

Aus dem Ludwig Aschoff-Haus, dem Pathologischen Institut der Universität
Freiburg i. Br. (Direktor: Prof. Dr. F. BÜCHNER.)

Über Ursachen und Folgen abnormer Blutverteilung¹⁾.

Von

Hubert Meessen.

Eine grundlegende und fruchtbare Entdeckung der Biologie des 19. Jahrhunderts war die Feststellung, daß alle Lebewesen sich aufbauen aus gleichartigen Formelementen, den Zellen. Diese Zellen stellen für den Biologen eine letzte Einheit dar und sind zu vergleichen mit den Atomen, die für den Chemiker und den Physiker die Bausteine der verschiedenen Elemente sind. Beim einzelligen Lebewesen, etwa einer Amöbe, sind in dieser Zelle alle die verschiedenen Strukturen und Funktionen, die wir mit dem Begriff eines lebendigen Organismus verbinden, vereint. In diesem einfachsten Fall des Lebens sind also Stoffwechsel und Stofftransport, Atmung, Reizbarkeit und Bewegungsfähigkeit auf engem Raum zusammengedrängt. Die Tatsache, daß die Berührung mit der Umwelt allseitig so nahe gegeben ist, läßt kaum besondere Strukturen zur Stoffaufnahme und Stoffverteilung notwendig erscheinen. Und doch kennen wir schon beim Einzeller eine Strömung des Protoplasmas, die sog. Cyklose, die sicher auch dazu dient, den Stoffaustausch in den verschiedenen Bezirken des Zellkörpers zu ermöglichen. Für den mehrzelligen Organismus ist die Erreichung eines solchen Stoffaustausches bedeutend schwieriger und macht die Entwicklung von besonderen Einrichtungen notwendig. Die Natur hat beim mehrzelligen Organismus zur Erreichung dieser Leistung des Stoffaustausches verschiedene Baupläne entworfen. Zunächst genügt die Diffusion in den Gewebslücken. Bei den Schwämmen wird der Stofftransport durch besondere Wanderzellen ermöglicht. Die hochentwickelten Tiergruppen, zuerst die Würmer, haben dann ein eigenes

¹⁾ Öffentlicher Vortrag, gehalten vor der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i. Br. am 6. März 1941.

System für den Stofftransport, das Blutgefäßsystem. Gleichzeitig mit der Entwicklung dieses Röhrensystems wird eine besondere Überträgerflüssigkeit, das Blut, gebildet. Durch die Bewegung dieser Überträgerflüssigkeit, die beim einfachen Mehrzeller zunächst nur nach Bedarf und in verschiedener Richtung erfolgt, wird ein gleich guter Stoffaustausch ermöglicht wie in der einzigen Zelle der Amöbe. Bei einfachen Formen kann die Blutbewegung verursacht werden durch die Zusammenziehung der Körpermuskulatur bei Ortsbewegung. Sehr bald wird aber ein besonderes Organ, das Herz, mit der Bewegung des Blutes betraut, und zwar erfolgt dann die Bewegung einsinnig, d. h. in einer Richtung. Wir können zwei Formen des Gefäßsystems unterscheiden. Bei den Gliederfüßlern z. B. finden wir ein sog. offenes Gefäßsystem. Das Blut strömt vom Herzen durch die Gefäße in die Saftspalten der Gewebe. Von hier aus sammelt es sich wieder und wird vom Herzen aufgesaugt. Das Gefäßsystem, das wir bei den Wirbeltieren und auch beim Menschen finden, ist allseitig geschlossen. Das Blut strömt vom Herzen durch die großen Gefäße in die Kapillaren und durch die Venen zurück zum Herzen und bildet so einen geschlossenen Kreislauf. Der Stoffaustausch in den Zellen der Gewebe muß also hier durch die Wand der Kapillaren erfolgen. Da alle Organe an dieses Gefäßsystem angeschaltet sein müssen, macht die Größe des Organismus eine ungeheure Verzweigung und Ausdehnung dieses Systems notwendig. Die Kapillaroberfläche ist von KROGH (17) für die Muskelmasse des Menschen berechnet worden. KROGH gibt die erstaunliche Zahl von 6300 qm Kapillaroberfläche allein für die Muskulatur an. Eine vollständige Auffüllung dieses ganzen Gefäßsystems mit Blut ergäbe eine so große Menge, daß selbst ein Vielfaches der Herzkraft nicht ausreichen würde, das Blut in Bewegung zu setzen. Es wäre dies auch nicht mit der Ökonomie der Organismen zu vereinbaren. Da nicht alle Organe einer dauernden Durchströmung bedürfen, begnügt sich der Organismus mit einer viel kleineren Blutmenge, als der absoluten Weite des ganzen Gefäßsystems entspräche. Beim Menschen sind es etwa 5 l Blut. Bei diesem relativ geringen Blutquantum erreicht der Organismus nur mit einer äußerst sinnvollen Blutverteilung den notwendigen Stoffaustausch in den verschiedenen Organen. Unter normalen Verhältnissen findet daher niemals eine gleichzeitige oder gleichstarke Durchströmung aller Gefäßgebiete des Körpers statt, und abgesehen von den lebenswichtigsten Organen wie Gehirn, Herz, Leber, Niere u. a., die eine dauernde Mindest-

durchströmung brauchen, können abwechselnd große Gefäßprovinzen aus der Zirkulation ausgeschaltet oder doch stark abgedrosselt werden. Um bei einem arbeitenden Organ, etwa bei einem Muskel, die notwendige Blutzufuhr für den Stoffaustausch zu gewährleisten, genügt es also nicht, daß seine Gefäße erweitert werden, es müssen sich in entsprechendem Maße andere verengen. Für diese komplizierte Regulation stehen dem Organismus hormonale und zahlreiche nervöse Mechanismen zur Verfügung, durch die eine wundervolle Selbststeuerung der Blutverteilung erreicht wird. Diese bewirkt nach dem wechselnden Bedarf eine wechselnde Blutfüllung und Blutverteilung. Bei starker Muskelarbeit z. B. werden große Blutmengen in die Muskulatur verlagert, bei der Nahrungsaufnahme werden die Bauchgefäße gefüllt, um die Verdauung zu ermöglichen.

