicht gleichmäßig erfüllen, und daß insbesondere die roten Blutzellen in der Mitte, im Axialstrom, fortbewegt werden, an der Peripherie einen freien Plasma-raum, den Poiseuilleschen Raum, freilassend [*Landois-Rosemann*²³⁾]. *Schklarewski*²⁶⁾, einem Schüler von *Helmholtz*, verdanken wir interessante Beobachtungen über das Strömen von Suspensionen in capillaren Röhren. Er untersuchte das Verhalten der Blutkörperchen und anderer in strömenden Flüssigkeiten suspendierter Elemente mit Hilfe des Mikroskops. Er konnte feststellen, daß es immer die schneller fallenden, d. h. schwereren Körperchen, beim Blute also die Erythrocyten sind, die den Axialstrom erfüllen, und daß mit Zunahme der Geschwindigkeit des Stromes im ganzen die Geschwindigkeit der mittleren Schichten in stärkerer Progression zunimmt als die der äußeren. Bei gleichbleibender Strömungsgeschwindigkeit zeigt der Axialstrom immer denselben peripheren Abstand von den Wandungen und in jedem Querschnitt annähernd dieselbe Zahl an Blutkörperchen. Aus genauer Beobachtung der Strömungslinien bei verschiedener Geschwindigkeit ergab sich, daß die Blutkörperchen am Rande eine Ablenkung von der parallelen Richtung, bei kleineren Geschwindigkeiten zur Achse, bei größeren dagegen zur Wand hin erleiden. Es besteht damit die Möglichkeit, daß je nach der Breite des Axialstromes das Verhältnis zwischen Erythrocyten und Plasma verschoben wird, und daß bei breiter werdendem Achsenstrom die roten Blutkörperchen nicht nur einen größeren Raum einnehmen, sondern auch relativ zum Plasma vermehrt auftreten.

Noch wichtiger ist aber vielleicht die Beobachtung, daß mit zunehmender Geschwindigkeit des Gesamtstromes die Geschwindigkeit der mittleren Schichten in stärkerer Progression zunimmt als die der äußeren. Ein rascher Blutstrom befördert demnach nicht nur eine größere Gesamtblutmenge in der Zeiteinheit durch einen Gefäßquerschnitt als ein langsamerer, sondern auch eine zur Plasamenge relativ vermehrte Blutkörperchenmenge, da der von diesen gebildete Axialstrom eine stärkere Beschleunigung erfährt als der hauptsächlich vom Plasma gebildete Randstrom.

Wir glauben besonders im Hinblick auf diese Untersuchungen von *Schklarewski* mit folgender Annahme nicht fehl zu gehen: *Die roten Blutzellen werden bei den bei Arteriosklerotikern beobachteten momentanen Blutdrucksteigerungen deswegen in den kleinen Gefäßen der Haut angereichert und in ihrer Zahl derjenigen im Arterienblut angenähert, weil die Strömungsbedingungen in denselben, d. h. der Druck und die Stromgeschwindigkeit, von letzterer können wir es allerdings nicht objektiv feststellen, sich den Verhältnissen im Arterienrohr angenähert haben.*

Die von uns geschilderten Beobachtungen an Arteriosklerotikern dürften deswegen von Interesse sein, weil sie eindeutig die Möglichkeit zeigen, wie trotz einer relativen Hydrämie eine Steigerung der Erythrocytenzahl im Fingerbeerenblut zustande kommen kann. Daß diese Erscheinungen bei Arteriosklerose gefunden wurden, hat nur die Bedeutung eines Paradigmas, an welchem in glücklicher Koinzidenz gleichzeitig eine Hydro- bzw. Hyperplasmie und eine Blutdrucksteigerung mit Vermehrung der Erythrocyten erzeugt werden kann. Wir sehen hierin nicht etwa ein Charakteristikum für Arteriosklerose. Vielmehr scheint es, daß manchmal auch bei Gesunden wenige Minuten nach dem Trinken die Erythrocyten in der Peripherie, wenn auch in geringem Maße, angereichert werden; in unseren beiden eingangs erwähnten Fällen zeigt der Blutdruck allerdings keine gleichzeitige Erhöhung. In einem anderen Normalfall (Kurve 1) finden wir auch eine leichte Blutdrucksteigerung kurze Zeit nach dem Trinken. *Dorner*²⁷⁾ sah ebenfalls solche Blutdrucksteigerungen bei Gesunden 10 Minuten nach Wasseraufnahme.

