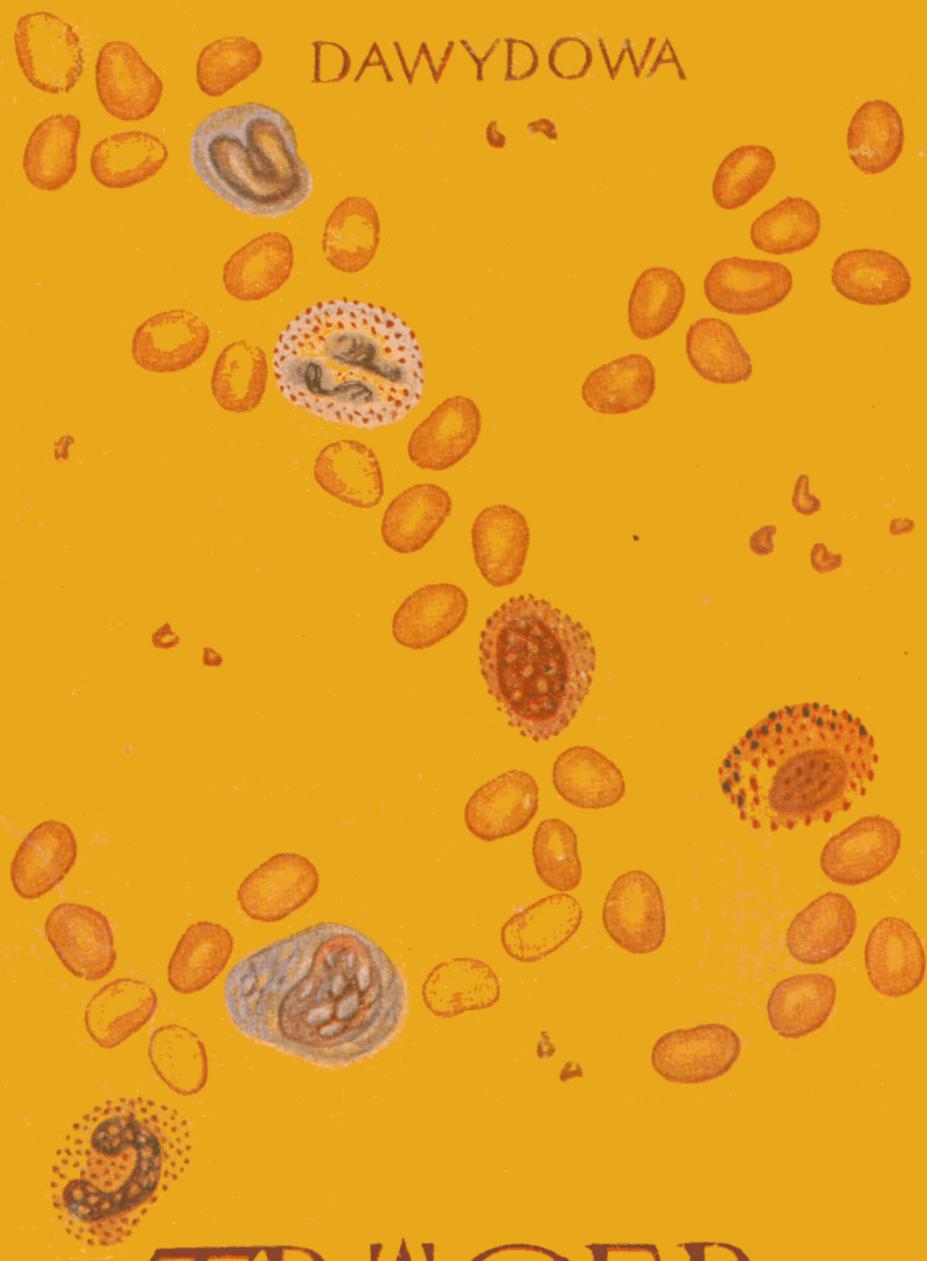


DAWYDOWA



TRÄGER
DES LEBENS



S. J. DAWYDOWA
TRÄGER DES LEBENS

„ERLEBTÉ WELT“, BAND 45

S. J. DAWYDOWA

Träger des Lebens

Aus dem Russischen übertragen
von Edgar Scheitz

*Mit 4 Tafeln und Federzeichnungen
von Jürgen Ritter*

JUGENDBUCHVERLAG ERNST WUNDERLICH

Der Titel der russischen Originalausgabe lautet:

С. Я. ДАВЫДОВА
КРОВЬ И ЕЁ ДВИЖЕНИЕ

Lizenz Nummer 359-425/15/55

1.—10. Tausend (1. T.-A. 5000)

Lizenzausgabe des Goskultprosvesdat, Moskau 1953

Satz und Druck: IV/2/14 - VEB Werkdruck Gräfenhainichen - 458

Druck der Tafeln: Förster & Börries, Zwickau

INHALT

Einleitung	7
Was ist Blut	8
Erythrozyten, die roten Blutkörperchen	13
Leukozyten, die weißen Blutkörperchen	22
Thrombozyten, die Blutplättchen	28
Blutplasma, der flüssige Teil des Blutes	34
Blutanalyse	36
Entstehen und Vergehen der Erythrozyten	43
Die Aufgabe des Blutes im Organismus	53
Der Blutkreislauf	61
Die Blutbahnen	69
Der Blutdruck	75
Blutübertragungen	81

In diesem Buch, lieber Leser, wollen wir vom Blut erzählen. Es ist keine Übertreibung, wenn wir sagen, daß vom regelmäßigen, unermüdlichen Kreislauf des Blutes im Organismus unser Leben abhängt. Nicht von ungefähr stehen die Bezeichnungen für Blut und Leben in sämtlichen Sprachen der Welt in engem Zusammenhang.

Schon in vorgeschichtlichen Zeiten beobachteten die Menschen, daß ein verwundeter Mensch, ein verwundetes Tier mit dem ausströmenden Blut oft sein Leben ließ, und verbanden die Begriffe Blut und Leben miteinander. Sie hatten damit von vornherein recht, und doch mußten viele Jahrhunderte vergehen, bis die schlichte Beobachtung durch die Wissenschaft bestätigt wurde und bis die rote, klebrige Flüssigkeit, die sofort auch bei der kleinsten Wunde zutage tritt, nicht mehr als Träger eines mystischen „Lebensursprungs“ angesehen wurde.