Aus dem Bauplan des Gefäßsystems und der Tatsache einer relativ zu geringen Blutmenge für die Weite des Gefäßsystems ergibt sich grundsätzlich die Möglichkeit, daß beim Versagen der Selbststeuerung der Blutverteilung oder bei einem übermäßigen und konkurrierenden Blutbedarf der einzelnen Gefäßprovinzen abnorme Blutverteilungen auftreten können. Es erscheint auch ohne weiteres klar, daß eine schwere Störung in der allgemeinen Blutverteilung für den Gesamtorganismus, für die Funktion und für die Struktur, besonders der lebenswichtigen Organe, nicht gleichgültig sein kann. Die abnorme Blutverteilung kann selbst zum krankmachenden Faktor werden. Es kann also zum Versacken des Blutes in das zu weit gewordene Gefäßsystem kommen, was man auch als „innere Verblutung“ bezeichnet hat. Durch Verlagerung der vorhandenen Blutmenge in einzelne Gefäßgebiete erhalten andere eine ungenügende Blutversorgung. Es ist plötzlich zu wenig Blut da, obwohl ein Blutverlust nach außen nicht eingetreten ist. Es wird jetzt unsere Aufgabe sein, zu untersuchen, welche Kräfte eine abnorme Blutverteilung herbeiführen und welche Folgen dadurch entstehen können. Dabei werden zweckmäßig die Ursachen und ihre Folgen jeweils gemeinsam besprochen. Die dabei zu berichtenden eigenen Untersuchungen schließen sich sachlich an die Arbeiten EPPINGERS und meines Lehrers Prof. BÜCHNER an.

Wie auf alle Körper, so wirkt auch auf den lebendigen Organismus die Schwerkraft. Wir wissen, daß diese Gravitation sich im Sinne einer Beschleunigung auswirken kann, deren einfachstes Beispiel der freie Fall eines Körpers ist. Für das Blut im Gefäßsystem wirkt diese Kraft dahin, alles Blut möglichst in den Gefäß-

provinzen anzusammeln, die der Unterstützungsfläche am nächsten liegen. Durch die Kräfte der Blutströmung, die durch die Herz-tätigkeit entstehen, und durch zahlreiche Regulationen verhindert der Organismus normalerweise aber eine solche Blutverlagerung im Sinne der Gravitationswirkung. Geringe, anscheinend bedeutungslose Veränderungen der Blutverteilung durch die Gravitation treten aber doch ein und sind uns allen bekannt, wenn auch wenig beachtet. Nehmen wir eine Nulllinie in Herzhöhe an und senken die Hand unter diese Linie, so können wir eine zunehmende Füllung der Handvenen beobachten, bis ein gewisser elastischer Widerstand der Venenwand erreicht wird. Heben wir nun die Hand über die Herzhöhe, so laufen die Venen schnell fast vollkommen leer. Beim Senken der Hand wirkt die Schwerkraft gegen die Richtung der Blutströmung zum Herzen und führt zu stärkerer Füllung der Venen. Beim Heben dagegen wirkt die Schwerkraft in gleicher Richtung mit der Blutströmung und läßt die Venen schnell leerlaufen.

Besonders eindrucksvoll und eingehend wurden die Wirkungen der Erdbeschleunigung auf die Blutverteilung in Tierversuchen geprüft (8, 27). Bringt man z. B. einen Aal aus seiner normalen horizontalen Lage in die Senkrechte mit dem Kopf nach oben, und fixiert ihn in dieser Haltung, so bewirkt die Gravitation ein zunehmendes Absacken des Blutes in die untere Körperhälfte. Da auch beim Aal die Blutmenge relativ zur Weite des Gefäßsystems zu gering ist, so erhalten schließlich die Organe der oberen Körperhälfte zu wenig Blut. Das Tier geht daran mit Sicherheit nach einiger Zeit zugrunde.

Beim Kaninchen kennen wir eine gleiche Erscheinung. Bringt man ein Kaninchen nach Anbinden auf ein Versuchsbrett aus der Horizontalen in die Senkrechte mit dem Kopf nach oben, so kommt es durch die Schwerkraft zu einem Versacken des Blutes in die untere Körperhälfte. Die zum Herzen zurückströmende Blutmenge wird immer geringer. Im Röntgenbild kann man an der Verkleinerung der Herzsilhouette die geringere Blutfüllung deutlich sehen (8). Bringt man das Tier nicht rechtzeitig in die Horizontale zurück, so geht es nach Versacken des Blutes in die untere Körperhälfte infolge der mangelhaften Durchblutung seiner lebenswichtigen Organe zugrunde. Das Kaninchen kann also die Wirkung der Schwerkraft in der physiologischen horizontalen Lage überwinden, in der ungewohnten Senkrechten gelingt es aber nicht. Dies unterschiedliche Verhalten können wir uns auch folgendermaßen sinn-

fällig machen. Nehmen wir an, daß Herz und Gefäßsystem mit Blut gefüllt sind, die Blutströmung aber einmal stillsteht, so herrscht in den verschiedenen Gefäßprovinzen ein verschiedener Druck. Dieser ist die Folge der Gravitation und wird als sog. hydrostatischer oder hämostatischer Druck bezeichnet. Es ist danach leicht verständlich, daß die Druckdifferenzen zwischen den einzelnen Gefäßprovinzen — etwa zwischen Kopf und unteren Extremitäten — in der horizontalen Lage geringere sind, als in der aufrechten Haltung. Die größeren Druckdifferenzen in der senkrechten Haltung auszugleichen, ist das Kaninchen nicht fähig. Wir bezeichnen diesen Zustand nach Versacken des Blutes durch die Wirkung der Gravitation als sog. orthotischen oder orthostatischen Kollaps.

Mit diesem orthostatischen Kollaps beim Kaninchen haben wir uns besonders beschäftigt, um bei dieser rein mechanisch bedingten abnormen Blutverteilung etwaige Folgeerscheinungen an den Organen festzustellen. Die Schwere der Schädigung durch eine solche abnorme Blutverteilung ist schon daraus ersichtlich, daß im orthostatischen Kollaps der Tod eintreten kann. Um aber bleibende Schädigungen festzustellen, ist es notwendig, das Kaninchen wieder rechtzeitig in die horizontale Lage zurückzubringen und es damit am Leben zu erhalten. Man kann dann diesen Versuch beliebig wiederholen, um schließlich am Ende des Versuchs das überlebende Tier zu töten und die Organe dann mit den Methoden der Morphologie zu untersuchen. Schon nach einem einmaligen orthostatischen Kollaps konnten wir als Folge der abnormen Blutverteilung an verschiedenen Organen gewebliche Dauerschäden nachweisen (18). Im Herzen finden sich Muskelfasernekrosen mit Zerfall der kontraktilen Substanz; in der Leber finden sich fleckförmige Zellnekrosen. In langfristigen wiederholten Versuchen waren die Gewebsveränderungen stärker, auch fanden sich dann Verquellungen und Zellwucherungen an den kleinen ernährenden Herzarterien. In der Leber waren oft große Bezirke des Organs zerstört. Diese Befunde konnten wir nur so deuten: Die abnorme Blutverteilung führt zu einem relativen Leerlauf des Herzens und zu einem Unterschreiten der Mindestdurchblutung der lebenswichtigen Organe. Dadurch kommt es zu Ernährungsstörungen in diesen Organen und schließlich zu morphologisch faßbaren Gewebsveränderungen. Wir sind uns dabei bewußt, daß das Kaninchen ein besonders empfindlich reagierendes Tier ist, bei dem sowohl abnorme Blutverteilung als auch die geweblichen Folgeerscheinungen leicht eintreten, konnte doch VEITH (37) zeigen,

daß durch Aufspannen eines Kaninchens auf ein Versuchsbrett und durch Verweilen über längere Zeit in dieser unphysiologischen Lage Gewebsveränderungen am Herzmuskel — wenn auch im allgemeinen geringe — auftreten können.