Welche starken Spontanschwankungen des Blutdruckes bei Nephritiden vorkommen, lehren uns fortlaufende Druckmessungen [*Moog* und *Schürer*²⁸⁾]. *Full*²⁹⁾ konnte in mehreren Fällen von chronischer Nephritis durch den Wasserversuch Hypertonien hervorrufen, welche er durch die leichte Ansprechbarkeit des Gefäßtonus erklärt. Auch *Dorner*²⁷⁾ sah Drucksteigerung nach dem Trinken bei chronischen Nierenkranken, sieht den Grund hierfür allerdings nicht in Gefäßkontraktionen, sondern in der Vermehrung des Blutvolumens durch den Wassereinstrom.

Wir halten es für sehr wahrscheinlich, daß in manchen Fällen von Nierenkrankheit Erythrocytenvermehrung beim Wasserversuch durch solche Druckschwankungen und weniger durch den Wasserwechsel hervorgerufen werden. Die Frage, inwieweit nach dem Trinken auch eine echte Bluteindickung durch renalen oder extrarenalen in das Gewebe gerichteten Flüssigkeitsabstrom hervorgerufen werden kann, bleibt hierdurch unberührt.

Man könnte einwenden, daß durch ein heißes Handbad die Verteilungsschwankungen ausgeglichen würden, und dieser störende Faktor deshalb vernachlässigt werden könnte. Wie wir bereits einleitend bemerkten, sahen wir aber auch nach einem heißen Handbad die physiologischen Unterschiede zwischen Arterien- und Fingerbeerenblut aufrecht erhalten bleiben. Hier war also am Orte der Blutentnahme kein Ausgleich eingetreten; und selbst wenn dies der Fall wäre, so würde doch das lokale Handbad die Verhältnisse in den übrigen Körpergebieten unbeeinflußt lassen. Durch die Korrelationen, welche zwischen den verschiedenen Körperregionen in der Blutverteilung bestehen, würden also auch am Ort der Blutentnahme Störungen unvermeidlich sein.

Auf Grund unserer Untersuchungen halten wir es demnach nicht für statthaft, die Schwankungen der im Fingerbeerenblut gefundenen Erythrocytenzahl unter allen Bedingungen eindeutig als Ausdruck der Veränderung der Konzentration des Gesamtblutes anzusehen. Die Beobachtung der Zirkulation, insbesondere eine fortlaufende Blutdruckmessung dürfte vielleicht in dieser schwierigen Entscheidung, ob Verteilung, ob Konzentrationsänderung, Aufschluß geben.

Zusammenfassung.

1. Bei Arteriosklerotikern, welche in der Ruhe keinen erhöhten Blutdruck zeigen, aber leicht zu Hypertonien neigen, läßt sich durch reichliches Wassertrinken, offenbar infolge Gefäßkontraktionen, eine Blutdrucksteigerung erzeugen; die während des Ablaufes des Wasserversuches wahrgenommenen Erythrocyten- und Serumeiweißkurven zeigen eine auffallende Dissoziation, indem die roten Blutkörperchen parallel der Blutdrucksteigerung im Fingerbeerenblut angereichert werden, während das Serumeiweiß wie beim Normalen absinkt. Dieses Verhalten kann nicht durch die Eigentümlichkeit des Wasserwechsels bei Arteriosklerotikern erklärt werden; vielmehr muß die Vermehrung der Erythrocyten ihren Grund in einer andersartigen Verteilung der Formelemente in der Blutbahn haben.

2. Vergleichende Untersuchungen des Blutes der Arterie, der kleinen Hautgefäße der Fingerspitze, der Vene ergaben bei Sklerotikern mit niedrigem Ruheblutdruck dieselben Verhältnisse, wie sie

Fr. O. Heß bei Normalen gefunden hat, nämlich höhere Erythrocytenwerte in der Arterie als in der Fingerbeere und der Vene. Bei momentaner Drucksteigerung, also auch unter den Bedingungen, welche durch den Wasserversuch bei Arteriosklerotikern erzeugt werden konnten, wird jedoch die Erythrocytenzahl in den kleinen Hautgefäßen der in der Arterie angeglichen.