Die Wissenschaftler stellten die Bahnen fest, auf denen sich das Blut im Körper bewegt, erkannten die Aufgabe des Blutes im Organismus und erforschten seine Zusammensetzung: sie rissen den Schleier abergläubischen Geheimnisses fort, mit dem die allgemeinen Vorstellungen vom Blut umhüllt waren, trafen jedoch immer wieder auf neue und wiederum neue Rätsel desselben Blutes. Viele dieser Rätsel sind auch heute noch nicht gelöst, manche Unklarheit konnte erst in letzter Zeit beseitigt werden.

An der Lösung dieser Rätsel wie auch an vielen anderen wissenschaftlichen Problemen der modernen Naturwissenschaften hat die russische Wissenschaft und Forschung einen hervorragenden Anteil.

Man kann in einem kleinen Buch nicht alles erzählen, was vom Blut zu sagen wäre. Deshalb müssen wir bei den Hauptsachen bleiben und möglichst gedrängt berichten, was das Blut darstellt und welches seine Aufgaben im lebenden Organismus sind.

W A S I S T B L U T

Für unser Auge scheint das Blut eine einheitliche Flüssigkeit zu sein; in Wirklichkeit ist es nach seinem Aufbau und in seiner chemischen Zusammensetzung außerordentlich kompliziert. Und wenn wir selbst, liebe Leser, niemals Blut durch ein Mikroskop betrachtet haben, werden wir schwer glauben, daß ein feiner Blutstrahl wie ein wasserreicher Strom mancherlei Stoffe mit sich trägt und von einer unendlichen Zahl winzigster Körperchen mit den verschiedenartigsten Formen durchsetzt ist.

Man kann das Blut zuerst einmal unterteilen in zwei Substanzen, in die Blutflüssigkeit, das Blutplasma, und die festen Zellen.

Die Blutzellen haben verschiedene Namen. Manchmal werden sie die Formelemente des Blutes genannt, meist aber spricht man von Blutkörperchen.

Wenn wir einen Tropfen Blut unter das Mikroskop nehmen, sehen wir blaßrote, etwas gelbliche Scheiben, die wie abgegriffene Münzen aussehen; es sind die Erythrozyten, so heißen nach dem Griechischen diese roten Blutkörperchen, durch die das Blut seine charakteristische rote Färbung erhält. Wir dürfen uns nicht wundern, daß ein einzelner Erythrozyt durchaus nicht die volle und satte Farbe hat, die wir beim Blut kennen. Im Blut sind riesige Mengen von Erythrozyten enthalten, die in vielen Schichten übereinander liegen und so die blutrote Farbe ergeben. Wären die einzelnen Erythrozyten intensiver gefärbt, dann würde unser Blut fast schwarz aussehen.

Eine andere Zellenart, die wir im Blutstropfen finden, sind farblose, kugelförmige Körperchen, die man als Leukozyten bezeichnet. Der Name stammt aus dem Griechischen und bedeutet so viel wie weiße Zellen. Die Leukozyten sind etwas größer als die Erythrozyten, aber ihre Anzahl ist viel geringer. Auf fünfhundert Erythrozyten kommt ein Leukozyt,

doch schwankt das Verhältnis erheblich in Abhängigkeit vom Gesundheitszustand des Menschen.

Bei sehr starker Vergrößerung finden wir noch Zellen, die wie sehr kleine linsenförmige Plättchen aussehen und deren Größe die Hälfte bis ein Drittel der Größe der Erythrozyten erreicht. Dies sind die Blutplättchen. Da sie am Gerinnen des Blutes teilnehmen und Ppropfen, Thromben, bilden, heißen sie auch Thrombozyten.

Jede dieser verschiedenen Zellen, die wir unter dem Mikroskop sehen, unterscheidet sich von den anderen Blutkörperchen durch Aufbau, Zusammensetzung und Form und hat im Organismus eine besondere, nur ihr zugewiesene Aufgabe.

Alles, was wir eben besprochen haben, läßt klar erkennen, daß das Blut durchaus keine einheitliche Flüssigkeit ist, wie sie dem unbewaffneten Auge gewöhnlich erscheint, sondern ein seinem Aufbau nach außerordentlich kompliziertes Gemenge, das aus vielen verschiedenartigen Zellen besteht. Wenn man einen Tropfen Blut unter dem Mikroskop betrachtet, ist man kaum in der Lage, die gesamte Vielfalt aus einanderzuhalten. Wir sind einfach verblüfft von dem bunten Bild, das vor uns erscheint.

Es kommt uns anfangs wie ein Chaos sich unermüdlich bewegender, ihre Umrisse und ihre Form verändernder winziger Körper vor.

Nicht nur ein ungeübtes Auge, sondern sogar Fachleute waren lange Zeiten hindurch nicht imstande, auch bei der sorgfältigsten Beobachtung unter dem Mikroskop festzustellen, welche Veränderungen in der Zusammensetzung der Blutkörperchen vor sich gehen, welche Zellen neu entstehen und welche absterben. Um sich in diesem wirren Durcheinander zurechtzufinden und jede Blutzelle einzeln zu sehen, färbte man den Tropfen Blut mit verschiedenen Farbmitteln.

Wir haben saure, basische und neutrale Farbstoffe. Gewisse Blutkörperchen nehmen nur bestimmte Farbstoffe oder Farbstoffgemische auf und können nur durch diese gefärbt werden. Es ist nun nicht einfach, einen Blutstropfen so zu

färben, daß er gut unter dem Mikroskop untersucht werden kann, doch gibt es eine ganze Anzahl von Methoden. Es wird etwa ein Blutstropfen gleichmäßig dünn auf ein Glasplättchen gestrichen, getrocknet, mit einer besonderen Fixierflüssigkeit behandelt und danach gefärbt. In diesem Ausstrich wird das getrocknete Blut, werden tote Zellen gefärbt. Es kann auch umgekehrt ein Trockenausstrich aus dem Farbstoff vorbereitet und dann auf diesen ein Blutstropfen, gleichfalls in dünner Schicht, ausgestrichen werden. Auch bei diesem Verfahren sind die Zellen nicht mehr lebensfähig. Eine Vitalfärbung, das heißt das Färben von Blutzellen, die noch leben, gelingt nicht, da die lebenden Zellen den Farbstoff entfärbten, wenn sie eine Verbindung eingehen. Nur tote Zellen wie beim ersten, oder absterbende wie im zweiten Ausstrich entfärbten den Farbstoff nicht, sondern nehmen selbst die Färbung auf. Eine weitere Methode, die von den Wissenschaftlern bei ihren Versuchen benutzt wird, besteht darin, daß die Farblösung einem lebenden Tier eingespritzt und danach ein Blutstropfen dieses Tieres untersucht wird.