Daß tatsächlich die abnorme Blutverteilung im sog. orthostatischen Kollaps zu einer schließlich ungenügenden Ernährung des Herzens führt, konnten wir in unseren Versuchen durch die Anwendung der elektrokardiographischen Herzuntersuchung nachweisen. Wir wissen, daß bei jedem tätigen Muskel, so auch beim Herzen, elektrische Ströme bzw. Spannungsdifferenzen auftreten, die von der äußeren Haut abgeleitet und durch Verstärker- und Registrierinstrumente aufgezeichnet werden können. Eine solche Herzstromkurve bezeichnen wir als Elektrokardiogramm. Wir konnten nun in unseren Versuchen feststellen, daß die vorher registrierte Normalkurve mit zunehmender Blutverlagerung im orthostatischen Kollaps regelmäßig Deformierungen erkennen ließ, die sich erst zurückbildeten, wenn das Tier in die Horizontale zurückgebracht wurde und eine wieder normale Blutverteilung eingetreten war. Die Kurvendeformierungen sind so charakteristisch, daß man unter Würdigung auch der übrigen Befunde für unsere Versuche unbedingt auf eine mangelhafte Durchblutung des Herzens schließen kann. Wir können dadurch also bindend den Schluß ziehen, daß die im Herzen gefundenen geweblichen Veränderungen Folge dieser mangelhaften Durchblutung sind, die durch die abnorme Blutverteilung zustandekam. Auch für andere Organe, besonders das Gehirn, können wir eine Abnahme der Durchblutung annehmen. Man kann diese Abnahme der Gehirndurchblutung geradezu sehen. Wir haben dies in Versuchen gemeinsam mit SCHMIDT (20) erst jüngst zeigen können. Am Auge haben wir die einzigartige Möglichkeit mit Hilfe des Augenspiegels Gewebe in der Tiefe des Organismus zu untersuchen. Bei der Betrachtung der Netzhaut mit dem Augenspiegel beobachteten wir aber einen Teil des Gehirns, der zwar besonders differenziert ist. Wir konnten nun an der Netzhaut bei zunehmender Blutversackung im orthostatischen Kollaps des Kaninchens eine abnehmende Blutfüllung der kleinen ernährenden Gefäße beobachten. Am Hund war eine solche Abnahme der Durchblutung bis zum fast vollständigen Leerlauf bei etwas veränderten Versuchsbedingungen ¹⁾ noch eindrucksvoller nachzuweisen. Damit wird, wie ich glaube, besonders klar am ganz

¹⁾ Bei Schräglagerung und Injektion von Histamin i. v.

unveränderten Tier gezeigt, daß nicht nur an der Haut der oberen Körperhälfte die Durchblutung abnimmt — man kann dies ja am Kälterwerden der Löffel des Kaninchens feststellen — sondern schließlich auch die Gehirndurchblutung bei der abnormen Blutverteilung verringert wird. Dies ist um so bemerkenswerter als wir wissen, daß der Organismus über besonders vielfältige und intensive Regulationen verfügt, um die Gehirndurchblutung unbedingt auf einer Mindesthöhe zu erhalten.

Abnorme Blutverlagerungen durch die wechselnden hämostatischen Kräfte bei senkrechter Haltung oder Schräglagerung kann man auch bei Hunden beobachten. Nach Untersuchungen von SCHNEIDER (33) und besonders FREY (10) kann diese Blutverlagerung in der aufgerichteten Haltung so beträchtlich sein, daß durch Versacken des Blutes in die untere Körperhälfte eine Abnahme der das Herz in einer Minute durchströmenden Blutmenge von etwa 40 % eintritt. Wir wissen nach diesen Versuchen auch, daß zahlreiche Regulationen und Umstellungen im Tempo der Blutdurchströmung dieser abnormen Blutverteilung entgegenwirken, so daß schließlich doch ein Ausgleich erreicht werden kann. So können z. B. leichte Muskelarbeit oder passiv eine Bandage der Beine die Blutverschiebung in die untere Körperhälfte weitgehend verhindern. Stärkere Muskelarbeit oder Erwärmung der unteren Extremitäten mit den dadurch auftretenden Gefäßerweiterungen können dagegen die hämostatischen Blutverlagerungen verstärken.

Gibt es nun ähnliche Erscheinungen auch beim Menschen? Die hämostatischen Druckdifferenzen in den einzelnen Gefäßprovinzen sind beim Menschen durch seine aufrechte Haltung besonders beträchtliche. Im Liegen dagegen sind die Differenzen fast gleich Null. Die erheblichen hämostatischen Kräfte im Stehen können sich auch beim Menschen zu einer abnormen Blutverteilung auswirken. Sie kennen alle die Ohnmacht, die bei längerem Stehen eintreten kann und die bei Paraden und Rektoratsübernahmen als sog. Stehkollaps fast mit Regelmäßigkeit zu beobachten ist. Die Ohnmacht kommt nach Versacken des Blutes in die untere Körperhälfte im Sinne der Gravitationswirkung durch eine relative Blutleere des Gehirns zustande; sie entspricht ganz dem orthostatischen Kollaps des Kaninchens. Bringt man den Ohnmächtigen in die horizontale Lage, die ja die hämostatischen Druckdifferenzen ausgleicht, so wird die abnorme Blutverteilung meist schnell zurückgebildet und es tritt Erholung ein. Im allgemeinen sind diese Zu-