3. Erklärung: Die Dichte und Art der Lagerung der Erythrocyten im strömenden Blut eines bestimmten Gefäßabschnittes ist wahrscheinlich von den besonderen Bedingungen des Druckes und der Geschwindigkeit, unter welchen jeweils die Strömung in dem betreffenden Gefäßabschnitt vor sich geht, abhängig. Bei physiologischen Verhältnissen sind diese Bedingungen in den kleinen Hautgefäßen derart, daß die Erythrocytenzahl in denselben geringer als in der Arterie ist. Nähern sich die Strömungsbedingungen in den kleinen Hautgefäßen denen der Arterie an, wie dies durch die besondere Versuchsanordnung bei unseren Arteriosklerotikern der Fall war, so wird auch die relative Erythrocytenmenge in diesen derjenigen des Arterienblutes angenähert, also erhöht.

4. *Der zahlenmäßig verschiedenen Verteilung der Formelemente innerhalb der Blutbahn dürfte eine größere Rolle zukommen als man im allgemeinen anzunehmen geneigt ist. Schwankungen in der relativen Erythrocytenmenge sind also nicht immer als Ausdruck von Konzentrationsänderungen des Gesamtblutes zu bewerten.*

Literaturverzeichnis.

- ¹⁾ *Heß, O.*: Dtsch. Arch. f. klin. Med. **79**, 178. 1903. — ²⁾ *Nonnenbruch*: Dtsch. Arch. f. klin. Med. **136**, 170. 1921. — ³⁾ *Daniel und Högl*: Wien. Arch. f. inn. Med. **4**, 167. 1922. — ⁴⁾ *Bauer und Aschner*: Dtsch. Arch. f. klin. Med. **138**, 270. 1921. — ⁵⁾ *Cohnstein und Zuntz*: Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. **42**, 303. — ⁶⁾ *Becker*: Dtsch. Arch. f. klin. Med. **70**, 17. 1901. — ⁷⁾ *Breitenstein*: Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmacol. **37**, 153. 1896. — ⁸⁾ *Knöpfelmacher*: Wien. klin. Wochenschr. 1893, S. 810. — ⁹⁾ *Winternitz in Goldscheider und Jakob*: Handb. d. phys. Therap. 1901, S. 441. — ¹⁰⁾ *Friedländer*: Zeitschr. f. diätät. u. phys. Ther. **7**, 431. 1904. — ¹¹⁾ *Heß, Fr. O.*: Dtsch. Arch. f. klin. Med. **137**, 200. 1921. — ¹²⁾ *Bürker*: Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. **167**, 143. 1917. — ¹³⁾ *Bogendörfer und Nonnenbruch*: Dtsch. Arch. f. klin. Med. **133**, 389. 1920. — ¹⁴⁾ *Becker*: Med. Klin. 1920, S. 1086. — ¹⁵⁾ *Reiß*: Ergebn. d. inn. Med. u. Kinderheilk. **10**. 1913. — ¹⁶⁾ *Veit*: Dtsch. Arch. f. klin. Med. **119**, 367. 1916. — ¹⁷⁾ *Nonnenbruch*: Zeitschr. f. klin. Med. **87**, 397. 1919. — ¹⁸⁾ *Siebeck*: Dtsch. Arch. f. klin. Med. **128**, 173. 1919. — ¹⁹⁾ *Hürter*: Dtsch. Arch. f. klin. Med. **108**, 1. 1912. — ²⁰⁾ *Sawada*: Dtsch. med. Wochenschr. 1904, S. 425. — ²¹⁾ *Grawitz*: Pathol. d. Blutes 1911. — ²²⁾ *Full*: Zeitschr. f. klin. Med. **91**, 291. 1921. — ²³⁾ *Asher*: Biochem. Zeitschr. **14**, 1. 1908. — ²⁴⁾ *Böhm*: Biochem. Zeitschr. **16**, 313. 1909. — ²⁵⁾ *Landois-Rosemann*: Lehrb. d. Physiol. 1913. — ²⁶⁾ *Schklarewski*: Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. **1**, 603. 1868. — ²⁷⁾ *Dorner*: Dtsch. Arch. f. klin. Med. **133**, 21. 1920. — ²⁸⁾ *Moog und Schürer*: Dtsch. med. Wochenschr. 1919, S. 455. — ²⁹⁾ *Full*: Münch. med. Wochenschr. 1921, S. 1009.