Aber alle bekannten Verfahren zum Färben des Blutes ermöglichen noch nicht eine Klärung der inneren Struktur unserer Blutzellen. Erst zum Ende des vergangenen Jahrhunderts, nach einer wichtigen Entdeckung des russischen Gelehrten D. I. Romanowski, wurde es möglich, jede Blutzelle einzeln zu sehen und ihre innere Struktur, die Struktur sowie alle Veränderungen des Zellkerns und des Zellprotoplasmas zu beobachten.

Wir wollen Professor I. A. Kassirski von dieser Entdeckung erzählen lassen:

„Dmitri Leonidowitsch Romanowski (1861—1921) nahm lange Zeit hindurch die bescheidene Stelle eines Assistenten an der Klinik für innere Krankheiten des Petersburger Instituts zur Fachausbildung der Ärzte ein. Im Jahre 1908 wurde er Professor dieses Instituts.

Neben den inneren Krankheiten des Menschen interessierten Romanowski besonders die Bakterien und Krankheitserreger

im Blut des Menschen. Mit großer Vorliebe befaßte er sich mit der Erprobung von Farbstoffen für die Färbung der Blutzellen und der Malariaerreger.

In der freien Zeit, die ihm nach seinen Vorlesungen und der Behandlung seiner Kranken im Petersburger Nikolaus-Militärhospital blieb, setzte er sich hinter seinen Labortisch, auf dem zahlreiche Behälter mit allen möglichen Farbstoffen standen, und nahm Blutuntersuchungen vor.

Wir wissen, daß Zellen einen Kern und Zellprotoplasma enthalten und daß viele Blutzellen verschiedene Zellkerne aufweisen. Von der Ermittlung dieser oder jener Art der Zellkerne bei der Untersuchung des Blutes und der Blutkrankheiten hängt oft die Antwort auf sehr wichtige Fragen ab. Romanowski hat festgestellt, daß nicht nur die Blutzellen, sondern auch ihre Bestandteile die Farbstoffe verschieden aufnehmen.

Es war im Jahre 1891. Damals haben die Ärzte die Blutausstriche gewöhnlich nicht gefärbt, sondern in ihrem natürlichen Zustand untersucht. In einem solchen Ausstrich erschien alles blaß und farblos, und es war kaum möglich, sich darin zurechtzufinden.

Erinnern wir uns dessen, daß erst zehn Jahre vor der Entdeckung Romanowskis Laveran¹, der die beweglichen Malariaerreger genau beschrieben hat, das Blut der Kranken ohne jede Färbung untersuchte. Wie mußte er seine Augen anstrengen, um die farblosen Malariaerreger in den farblosen Erythrozyten zu entdecken! Es war wirklich keine einfache Aufgabe. Jetzt aber, nachdem Romanowski sein Verfahren entwickelt hatte, das Blut der Malariakranken zu färben, war es recht einfach geworden.

Die Erythrozyten nahmen eine blaßrote Färbung an, und die ins Blut gedrungenen Malariaerreger färbten sich himmelblau. Die Kerne dieser Kleinstlebewesen glänzten wie Rubine, während das Produkt ihrer Lebenstätigkeit, das

¹⁾ Ein französischer Gelehrter, von dem die erste Beschreibung des Malariaerregers stammt.

Blutpigment, dunkelbraun gefärbt war. Jeder Student kann jetzt die Krankheitserreger erkennen.

Nach scharfsinniger Kombination eines basischen blauen Farbstoffes mit dem sauren Farbstoff Eosin konnte Romanowski feststellen, daß die Bestandteile der Blutzellen in chemischer Beziehung nicht gleich sind. Der Kern reagiert sauer, und deshalb nimmt er basische Farbstoffe auf, während das Protoplasma der meisten weißen Blutzellen, der sogenannten neutrophilen Leukozyten, basisch reagiert und durch sauren Farbstoff gefärbt werden kann.

Die in diesen neutrophilen Leukozyten enthaltenen Körnchen jedoch werden durch eine neutrale Mischung des basischen blauen und des sauren roten Farbstoffes gefärbt. Deshalb nehmen sie eine braunviolette Färbung an, die gleiche, die wir auch beim unmittelbaren Mischen des blauen Farbstoffes mit dem rosaroten Eosin erhalten.

Wenn wir ein Blutpräparat unter dem Mikroskop betrachten, sehen wir ein buntes Bild, das nach der Methode Romanowskis gefärbt wurde. Wir finden wunderbare Farbtöne von himmelblau bis rubinrot, und Zellkerne, Protoplasma, die Körnung, alles ist genau und scharf begrenzt.

Da sehen wir neutrophile Leukozyten, deren Kerne eine wunderliche Form aufweisen, die manchmal an eine Schiffs-schraube, manchmal an einen verbogenen Bolzen, ein kurzes Hufeisen oder eine Bohne erinnern. Ihre Geburtsstätte ist das Knochenmark. Daneben haben wir massive Lymphozyten mit runden Kernen; sie entstehen meist in den Lymphknoten.

Etwas weiter davon finden wir andere weiße Blutkörperchen, die eosinophilen Leukozyten. Ihre Körnchen werden durch Eosin gefärbt und sehen wie roter Kaviar aus. Gewöhnlich finden wir von diesen Zellen nur wenige; sie machen nur ein bis vier Prozent aller weißen Blutkörperchen aus. In einigen Fällen kann es ein Vorbote beginnender Genesung sein, wenn der Prozentsatz der eosinophilen Leukozyten im Blut des Patienten die Norm übersteigt. Manchmal jedoch

weist der Überschuß an eosinophilen Leukozyten im Blut auf Würmer im Organismus oder auf andere Krankheiten hin.

Diese Entdeckung ist jetzt in der Wissenschaft der ganzen Welt als die allen geläufige „Färbung nach Romanowski“ bekannt. Hunderte verschiedener Farbstoffe wurden später noch vorgeschlagen; alle diese Vorschläge beruhen jedoch auf dem Prinzip Romanowskis.“

Um sich zurechtzufinden und die komplizierten und vielfältigen Funktionen des Blutes zu verstehen, müssen wir von jeder Art der Zellen einzeln berichten.

Beginnen wir mit den Erythrozyten!

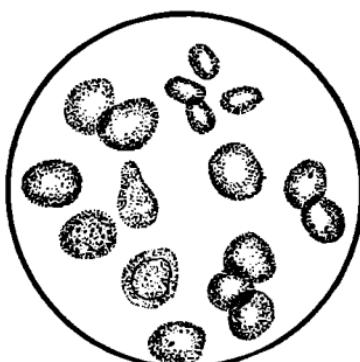
ERYTHROZYTEN DIE ROTEN BLUTKÖRPERCHEN

Die Erythrozyten wurden im Jahre 1661 durch den italienischen Gelehrten Malpighi im Froschblut entdeckt.