stände zweifellos unbedenklich. Für einzelne Menschen, bei denen offenbar eine Disposition für das Auftreten solcher orthostatischer Blutverlagerungen besteht, erscheint dies aber doch ernster. So wird über zwei Soldaten berichtet, die, wenn sie beim Aufstehen schnell aus ihren Betten hochsprangen, bewußtlos wurden und zu Boden stürzten. In der Regel erholten sie sich dann aber schnell. Man dachte sogar an epileptische Anfälle bis die genaue Untersuchung ergab, daß es sich um orthostatische Kollapszustände handelte. Die Registrierung der Herzstromkurve zeigte bei diesen Soldaten nach längerem Stehen im wesentlichen gleiche Veränderungen wie in unseren Kaninchenversuchen. FREY und REINDELL (11) berichten über einen jungen Sportler, der bei längerem ruhigen Stehen ebenfalls einen orthostatischen Kollaps bekommt. Die Untersuchung der das Herz in einer Minute durchströmenden Blutmenge, des sog. Herzminutenvolumens, ergab im Vergleich zur horizontalen Lage bei einer Schräglagerung von 50° eine Abnahme bis zu 60% . Das Blut versackt also tatsächlich so stark in die untere Körperhälfte, daß die Durchblutung der lebenswichtigen Organe bis zur kritischen, nicht mehr genügenden Durchblutung verringert wird. Im Elektrokardiogramm fanden sich in diesem Zustand Veränderungen, die eindeutig auf eine ungenügende Herzdurchblutung hinwiesen. Subjektiv traten Schwindel und Flimmern vor den Augen auf. Ob es aber beim Menschen durch solche schweren, eventuell wiederholten orthostatischen Kollapszustände entsprechend unserm Modellversuch am Kaninchen auch zu Gewebsveränderungen kommt, können wir heute noch nicht sagen.

Die fortschreitende Technik hat uns weitere Möglichkeiten zur Einwirkung von mechanischen Kräften auf die Blutverteilung gebracht, die dem Einfluß der Gravitation vergleichbar sind. Besonders wichtig sind die bei plötzlicher Änderung der Bewegungsrichtung einsetzenden Beschleunigungskräfte. Der Körper versucht nach dem Trägheitsgesetz die alte Bewegungsrichtung zunächst beizubehalten. In geringem Grade können wir alle die Wirkung solcher Kräfte beim schnellen Fahren einer Kurve erleben. Viel größer sind die Beschleunigungskräfte, die bei verschiedenen Kurven und Loopings der Flieger, und die besonders auch beim Abfangen der Sturzkampfbomber vorkommen. Die Erreichung immer größerer Geschwindigkeiten bei diesen Sturzflügen durch die zunehmend bessere Konstruktion der Flugzeuge hat uns hier zu einer Grenze des für den Menschen Ertragbaren geführt. Der Mensch befindet

sich bei diesen Kurvenflügen und beim Abfangen des Flugzeuges in einer Lage, wie wenn er auf einer großen Zentrifuge mit starker Geschwindigkeit rotiert würde. Die dabei entstehenden, z. T. ganz enormen Radialbeschleunigungen führen besonders zu einem Versacken des Blutes in die Peripherie. Die Verlagerung des flüssigen Blutes in den Gefäßen ist ja auch am leichtesten möglich. Die festeren Körperbestandteile können dagegen den Radialbeschleunigungen nicht folgen. Von besonderer Wichtigkeit ist die Richtung, in der die Radialbeschleunigungen auf den Menschen einwirken. Kommt es zur Beschleunigung in Richtung Kopf—Beine, so liegen die großen Gefäßprovinzen der unteren Extremitäten und des Bauches unter der Herzhöhe. Es entstehen dann besonders leicht ganz beträchtliche abnorme Blutverlagerungen. Im Tierversuch haben RANKE (23) und FISCHER (9) durch Zentrifugieren von Affen zeigen können, daß das Blut unter dem Einfluß solcher Fliehkräfte in Richtung Kopf—Beine in die untere Körperhälfte getrieben wird. Es kommt zu einem gleichen Leerlauf des Herzens wie beim Kaninchen im orthostatischen Kollaps. Auch für den Menschen ist bekannt, daß die Radialbeschleunigungen im Versuch auf der Zentrifuge oder im Flugzeug zu schwerer abnormer Blutverteilung mit Sehstörungen und Bewußtlosigkeit führen können (28). Wenn wir in Analogie zu unseren Befunden bei orthostatischem Kollaps des Kaninchens und auch nach den Befunden am Hund annehmen können, daß auch beim Menschen die Durchblutung der Netzhaut des Auges abnimmt — beim Menschen ist das bis heute noch nicht geprüft — so würde vielleicht auch damit verständlich, warum gerade als erstes das Sehvermögen verlorenght. Die mangelhafte Durchblutung der Netzhaut unter der abnormen Blutverteilung führt dazu, daß ein schwarzer Schleier vor den Augen herabsinkt, der ja auch bei der Ohnmacht bekannt ist. Dieses Schwarzsehen kann schon eintreten, wenn das Bewußtsein noch erhalten, also die übrige Gehirndurchblutung noch eben ausreichend ist. Was das für den Flieger bedeutet — ein solches Schwarzsehen oder gar Bewußtlosigkeit — ist ohne weiteres klar. Um solche Ereignisse zu vermeiden, hat man nun Einrichtungen konstruiert, die die Wirkung der Fliehkraft in Richtung Kopf—Beine, die ja besonders ungünstig ist, ausschalten (7, 31). Durch Anwendung einer automatischen Kippvorrichtung kann z. B. beim Sturzkampfbomber vor Abfangen des Flugzeuges beim Sturzflug eine solche Lagerung des Flugzeugführers erreicht werden, daß die Fliehkräfte nur in Richtung Brust—Rücken einwirken. In

Richtung Brust—Rücken sind die Ausweichmöglichkeiten des Blutes und seine Verlagerung in viel geringerem Maße möglich. Es können daher viel größere Beschleunigungen vertragen werden (7). Die Frage nach Dauerschäden durch solche Radialbeschleunigungen — insbesondere geweblicher Art — können wir heute noch nicht beantworten. Im Experiment sind sie bisher nicht geprüft. Auch für den Menschen liegen keinerlei Beobachtungen vor.

Außer den genannten mechanischen Kräften kennen wir auch chemische Ursachen für eine abnorme Blutverteilung. Die Wirkungsweise dieser Körper und Gifte ist allerdings oft schwer zu analysieren. Man kann annehmen, daß die chemischen Stoffe von der Blutbahn direkt die Gefäßwand angehen und sie lähmen oder aber, daß sie auf die Gefäßnerven und die zentral-nervösen Regulationsstellen einwirken. Für uns mag die Tatsache genügen, daß nach Einverleibung solcher chemischer Stoffe bisher uneröffnete Gefäßbezirke sich mit Blut füllen und dadurch eine abnorme Blutverteilung eintreten kann. Von den verschiedenen bekannten sog. kreislaufwirksamen Substanzen haben wir das Histamin, einen chemisch eindeutig definierten Körper, in Kaninchenversuchen angewandt. Injiziert man große Dosen von Histamin in die Blutbahn, so kommt es zu einer so starken Erweiterung der Bauch- und Hautgefäße, daß analog dem orthostatischen Kollaps durch Versacken des Blutes in das periphere Gefäßsystem ein Histaminkollaps entsteht (8). Es kann dadurch die Durchblutung der lebenswichtigen Organe so verringert werden, daß die Tiere daran zugrundegehen. Die Folgen des Histaminkollapses stimmen im wesentlichen überein mit denen nach orthostatischem Kollaps (18, 35). Für das Herz können diese Durchblutungsstörungen schon im Leben im Elektrokardiogramm registriert werden. Beim Vergleich zu den Normalkurven finden wir sowohl in Versuchen mit Kaninchen als auch bei der Katze charakteristische Deformierungen, die nur geringe Unterschiede zu den Kurven beim orthostatischen Kollaps zeigen. Die geweblichen Veränderungen, die beim empfindlichen Kaninchen schon nach einer einmaligen Histamininjektion auftreten, wurden von HEINLEIN (15) in gleichem und ausgedehnterem Maße nach wiederholten Histamininjektionen auch an der sehr widerstandsfähigen Katze gefunden. Eine abnorme Blutverteilung wird auch durch Eiweißabbauprodukte herbeigeführt, besonders für Pepton ist dies nachgewiesen (18). Im Experiment kann man auch eine ähnliche Wirkung erzielen, wenn man beim Kaninchen Fremdseren — etwa Pferde- oder Schweineserum —

in die Blutbahn injiziert. Auch danach kommt es zu einer schweren Störung in der allgemeinen Blutverteilung. Was die Folgeerscheinungen angeht, so können wir uns hier kurz fassen. Wir sahen gleich schwere, wenn nicht schwerere elektrokardiographische Veränderungen. Auch die Gewebsveränderungen am Herzen waren im wesentlichen die gleichen wie nach Injektion von Histamin.

Beim Menschen können — abgesehen von seltenen Überempfindlichkeitsreaktionen nach wiederholten Serumgaben — zweifellos ähnliche chemische Körper Ursache für eine abnorme Blutverteilung sein. Nach der Auffassung vieler Untersucher werden bei Zerstümmerung und Quetschung von Geweben durch Verletzungen Eiweißabbauprodukte frei, die in die Blutbahn gelangen und eine histaminähnliche Wirkung entfalten können. Die so entstehende abnorme Blutverteilung ist allgemein gefürchtet als sog. Wundkollaps. Auch bei ausgedehnten Hautverbrennungen und Verbürhungen werden sicher in den geschädigten und abgetöteten Geweben Abbauprodukte frei, durch deren Resorption der sog. Verbrennungskollaps entsteht, der ebenfalls mit einer schweren und langdauernden Störung der allgemeinen Blutverteilung einhergeht. Die Folgeerscheinungen der abnormen Blutverteilung bei Verbrennungskollaps wurden in jüngster Zeit ausführlich von ZINCK (38) untersucht. ZINCK konnte an verschiedenen Organen schwere gewebliche Veränderungen feststellen. Im Herzen fand er z. T. ausgedehnte Fasernekrosen. In Nachuntersuchungen haben wir die Muskelfasernekrosen im Herzen bestätigen können. Wir möchten annehmen, daß die bei Verbrennungskollaps gefundenen Gewebeschäden an Herz, Leber und anderen Organen wesentlich verursacht werden durch die bestehende abnorme Blutverteilung, und daß sie ganz in Parallele zu stellen sind zu den Gewebsveränderungen bei Histamin- oder orthostatischem Kollaps. Damit ist also zweifellos gezeigt, daß auch beim Menschen durch eine langanhaltende und schwere abnorme Blutverteilung Dauerschäden an den verschiedenen Organen eintreten können.

Besonders wichtig erscheint aber ein Vergleich zu der Wirkung zahlreicher Infektionskrankheiten. Die giftbildenden Erreger bewirken hier ein Erschlaffen der Gefäße, das zur abnormen Blutverlagerung führen kann. Auch hier müssen wir es wie beim Histamin unentschieden lassen, ob die toxische Wirkung direkt oder auf dem Umweg über die Gefäßnerven oder das Zentralnervensystem erfolgt. Für bösartige Formen der Grippe sind solche kollaps-

artigen Zustände mit abnormer Blutverteilung ganz bekannt (2). Auch bei Diphtherie (13, 14), bei Typhus und Paratyphus können sich solche Störungen der Blutverteilung zeigen und sind vom Arzt besonders gefürchtet. Wir kennen nun schon lange für die genannten Erkrankungen als Folgeerscheinungen oft ausgedehnte Fasernekrosen im Herzmuskel und auch Gewebsschäden an anderen Organen, so daß der Gedanke naheliegt, diese geweblichen Veränderungen vielleicht z. T. als Folge der abnormen Blutverteilung und der dadurch eintretenden Ernährungsstörungen aufzufassen. Bei diesen bakteriellen Giftwirkungen wird es aber für die Folgeerscheinungen im Sinne der Gewebsveränderungen an lebenswichtigen Organen immer sehr schwer bleiben abzugrenzen, was nun durch die direkte Giftwirkung und was durch die gleichzeitig bestehende abnorme Blutverteilung entstanden ist. Sicher ist, daß nach Abklingen einer Infektion in der Rekonvaleszenz schon ein Aufsitzen oder gar Aufstehen durch die zusätzlichen Kräfte der Gravitation schwere, zu Ohnmacht führende abnorme Blutverteilungen herbeiführen können. Und es ist eine allgemeine Erfahrung, daß man sich nach einem langen Krankheitslager — gleichgültig wodurch dieses verursacht wurde — nicht ohne weiteres zu voller Arbeit erheben kann.

Eine der wichtigsten Leistungen der Blutzirkulation ist die Übertragung des Sauerstoffs durch das Blut. Dadurch werden die Zellatmung und die wichtigsten Stoffwechselleistungen der Gewebe und Organe ermöglicht. Ist diese Überträgerfunktion des Blutes aus äußeren oder inneren Gründen beeinträchtigt, so bleibt der dadurch herbeigeführte Sauerstoffmangel, die sog. Hypoxämie, nicht gleichgültig für die Blutverteilung. Durch die Erfahrungen der Luftfahrtmedizin ist uns der sog. Höhenkollaps bekannt geworden, der von der Höhenkrankheit zu trennen ist. Der Höhenkollaps tritt schon bei geringeren Höhen ein. Er kommt so zustande, daß schon durch das geringe Absinken des Sauerstoffpartialdrucks bei empfindlichen Menschen die Regulation der Blutverteilung versagen kann. Die Folge ist, daß das Mißverhältnis von Blutmenge und Weite des Gefäßsystems sinnfällig wird. Im Stehen kommt es leichter zum Höhenkollaps durch die zusätzliche Wirkung der Gravitation auf die Blutverteilung als im Sitzen oder Liegen. Dieses unterschiedliche Verhalten im Stehen, Sitzen und Liegen wird auch bei der Prüfung auf Fliegertauglichkeit ausgenutzt.