Eine weitere Erkenntnis von der Bedeutung dieser Körperchen ergab sich im Jahre 1673, als Leeuwenhoek sie im menschlichen Blute auffand.

„Diese Teilchen“, schrieb Leeuwenhoek, „sind so klein, daß ein ganzes Hundert von ihnen, in eine Reihe gelegt, nicht die Ausmaße eines gewöhnlichen Sandkorns erreicht; das Sandkorn ist also hundertfach größer als diese Kügelchen.“

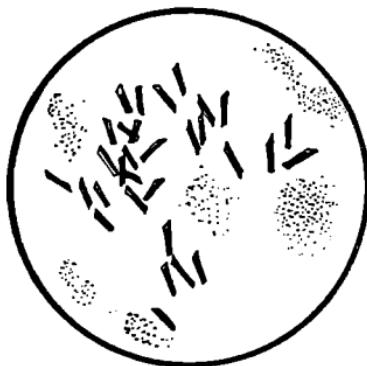
Die Blutkörperchen sind tatsächlich so klein, daß wir in einem Kubikmillimeter Blut fünf Millionen Erythrozyten zählen könnten; im gesamten menschlichen Organismus wären es mehr



Erythrozyten

als fünfundzwanzig Billionen roter Blutzellen. Leeuwenhoek hatte auch schon festgestellt, daß diese „Kügelchen“ bei Menschen, Tieren, Fischen und Vögeln die Farbe des Blutes ergeben.

Es erscheint uns heute sonderbar, daß noch zu Beginn des vergangenen Jahrhunderts selbst namhafte Physiologen die Existenz der Erythrozyten leugneten und es als unmöglich ansahen, über die Blutkörperchen mit Hilfe des Mikroskops



Häminkristalle

etwas zu erforschen. Doch gegen Ende des 18. Jahrhunderts wurden durch gemeinsame Arbeit vieler Wissenschaftler so große Fortschritte in der Blutforschung erzielt, daß es schließlich niemandem mehr einfiel, das Vorhandensein von Blutkörperchen anzuzweifeln, ja, die Erythrozyten selbst waren damals bald genau und eingehend erforscht worden.

Die wichtigste Besonderheit der Erythrozyten im Blut der Säugetiere, die sie von allen anderen Zellen des menschlichen oder tierischen Körpers unterscheiden, ist das Fehlen eines Zellkerns. Nur ganz zu Beginn ihrer Existenz wird in ihnen ein Kern gefunden; mit steigender Reife der Zelle wird er ausgestoßen.

Ihrer chemischen Zusammensetzung nach bestehen die roten Blutkörperchen zu neunzig Prozent aus Wasser. Ihre „Trockensubstanz“ besteht zu geringem Teil aus Eiweißen, Fetten, Kohlehydraten und Salzen, in der Hauptsache aber aus Hämoglobin, das ist ein in seiner Zusammensetzung komplizierter Eiweißstoff, der auch Eisen enthält.

Wenn man Salzsäure auf Hämoglobin einwirken läßt, scheidet sich von diesem ein Stoff ab, der die Bezeichnung HÄM

erhalten hat. Dieses Häm ist nun die Verbindung, durch die das Blut seine rote Färbung erhält; es ist der Farbstoff des Blutes. Ein Hämmolekül besteht aus vielen Ringen, die sich aus Kohlenstoff- und Stickstoffatomen zusammensetzen. Im Mittelpunkt ist ein Eisenatom eingeschlossen. Hämmoleküle verbinden sich mit den Molekülen der Salzsäure und bilden dann Häminkristalle, die Eisen enthalten.

Die Eisenmenge in einem einzelnen Häminmolekül ist sehr gering; bei der recht großen Blutmenge in unserem Körper würde das Eisen aber immerhin zur Herstellung einer Münze reichen, die etwa die Größe eines Groschens, also eines Zehnpfennigstückes hätte.

Die Bildung von Häminkristallen, die in ihrer Form sehr eigenartig sind, macht sich in ausgedehntem Maße die Gerichtsmedizin zunutze, wenn die Herkunft verdächtiger Flecken an der Kleidung eines Verbrechers oder auf dem Fußboden, an den Wänden eines Raumes, in dem ein Verbrechen verübt wurde, geklärt werden muß. Woraus bestehen die Flecke, ist es Blut, Rost oder Farbe? Es kommt vor, daß von der einwandfreien Beantwortung dieser Frage das Schicksal eines Menschen abhängt. Und da bedient sich der Untersuchungsrichter einer einfachen chemischen Reaktion des Farbpigments im Blute, des Hämoglobins, mit Salzsäure, Kochsalz oder Essig.

Wenn wir einige Tropfen eines dieser Stoffe auf den Fleck bringen und es bilden sich die charakteristischen Häminkristalle, so handelt es sich um Blut; wenn kein Hämin festgestellt werden kann, ist der Ursprung der Flecken ein anderer.

Wir kehren wieder zum Hämoglobin zurück. Welches ist sein Wert und seine Bedeutung? Es verbindet sich infolge des in ihm enthaltenen Eisens mit dem Sauerstoff und trägt diesen mit Hilfe des durch die Adern strömenden Blutes in alle Winkel unseres Körpers.

Zum Leben aber ist Sauerstoff nötig.

Sauerstoff befindet sich in der Luft, die uns umgibt. Wenn wir sie einatmen, nehmen wir stets eine Menge des unentbehrlichen, lebenspendenden Gases auf.

Wie kommt nun der Sauerstoff zu den Gewebezellen?

Damit jede Zelle ihren Bedarf an Sauerstoff erhält und ihr Kohlendioxyd abgeben kann, müssen im Organismus gleichzeitig zwei Vorgänge ablaufen, Atmung und Blutkreislauf. Es sind ihrem Wesen nach zwei Abschnitte des gleichen Vorgangs, der die Grundlage alles Lebens darstellt, nämlich die Verarbeitung von Sauerstoff und das Ausscheiden von Kohlendioxyd.