Schnelle und starke Blutverluste können auch einen Sauerstoffmangel der Gewebe herbeiführen. Hier entsteht der Sauerstoffmangel

durch Verminderung der Blutmenge. Die Auswirkung auf die Organe ist fast die gleiche wie bei Sauerstoffmangel in großer Höhe. Auch Blutverlust kann einen sog. Verblutungskollaps mit abnormer Blutverteilung bewirken. Das Mißverhältnis zwischen Blutmenge und Weite des Gefäßsystems, das durch den Blutverlust schon verschlechtert wurde, wird noch ungünstiger, es kommt zur Ohnmacht oder gar zum Tode.

Für den Höhenkollaps sind Gewebsveränderungen als Folgeerscheinungen bisher nicht bekannt. Nach Kollaps bei schweren Blutverlusten kennen wir dagegen Gewebsveränderungen an Gehirn, Herz, Leber und anderen Organen. Bei diesen Veränderungen müssen wir aber berücksichtigen, daß schon Sauerstoffmangel allein, wie er durch Höhenwirkung oder durch Blutverlust eintritt, zu gleichen Gewebsveränderungen an den Organen führen kann, wie wir sie etwa nach orthostatischem Kollaps beobachten konnten. Es wird deshalb immer schwer bleiben zu entscheiden, welchen Anteil die meist nur zusätzlich abnorme Blutverteilung für die Entstehung der Gewebsveränderungen hat. Wir müssen vielmehr annehmen, daß beim Höhen- und Verblutungskollaps sich die Wirkung des Sauerstoffmangels durch Abnahme des Sauerstoffpartialdrucks oder durch Blutverlust und die abnorme Blutverteilung addieren und summieren, ohne daß wir am Ende noch die Summanden trennen können.

Eine meist zu wenig beachtete Leistung der Blutzirkulation und der Blutverteilung dient der Regelung des Wärmehaushalts. Sie ist innig verknüpft mit den wärmeproduzierenden oxydativen Stoffwechselforgängen. Es ist nun interessant, daß auch bei Störungen im Wärmehaushalt abnorme Blutverteilungen auftreten können, die ihrerseits Folgeerscheinungen bewirken. Auf die abnorme Blutverteilung beim Hitzschlag ist erst in jüngster Zeit von SCHÜRMAN (34) hingewiesen worden. Er entwickelt darüber folgende Vorstellungen: Durch die übermäßige Wärmebildung bei ungenügender Abgabe kommt es zu einer Erweiterung der Kapillaren der inneren Organe. Bei gleichzeitiger körperlicher Leistung wird besonders die Muskulatur hierbei einen großen Anteil einnehmen. Durch die Auffüllung all dieser Gefäßprovinzen wird schließlich das Mißverhältnis zwischen Blutmenge und Gefäßweite sichtbar. Die abnorme Blutverteilung führt schließlich zu relativem Leerlauf des Herzens und zur Abnahme der Durchblutung der verschiedenen lebenswichtigen Organe, besonders des Gehirns. Es kommt beim Hitzschlag zur

charakteristischen Ohnmacht. SCHÜRMANN konnte nun in Fällen, die bei schwerem Hitzschlag zum Tode führten, an Herz, Leber und anderen Organen Gewebsveränderungen als Folge der im Hitzschlag eintretenden abnormen Blutverteilung feststellen, die er in Parallele stellt zu unseren tierexperimentellen Befunden bei orthostatischem Kollaps. Was so die übermäßige Wärme beim Hitzschlag bewirkt, kann auch durch das Gegenteil, die Kälte herbeigeführt werden. Menschen, die bei plötzlicher Kältewirkung mit einer übermäßigen Erweiterung der Hautgefäße reagieren, können durch die plötzliche Blutverlagerung in einen Kältekollaps mit Ohnmacht verfallen. Auch für geübte Schwimmer können solche Erscheinungen beim Übergang von warmer zu kalter Strömung zum Verhängnis werden.

Für die Blutverteilung kommt, wie wir schon erwähnten, zweifellos einzelnen Hormonen eine ganz besondere regulierende Wirkung zu. An erster Stelle ist hier das Adrenalin des Nebennierenmarks zu nennen. REIN (25) mißt dem Adrenalin nach seinen Untersuchungen geradezu eine ökonomisierende Wirkung zu. In einem arbeitenden Muskel, der also viel Blut braucht, führt Adrenalin zur Erweiterung der Gefäße und damit zur besseren Durchströmung. In einem anderen ruhenden Muskel bewirkt das gleiche Adrenalin eine weitere Abdrosselung der Durchblutung. Es ist dies eine Erscheinung, die nur im Bereich des Biologischen denkbar und verwirklicht ist. Die Reaktion ist offenbar zweckmäßig, was ja auch schon in dem Begriff einer „ökonomisierenden“ Wirkung steckt. Bei einer solchen Hormonwirkung des Adrenalins ist grundsätzlich anzunehmen, daß ein Fehlen oder eine zu geringe Bildung zur abnormen Blutverteilung führen können. Für diese Frage haben tierexperimentelle Befunde nicht weiterführen können, weil bei der vielfältigen Hormonwirkung der Nebennieren die Ausfallerscheinungen so ausgedehnt sind, daß man eine isolierte Betrachtung der Wirkung auf die Blutverteilung kaum erreichen kann. Auch das Krankheitsbild des Menschen bei Zerstörung der Nebennieren, wobei meist die ganze Nebenniere — also Mark und auch Rinde — zerstört ist, die sog. Addisonsche Krankheit, ist für die Frage der abnormen Blutverteilung noch nicht genauer analysiert. Immerhin weisen verschiedene Erscheinungen in diesem Krankheitsbild auf eine schlecht regulierte Blutverteilung hin. Der Abfall des Blutdrucks, besonders bei körperlicher Arbeit, überhaupt die Unfähigkeit zu körperlicher Leistung sowie nachgewiesene elektrokardiographische Veränderungen können von hier aus vielleicht eine weitere Deutung erhalten (22). Ebenso könnte dann die

anatomisch immer wieder festzustellende Atrophie von Herz und Leber damit in Zusammenhang gebracht werden.