Infolge der regelmäßigen rhythmischen Bewegungen des Brustkorbs nehmen wir durch die Atemwege Luft auf, ziehen sie in die Lungen, atmen ein, und stoßen sie dann wieder heraus, atmen sie aus. Die Lungen setzen sich aus einer ungezählten Menge feinster Bläschen, den Alveolen, zusammen. Ihre Anzahl liegt für beide Lungen über 600 Millionen. Die gesamte Fläche dieser Lungenbläschen ist fünfzigmal größer als die äußere Oberfläche unseres Körpers und steht in enger Berührung mit den Blutkapillaren, deren dichtes Netz das Lungengewebe durchzieht. Von hier, aus diesen Alveolen, kommt der Sauerstoff der Luft durch die dünnen Wände der Kapillarengefäße in das Blut. Gleichzeitig aber gibt das Blut durch die Wände der gleichen feinsten Blutgefäße und der Alveolen das Kohlendioxyd ab, das ausgeatmet wird.

So sieht, kurz gesagt, der Ablauf der äußeren Atmung aus.

Wir wollen jedoch noch einmal zu unserer Frage zurückkehren — wie kommt der Sauerstoff zu den Gewebezellen? Dorthin wird er getragen von den Erythrozyten, genauer gesagt von dem in diesen enthaltenen Hämoglobin. Das Hämoglobin weist eine merkwürdige „Sympathie“, eine Affinität auf zum Sauerstoff. Es verbindet sich mit diesem und wird dadurch zu Oxyhämoglobin (Oxygenium = Sauerstoff). Diese Verbindung ist es, die dem durch die Schlagadern oder Arterien fließenden Blut seine leuchtend rote

Färbung verleiht. Die Erythrozyten mit den in ihnen enthaltenden Molekülen des Oxyhämoglobins können wir bezeichnen als die „Spediteure“ des Sauerstoffs. Als solche erfüllen sie ihre wichtigste Aufgabe.

Der Blutstrom bringt das Oxyhämoglobin der Erythrozyten durch die Bahnen der Blutgefäße in alle Winkel unseres Körpers. In den Zellen der Gewebe und Organe spaltet sich das Oxyhämoglobin auf in Hämoglobin und Sauerstoff. Auf Grund der physikalischen Diffusionsgesetze dringt der Sauerstoff durch die Wände der Kapillargefäße in die Zellen, während das in diesen Zellen angesammelte Kohlendioxyd aus den Geweben in das Blut diffundiert und von diesem zu den Lungen getragen wird.

Bewundernswert ist, wie sehr die Form der Erythrozyten ihrer wichtigsten Aufgabe entspricht. Wir finden in diesen Blutkörperchen nicht einen Punkt, der von der Oberfläche der Zelle um mehr als 0,85 Mikron entfernt ist (1 Mikron = 1 Tausendstel Millimeter). Wenn die Erythrozyten Kugelform hätten, wäre ihr Mittelpunkt 2,5 Mikron von der Oberfläche entfernt, und ihre Gesamtoberfläche wäre um ein Fünftel kleiner. Der Gasaustausch verläuft aber gerade an der Oberfläche der Erythrozyten, und je größer diese Oberfläche ist, um so vollständiger wird der Gasaustausch.

Die Eigenschaft des Hämoglobins, den Sauerstoff an sich zu binden, hat für den Organismus eine außerordentlich große Bedeutung, und jede Störung bedeutet Verderben für Mensch und Tier. Wenn zum Beispiel Kohlenoxyd, der allen bekannte Ofendunst, in der eingeatmeten Luft enthalten ist, geht das Hämoglobin des Blutes mit diesem sofort eine stabile Verbindung ein, die als Carboxyhämoglobin bezeichnet wird. Da das Kohlenoxyd mit dem Eisen des Hämoglobins reagiert, an das gewöhnlich der Sauerstoff gebunden ist, kann das Hämoglobin keinen Sauerstoff mehr binden, die Gewebeatmung wird unterbrochen, und der Mensch erstickt, obgleich genügend Sauerstoff in den Lungen vorhanden ist und die Atmung nicht unterbrochen wurde.

Es gibt Fälle, wo Menschen an Sauerstoffmangel sterben, auch wenn sie von bester, reinster Luft umgeben sind. Wir alle haben schon von der Bergkrankheit gehört. Sie tritt ein, wenn ein Mensch in das Gebiet eines für ihn ungewohnt niedrigen atmosphärischen Druckes kommt, bei dem die Sauerstoffkonzentration sehr stark vermindert ist.

Die ersten Beschreibungen dieser Krankheit lieferten Luftschiefer und auch Reisende, die hohe Berge erstiegen hatten.

Im September 1862 stieg ein Luftballon so hoch, wie es noch nie gelungen war. In den Aufzeichnungen eines Teilnehmers lesen wir:

„Um 1¹⁷ Uhr kamen wir aus den Wolken heraus und badeten nach einigen Minuten buchstäblich im Licht. Die ungewöhnlich stark leuchtende Sonne blendete uns. Über unsern Köpfen erstreckte sich nichts als die Bläue des Himmels. Irgendwo, ganz fern, verloren sich die Wolken . . .

Um 1²¹ Uhr erreichten wir eine Höhe von 3218 Metern.

Um 1³⁴ Uhr bemerkte ich, daß mein Begleiter schwer zu atmen begann.

Um 1³⁹ Uhr kamen wir auf eine Höhe von 6437 Metern.

Bis zu diesem Zeitpunkt fiel es mir gar nicht schwer, alle Beobachtungen durchzuführen, während mein Kamerad starke Müdigkeit verspürte . . . Bald aber wurde es auch mir unmöglich, das Thermometer, die Uhrzeiger und die Teilstiche der Geräte zu beobachten.

Wir hatten schon eine Höhe von 9135 Metern erreicht. Ich stützte mich auf den Tisch und bemerkte, daß meine rechte Hand, die eine Minute vorher noch nichts an ihrer Kraft eingebüßt hatte, nun plötzlich den Dienst versagte. In ganz kurzer Zeit wurde sie völlig kraftlos. Ich wollte die linke Hand benutzen, doch auch diese war gelähmt. Dann versuchte ich, den Körper zu bewegen; in einem gewissen Maße konnte ich es noch . . . Es gelang mir aufzustehen, und ich stellte fest, daß ich die Bewegungen der Wirbelsäule kontrollieren konnte, obgleich ich keine Gewalt mehr über

meine Arme und Beine hatte. Dann wurde die Lähmung wieder stärker, und ich merkte plötzlich, daß ich nicht mehr der geringsten Bewegung fähig war. Für einen kurzen Augenblick wurde es völlig dunkel vor meinen Augen. Ich war noch bei vollem Bewußtsein, mein Hirn arbeitete genau so zuverlässig wie jetzt, wo ich diese Zeilen schreibe ... Plötzlich verlor ich das Bewußtsein ... Meine letzten Beobachtungen hatte ich in 8838 Metern Höhe gemacht, also in Höhe des Mount Everest, der höchsten Bergspitze der Welt ... Während meiner Ohnmacht stiegen wir mit einer Schnelligkeit von 305 Metern in der Minute empor ... Wir erreichten 11 000 Meter Höhe. Wenn ich auch das Bewußtsein verloren hatte, so war ich doch bis zu einer Höhe aufgestiegen, die der Höhe des Himalaja zusätzlich der Höhe der Pyrenäen entsprach!“

Am 15. April 1875 erreichte der Luftballon „Zenit“, an dessen Bord sich drei Luftschiffer befanden, eine Höhe von 8000 Metern.

Der Flug des „Zenit“ endete tragisch. Alle Teilnehmer bis auf einen kamen um. Viele Wissenschaftler haben versucht, die Todesursache dieser Luftschiffer zu ergründen; die eingehendste Untersuchung stammt von dem bekannten russischen Physiologen Iwan Michailowitsch Setschenow.

In seinen „Autobiographischen Mitteilungen“ schrieb Setschenow:

„Im Jahre 1879 stellte ich Überlegungen darüber an, aus welchen Ursachen die Luftschiffer des ‚Zenit‘ in einer Höhe von einem Drittel der Erdatmosphäre erstickten könnten, das heißt, ich stellte Berechnungen an, in welchem Maße die Sauerstoffzufuhr während eines Atemzuges auf Grund der von diesem Gebiet vorliegenden physiologischen Bedingungen ungenügend für die Atmung war.“

Am 21. Dezember 1897, auf der IV. Tagung der Naturforscher und Ärzte in Petersburg, verlas Setschenow seinen bemerkenswerten Bericht über das Thema „Angaben zur Lösung der Frage über den Eintritt von CO_2 und O_2 (Kohlen-

dioxyd und Sauerstoff) in das Blut bei normalen Atmungsbedingungen und beim Absinken des Luftdruckes“.

Die Folgerungen, die er zog, ergaben mit außerordentlicher Klarheit, daß Bedingungen geschaffen werden müßten, unter denen in Luftschiffen für große Höhen ein gleichbleibender atmosphärischer Druck eingehalten wird, da ein Absinken des Luftdruckes zum Tode führt.

Warum ist gleichbleibender Luftdruck für die Atmung des Menschen so wichtig? Die Zusammensetzung der Gase in der Atmosphäre und ihr prozentualer Gehalt sind ziemlich gleichbleibend, wie in erheblichen Tiefen so auch in großen Höhen. Erst in einer Höhe von etwa 80 Kilometern verschwindet der Sauerstoff aus der Atmosphäre.

Für die Atmung ist jedoch nicht der prozentuale Gehalt an Sauerstoff in der Luft, sondern seine Dichte entscheidend. Diese wird durch den sogenannten Partialdruck gemessen, durch den Druck, den der Sauerstoff haben würde, wenn er allein das ganze Volumen der Luft ausfüllte, die aber in Wirklichkeit aus einer Mischung des Sauerstoffs mit andern Gasen besteht.

Wir wollen das durch folgendes Beispiel erläutern! Die Luft besteht aus einer Mischung von rund vier Raumteilen Stickstoff und einem Raumteil Sauerstoff. Wenn aus einem geschlossenen Raum der gesamte Stickstoff herausgepumpt wird, füllt der verbliebene Sauerstoff den ganzen Raum aus, und der Gasdruck sinkt auf ein Fünftel des vor dem Auspumpen vorhandenen Druckes ab. Dieses ist nur der Partialdruck des Sauerstoffs; er entspricht einem Fünftel des atmosphärischen Druckes. Der normale Luftdruck beträgt etwa 760 mm Quecksilbersäule, während der Partialdruck des Sauerstoffs 159 mm beträgt. In der Alveolarluft sind etwa 14 % Sauerstoff enthalten, wobei der Partialdruck des Sauerstoffs 102 mm beträgt. Im venösen Blut ist der Partialdruck des Sauerstoffs viel geringer und beträgt etwa 37 bis 40 mm. Infolge des Unterschiedes im Partialdruck dringt der Sauerstoff aus den Alveolen in das Blut. Die Span-

nung oder der Druck des Kohlenstoffes im venösen Blut ist wiederum höher als in der alveolaren Luft. Obgleich dieser Unterschied nur 8 mm Quecksilbersäule beträgt, genügt er zum Übergang der Kohlensäure aus dem Blut in die Alveolen. Es erfolgt zwischen dem Blut und den Lungen ein fortwährender Gasaustausch, in dessen Ergebnis das dunkle, sauerstoffarme und kohlendioxydgesättigte venöse Blut sich in das leuchtendrote, an Oxyhämoglobin reiche arterielle Blut verwandelt. Wir halten also fest: Der Sauerstoffgehalt der Luft ist in erheblichem Bereich der Atmosphäre ziemlich konstant; aber der Partialdruck des Sauerstoffs sinkt mit zunehmender Höhe ab.

Zugleich mit dem Absinken des partiellen Sauerstoffdruckes in der Luft sinkt auch sein Druck in der alveolaren Luft ab, und das Hämoglobin bindet entsprechend kleinere Sauerstoffmengen.

Während sich bei normalem Sauerstoffgehalt in der Luft etwa 99 % des Hämoglobins zu Oxyhämoglobin verwandeln können, wird in großen Höhen (7 bis 8 km) das arterielle Blut nach seinem Gasgehalt dem venösen Blut ähnlich. Alle Körpergewebe, in erster Linie das zentrale Nervensystem, beginnen den starken Mangel an Sauerstoff zu spüren.

Der in großen Höhen verringerte Partialdruck des Sauerstoffs, der die Umwandlung des Hämoglobins zu Oxyhämoglobin erschwert, bildete die Todesursache bei der Besatzung des „Zenit“.

Bei einem bestimmten Partialdruck des Sauerstoffs hängt seine Bindung durch das Hämoglobin auch vom Kohlendioxydgehalt im Blut ab. Je mehr Kohlendioxyd das Blut enthält, um so weniger Sauerstoff enthält es. Dieser Umstand hat eine wichtige biologische Bedeutung. In den Lungen gibt das venöse Blut Kohlendioxyd ab, wodurch die Bindung des Sauerstoffs durch das Hämoglobin des Blutes erleichtert wird; in den Geweben kommt wieder Kohlendioxyd in das Blut und erleichtert so die Abgabe des Sauerstoffs aus dem Blut an die Körpergewebe. Die Verbindung

des Kohlendioxyds mit dem Blut ist wieder vom Partialdruck des Kohlendioxyds abhängig.