Die Bedeutung einer weiteren endokrinen Drüse, der sog. Hirnanhangsdrüse, für die Regulierung der Blutverteilung wird besonders von SCHELLONG (32) betont. Beim Menschen mit gestörter Funktion der Hirnanhangsdrüse ist z. T. das Versagen der hormonalen Regulation geradezu ein diagnostisches Kennzeichen. Bei diesen Menschen findet sich beim Aufstehen oder bei längerem ruhigen Stehen eine so schlechte Regulationsfähigkeit, daß schon in ganz kurzer Zeit im Sinne des orthostatischen Kollapses beträchtliche Blutverlagerungen auftreten, die zur Ohnmacht führen können.

Klar und eindeutig ist der Einfluß der nervös-reflektorischen Regulation auf die Blutverteilung. Die Bedeutung dieser Regulationen möchten wir besonders betonen, da sie zweifellos bei den verschiedensten Ursachen der abnormen Blutverteilung mitwirken. Blutverlagerungen aus nervös-reflektorischen Gründen sind schon sehr früh experimentell geprüft worden. Besonders GOLTZ (12) verdanken wir eingehende Untersuchungen zu dieser Frage. In Versuchen aus dem Jahre 1874 schreibt er: „Beim dekapitierten Frosch mit erhaltenem Rückenmark bleibt der Kreislauf noch lange bestehen. Wird aber das Rückenmark und mit diesem die z. T. hier gelegenen Regulationszentren zerstört, so stockt der Kreislauf deshalb, weil der Tonus der Gefäße nachgibt. Nach Erschlaffung sämtlicher Gefäße tritt ein Mißverhältnis ein zwischen Gefäßraum und Gefäßinhalt. Die vorhandene Blutmenge verliert sich gleichsam in den kolossal erweiterten Gefäßen wie bei einer inneren Verblutung.“ Dieser klassischen Beschreibung der Bedeutung nervöser Regulationen für die Blutverteilung brauchen wir wirklich kein Wort hinzuzufügen.

GOLTZ verdanken wir auch noch ein weiteres eindrucksvolles Experiment, den sog. Goltzschen Klopfversuch. Durch wiederholtes mäßiges Klopfen, etwa mit einem Spatel, gegen den Bauch eines Froschs kommt es zur Verlangsamung des Herzschlages und schließlich zum Stillstand von Herz und Kreislauf. Hört man mit dem Klopfen auf, so kommen nach einiger Zeit Herzschlag und Zirkulation wieder in Gang. Man kann den Versuch beliebig oft wiederholen. Zweifellos handelt es sich hier um einen nervösen Reflex und die größte Wirkung kommt wohl über den Nervus vagus auf das Herz zustande. Aber schon GOLTZ beobachtete nach anhaltendem Klopfversuch eine abnehmende Gefäßfüllung. Die Hohlvene, die das Blut zum Herzen bringt, bleibt fast völlig blutleer, da sich das Blut in

den ihres Tonus beraubten Bauchgefäßen anhäuft. Dazu schreibt GOLTZ selbst: „Der Zustand der Blutbewegung gleicht unter solchen Verhältnissen demjenigen, welcher nach ausgiebigen Blutverlusten beobachtet wird.“ Bringt man bei einem solchen Versuch das Tier in eine senkrechte Lage, so wird durch die zusätzliche Wirkung der Gravitation die Herabsetzung des venösen Rückflusses noch weiter verstärkt. Das Auftreten einer abnormen Blutverteilung wird also durch die Summierung der beiden Faktoren bedingt.

Eine reine Reflexwirkung auf die Blutverteilung und Blutzirkulation ganz entsprechend dem Goltzschen Klopfversuch kennen wir auch beim Menschen beim sog. Tiefschlag im Boxkampf. Es ist bekannt, daß auch ohne stärkere Kraftanwendung, wenn der Schlag überraschend erfolgt und eine Abwehrspannung der Bauchdecken nicht eintreten kann, nach einem solchen Tiefschlag Schwarzsehen und Bewußtlosigkeit eintreten können. Die Erscheinung kommt wohl so zustande, daß durch die örtliche Wirkung des Schlages auf die großen nervösen Geflechte, die im Oberbauch liegen, ein Versagen der nervösen Mechanismen für die Blutregulation auftritt und dadurch eine abnorme Blutverteilung mit ihren charakteristischen Folgeerscheinungen. Der Abfall des Blutdrucks bei bestimmten Rückenmarkserkrankungen, z. B. bei der Tabes dorsalis, bei aufrechter Stellung und das leichte Auftreten des orthostatischen Kollapses bei diesen Kranken sind auch so zu deuten, daß die nervöse Regulation, wenn auch nur in einem Teilgebiet des Organismus, gestört ist (29). Folgeerscheinungen der abnormen Blutverteilung aus rein nervös-reflektorischer Ursache im Sinne von geweblichen Veränderungen sind nicht bekannt.

Daß schließlich auch psychische Erregungen die Blutverteilung beeinflussen können, ist uns allen bekannt. Bei Scham rötet sich die Haut durch die Blutverlagerung dorthin. Große Freude oder Schreck können durch ihre Einwirkung auf die nervöse Regulation zu einer so schweren abnormen Blutverteilung führen, daß Ohnmacht und Bewußtlosigkeit eintreten. Deshalb ist es auch ratsam, Kranken und älteren Menschen sie stark bewegende Ereignisse nur schonend mitzuteilen.

Wenn wir nun einmal zurückschauen auf die eingangs erörterte Möglichkeit, daß das relative Mißverhältnis zwischen Blutmenge und Gefäßweite von krankmachender Bedeutung sein kann, so werden wir erstaunt sein, wieviel Gebiete der Pathologie und Klinik davon betroffen werden. Auch spezielle Fragen der Wehrmedizin und

Wehrpathologie finden hier ihre theoretische Begründung. Dabei können unsere Ausführungen keineswegs den Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Unter den Ursachen haben wir nur solche angeführt, die sicher auch zu schwereren allgemeinen Blutverteilungen führen können. Auf die Möglichkeit des Zusammenwirkens verschiedener Faktoren wurde schon hingewiesen. Auf abnorme Blutverteilungen durch Erlahmen des Herzmotors, durch Verlegungen großer Stromgebiete des Gefäßsystems, etwa bei Lungenembolie, oder durch die zunehmende Wehrbildung beim Klappenfehler des Herzens möchten wir hier nur kurz hinweisen. Bei den Folgen der abnormen Blutverteilung berücksichtigten wir, abgesehen von Ohnmacht, Bewußtlosigkeit oder gar Tod, nur die Frage nach bleibenden Gewebsschäden an einzelnen lebenswichtigen Organen. Es blieb aber auch dies nur eine Auswahl. Auch müssen wir betonen, daß nur für einen Teil der abnormen Blutverlagerungen aus verschiedener Ursache solche geweblichen Folgeerscheinungen heute für Tier und Mensch sichergestellt sind. In anderen Fällen konnten wir nur die Frage danach stellen, die zu beantworten Aufgabe weiterer Untersuchungen sein muß. Wir müssen damit zugeben, daß erst dann manche der gegebenen Deutungen aus dem Bereich der Hypothese heraustreten. Für diese weiteren notwendigen Untersuchungen können wir aber schon heute folgende Überlegungen anstellen. Tritt die abnorme Blutverteilung schnell ein, ohne daß Gegenregulationen einsetzen können, und wirkt sie langdauernd und stark, so werden wir mit großer Wahrscheinlichkeit auch dort Gewebsschäden zu erwarten haben, wo der Nachweis heute noch fehlt. Dauert die abnorme Blutverlagerung nur kurze Zeit und tritt sie allmählich und in einem leichten Maße ein, so werden wir Dauerschäden im Sinne von Gewebsveränderungen nicht zu befürchten haben. Der Nachweis solcher Folgeerscheinungen abnormer Blutverteilung dürfte nicht nur für das Verständnis der Entstehungsweise verschiedenster Organschäden von Bedeutung sein, sondern auch der Arzt dürfte daraus Fingerzeige gewinnen für seine krankheitsverhütenden und heilenden Maßnahmen.

Eingangs hatten wir aus dem Aufbau des Organismus bzw. seines Gefäßsystems die Möglichkeit der abnormen Blutverteilung abgeleitet. Nur durch die sinnvolle Ökonomie und Zweckmäßigkeit in der Regulation der Blutverteilung wird dieses relative Mißverhältnis von Gefäßweite und Inhalt normalerweise nicht manifest. In diesem Begriff der Blutverteilung finden wir schon eine Eigenart

des Biologischen ausgedrückt. Analogien zu solcher sinnvollen Organisation können kaum im Bereiche der Physik oder Chemie gefunden werden, sondern eher in den Einrichtungen menschlicher Organisation und Kultur, die sehr oft — bewußt oder unbewußt — Kennzeichen eines biologischen Aufbaus tragen. So erscheint es uns auch nicht als Zufall, daß gerade die allgemeine Pathologie ihre Richtlinien und Gesichtspunkte immer wieder an der Biologie orientiert. Wenn nun schon VIRCHOW von „einem Chaos der Einzelbeobachtungen“ sprach, „in dem alte und neue Bausteine durcheinanderliegen“, so gilt es heute um so mehr, durch die Gewinnung und Anwendung solcher allgemeinpathologischer Gesichtspunkte die Unzahl der Einzelerfahrungen in einen wissenschaftlichen Zusammenhang zu bringen. Um die Gewinnung und Anwendung solcher Prinzipien im Sinne der allgemeinen Pathologie müssen wir uns immer wieder bemühen. Denn, wie GOETHE einmal schreibt: „Alles kommt in der Wissenschaft auf das an, was man ein Aperçu nennt, auf ein Gewährwerden dessen, was den Erscheinungen zugrundeliegt. Ein solches Gewährwerden ist bis ins Unendliche fruchtbar“ und „ein Fall kann dann für tausend gelten“.

Literaturverzeichnis.

(Die Literaturhinweise wurden nachträglich in den Text des Vortrages eingefügt.)

1. ASCHOFF: Pathologische Anatomie. Jena 1936.
2. BÜCHNER: Die Koronarinsuffizienz. Dresden 1939.
3. Derm. Wschr. **110**, 54 (1940).
4. Luftf.med. **5**, 1 (1940).
— und v. LUCADOU: Beitr. path. Anat. **93**, 549 (1936).
6. WEBER und HAAGER: Koronarinfarkt und Koronarinsuffizienz. Dresden 1935.
7. DIERINGSHOFEN, H. Luftf.med. **2**, 281.
8. EPPINGE KAUNITZ und POPPER: Die seröse Entzündung. Berlin 1935.
9. FISCHER: Luftf.med. **2**, 1.
10. FREY: Arch. Kreislaufforschg **7**, 329 (1940).
11. — und REINDELL: zit. nach FREY.
12. GOLTZ: zit. nach ATZLER in Handb. d. normalen u. patholog. Physiol. **7**, 2.
13. GÜNTHER: Frankf. Z. Path. **54**, 550 (1940).
14. Beitr. path. Anat. **105**, 256 (1940).
15. HEINLEIN: Erg. Hyg. **20**, 274 (1937).
16. KAUFFMANN: in Handb. d. normalen u. patholog. Physiol. **2**.
17. KROGH: zit. nach REIN.
18. MEESSEN: Beitr. path. Anat. **99**, 329 (1937); **102**, 191 (1939).
19. —: Verh. dtsh. path. Ges. **103** (1936).
20. — und SCHMIDT: unveröffentlicht.
21. OPITZ: Z. Kreislaufforschg **27**, 227 (1935).
22. OPITZ und DELIUS: Dtsch. Arch. klin. Med. **178**, 1 (1935).
23. RANKE: Luftf.med. **2**, 243.
24. REIN: Einführung in die Physiologie. Berlin 1940.
25. —: in ASCHOFF-Vorlesungen der Freiburger Medizinischen Gesellschaft, Freiburg 1941.
26. RECKLINGHAUSEN, v.: Lehrbuch der allgemeinen Pathologie. Stuttgart 1883.
27. REYNARD: zit. nach KAUFFMANN.
28. RÜHL: Arch. f. exper. Path. **172**, 568 (1933).
29. RUFF: Luftf.med. **2**, 259.
30. — und GAUER: Luftf.med. **3**, 225.
31. — und STRUGHOLD: Grundriß der Luftfahrtmedizin. Leipzig 1939.

84 HUBERT MEESEN, URSACHEN UND FOLGEN ABNORMER BLUTVERTEILUNG.

32. SCHELLONG: Regulationsprüfung des Kreislaufs. Dresden 1938.
33. SCHNEIDER: Verh. dtsh. Ges. Kreislaufforsch **11**, 287 (1938).
34. SCHÜRMAN: Veröff. Mil.san.wes. H. 105, 1 (1938).
35. TATERKA: Beitr. path. Anat. **102**, 287 (1939).
36. THOMA: Lehrbuch der allgemeinen Pathologie. Stuttgart 1894.
37. VEITH: Arch. Kreislaufforsch **6**, 335 (1940).
38. ZINCK: Pathologische Anatomie der Verbrennung. Veröff. Konstit. u. Wehr-path. **10**, H. 46.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1942

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Meessen Hubert

Artikel/Article: [Über Ursachen und Folgen abnormer Blutverteilung 65-84](#)