Der Transport des Kohlendioxyds durch das Blut ist komplizierter als der des Sauerstoffs. Das Kohlendioxyd wird nicht nur vom Hämoglobin, sondern vom Blutplasma zu den Körperegeweben getragen, ja in der Hauptsache von diesem. Im Blutplasma befindet sich das Kohlendioxyd teilweise in gelöstem Zustand, zum Teil aber auch gebunden als ein doppelkohlensaures Salz. Die Erkenntnisse über den Zustand des Kohlenstoffs im Blut verdanken wir den Arbeiten des großen russischen Physiologen Iwan Michailowitsch Setschenow, der nachgewiesen hat, daß das Kohlendioxyd mit den verschiedenen Bestandteilen des Blutes komplizierte chemische Verbindungen eingeht.

Das arterielle Blut versorgt die Gewebe mit den erforderlichen Nährstoffen, in erster Linie mit Sauerstoff. Das venöse Blut trägt das Kohlendioxyd und andere Stoffwechselprodukte der Zellen und Gewebe fort.

Doch atmen die Gewebe mit verschiedener, größerer oder geringerer Intensität. Ein Gewebe nimmt mehr Sauerstoff auf, das andere weniger, eins scheidet mehr Kohlendioxyd aus und das andere geringere Mengen.

LEUKOZYTEN DIE WEISSEN BLUTKÜRPERCHEN

Die Zahl der Leukozyten im Blut ist im Vergleich zu der Menge der Erythrozyten viel geringer; doch ist ihre Tätigkeit noch komplizierter und vielfältiger. Von den Erythrozyten unterscheiden sie sich erstens durch das Fehlen von Hämoglobin und zweitens durch einen andersartigen Bau der Zellen. Erythrozyten stellen sehr einfach gebaute Zellen dar ohne Zellkern. Bei den Leukozyten finden wir jedoch alle Bestandteile einer Zelle, auch den Kern.

Anders als bei den Erythrozyten schwankt bei den Leukozyten die zahlenmäßige Menge schon normalerweise so

stark, daß wir in einem Kubikmillimeter Blut 6000 bis 8000 Leukozyten finden. Sie ist abhängig von den verschiedensten Ursachen und Bedingungen, der Tageszeit, der aufgenommenen Nahrung, der körperlichen Arbeit; noch mehr aber wird sie durch Erkrankungen beeinträchtigt.

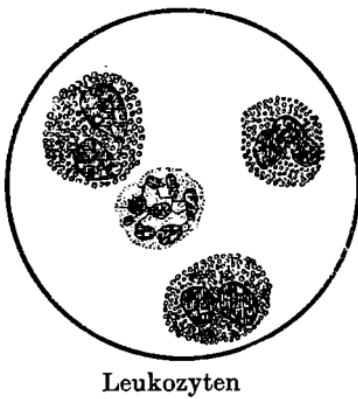
Unter dem Mikroskop sehen wir die Leukozyten am häufigsten als runde Zellen; im lebenden Organismus jedoch sind sie so wandelbar, daß man schwer sagen kann, welche Form sie in Wirklichkeit haben.

Häufig werden die Leukozyten als Wanderzellen bezeichnet, dabei bezieht man sich auf die wunderbare, nur ihnen eigene Fähigkeit, durch die Wände der Blutgefäße zu dringen und in die verschiedensten Teile

und Organe unseres Körpers umzusiedeln. Wir werden sehen, daß diese Eigenschaft der Leukozyten eine außerordentlich große und wichtige Bedeutung hat.

Wir haben erfahren, daß die Leukozyten die Fähigkeit der Bewegung haben. Diese Bewegung kann auf zweierlei Art erfolgen; entweder werden sie vom Blut getragen, oder sie bewegen sich mit Hilfe von Pseudopodien, Scheinfüßchen. Bei diesem Vorgang beobachten wir folgendes: An einem Teil des Leukozytenkörpers bilden sich Vorsprünge, in die eine gewisse Menge des Protoplasmas hineinströmt, und diese Vorsprünge bilden die sogenannten Scheinfüßchen oder Pseudopodien, mit deren Hilfe die Leukozyten sich fortbewegen.

Professor Nemilow vergleicht die Leukozyten anschaulich mit Fußgängern, die sich je nach Bedarf verschiedener Transportmittel bedienen. „Die Blutbahnen“, schreibt er, „bilden für die Leukozyten nur ,Transportwege‘ ganz

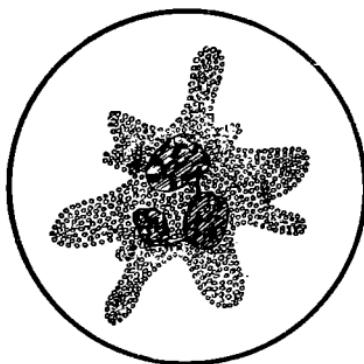


Leukozyten

bestimmter Art, die von den Leukozyten zur schnelleren Bewegung innerhalb des Körpers benutzt werden. Wie ein Fußgänger in die Straßenbahn einsteigt, um schneller von einem Stadtteil in einen anderen zu können, so benutzen die Leukozyten den Blutstrom, um von einem Teil des Organismus schneller zu einem andern zu gelangen; dann aber steigen sie aus dem Blutgefäß aus und bewegen sich sozusagen „zu

Fuß“, mit Hilfe ihrer Scheinfüßchen, weiter zu ihrem Ziel.“

Ihre Bewegung verläuft langsam; sie legen in der Minute einen halben Millimeter zurück. Nach dem Verlassen der Blutbahn können sie in verschiedene Körperorgane umsiedeln. So wandern sie zum Beispiel aus den Blutgefäßen in



Leukozyt mit Pseudopodien

das Bindegewebe und von dort wieder zurück in die Blutbahn und zwar bewegen sie sich gewöhnlich dorthin, wo der Organismus sie nötig hat.

Was bestimmt nun die Richtung ihrer Bewegung? Noch kürzlich wurde angenommen, daß das wichtigste bestimmende Moment chemische Reize seien. Natürlich wirken die Konzentration und die Eigenschaften chemischer Stoffe auf die Beweglichkeit der Leukozyten ein, jedoch kann hiermit allein die Bewegung nicht erklärt werden. Heute wird sie auch durch Veränderungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Protoplasmas erklärt. Häufig tragen die Leukozyten auf ihrem Weg ein Gepäck verschiedenartiger Fermente und chemischer Stoffe mit sich, an denen an einzelnen Stellen des Körpers Bedarf ist.

Die zweite und wichtigste Besonderheit der Leukozyten ist ihre Fähigkeit zur Phagozytose, das heißt zum Verschlingen und Verdauen von mancherlei kleinen Teilchen. Zellen, die

solche Eigenschaften aufweisen, bezeichnen wir als Phagozyten. Die Rolle der Leukozyten bei der Phagozytose ist nun untersucht worden von dem großen russischen Gelehrten I. I. Metschnikow. Er stellte fest, daß schon die Organismen der niedrigsten Entwicklungsstufe diese Fähigkeit zum Verschlingen fremder Teilchen aufweisen. Während jedoch anfangs der gesamte Organismus daran beteiligt war, ist diese Funktion im Verlauf und Ergebnis der Evolution auf einzelne spezialisierte Zellen übergegangen. Bei den höheren Tieren und den Menschen finden wir solche Zellen im Blute, es sind unsere Leukozyten.

Außerordentlich wichtig ist die Aufgabe der Leukozyten, beziehungsweise Phagozyten für die Reinigung oder Befreiung unsres Organismus von der großen Menge abgestorbener Zellen. Während eines Menschenlebens erneuern sich mehrfach alle Zellen seines Körpers. Manche haben eine längere, manche eine kürzere Lebensdauer. Wenn sie aber abgestorben sind und nicht fortgeschafft werden, würde unser gesamter Körper durch sie verunreinigt, durch diese Zerfallsprodukte vergiftet werden.

Aber um abgestorbene Zellen sammeln sich die Leukozyten schnell und in großer Zahl und fressen sie auf. Wenn sie klein sind, werden sie von den Phagozyten einfach verschlungen, von ihren Pseudopodien umfaßt und im Körper der Phagozyten verdaut. Wenn aber die Leukozyten auf diese Art nicht mit den „Zellenleichen“ fertig werden, scheiden sie besondere Stoffe aus, die die abgestorbenen Zellen auflösen.

Die Funktion der Leukozyten reicht jedoch noch viel weiter. Sie fressen nicht nur die auf natürlichem Wege entstehenden Zerfallsprodukte der Gewebe, sondern schützen den Organismus auch vor schädlichen und gefährlichen Mikroben, die wir beim Atmen, mit der Nahrung oder durch Berührung in unsern Körper aufnehmen.

Wenn die Zahl dieser Mikroben klein ist, werden die Leukozyten leicht und schnell damit fertig, so daß wir nicht einmal ahnen, welcher Gefahr wir dadurch entrinnen.

Zuweilen aber, wenn die Zahl der eingedrungenen Mikroben groß ist oder wenn diese sehr widerstandsfähig sind und sich aus irgendeinem Grund schnell vermehren, sind die Leukozyten nicht imstande, mit den gefährlichen fremden Ein dringlingen fertig zu werden; dann entstehen Entzündungen, Furunkel, Karbunkel u. a.

Die Entzündungsvorgänge sind, so paradox es klingt, die natürliche Methode, den Organismus vor allen seine Lebensfähigkeit störenden äußereren Ursachen zu schützen.

Wir alle haben wohl schon einmal durch eine Schramme oder einen Splitter eine Vereiterung am Finger bekommen. Der Finger wird rot, schwollt an, ist ganz heiß, und wir spüren schmerhaft jede Berührung. Nach einiger Zeit wird die entzündete Stelle blasser; sie wird weich, und wenn wir darauf drücken, kommt ein Tröpfchen Eiter heraus. Danach beginnt die Heilung, und einige Zeit später ist die Stelle, die uns eben erst soviel Pein bereitet hat, gar nicht mehr zu finden.

Was war nun an dieser Stelle vorgegangen?

Zusammen mit dem Splitter dringt eine riesige Anzahl von Mikroben in unsren Organismus. Das bedeutet für das umgebende Gewebe eine starke Reizung. Als Antwort auf diesen Reiz verstärkt sich der Zustrom von Blut zur verletzten Stelle. Durch den starken Blutzustrom erweitern sich die Blutgefäße und verlangsamt sich die Geschwindigkeit des Blutstromes. Die vermehrte Blutmenge dehnt die Wände der Adern; sie beginnen das Blutplasma durchzulassen, und die entzündete Stelle schwollt an. Gleichzeitig streben aus den Blutgefäßen große Mengen von Leukozyten zur erkrankten Stelle, um den Kampf mit den fremden Mikroben aufzunehmen.

Hierbei gehen viele Leukozyten zugrunde. Die umgekommenen Zellen ergeben den dicken, weißen Eiter; die am Leben gebliebenen jedoch bilden eine dichte Schutzwehr. Die Mikroben sind geschlagen und vernichtet!

Wir sollten eine vereiterte Stelle niemals zu früh öffnen, vor allem aber sollen wir es nicht selbst tun! Wenn es zu

früh geschieht, zerstören wir die rettende Schutzwand der Leukozyten. Wir vernichten unsre inneren Beschützer und geben den Mikroben die Möglichkeit, sich ungehemmt in unserem Körper zu verbreiten.

Der erste, der die Schutzrolle der Entzündungsprozesse im Organismus richtig gedeutet und erklärt hat, war Ilja Iljitsch Metschnikow.

Bisher haben wir die Leukozyten als eine einzige Art von Zellen betrachtet; tatsächlich jedoch gibt es mehrere Abarten mit verschiedenen Eigenschaften und Funktionen sowie einem unterschiedlichen Aufbau. In Abhängigkeit von der Struktur des Protoplasmas werden die Leukozyten in folgende drei Gruppen unterteilt: 1. granulierte, das heißt körnige Zellen oder Granulozyten, 2. nichtgranulierte Zellen, Agranulozyten oder die Lymphozyten und 3. Monozyten.

Die Unterteilung der Leukozyten in granulierte und ungranulierte hat an sich keine Bedeutung, da auch ungranulierte Leukozyten eine Körnung aufweisen können; doch ist sie in diesem Falle nur zufällig, wogegen bei den Granulozyten das Vorhandensein der Granulation durch den Typ der Zelle bedingt wird.

Je nachdem, durch welche Farbstoffe sie sich färben lassen, unterscheiden wir bei den Granulozyten neutrophile, basophile und eosinophile Leukozyten. Die Mehrzahl der neutrophilen Granulozyten hat einen in mehrere Teile oder Segmente unterteilten Zellkern. Je mehr dieser Segmente vorliegen, um so höher ist das Alter der neutrophilen Leukozyten. Die jüngsten Formen der neutrophilen Leukozyten werden als „jugendliche“, etwas ältere als „stabkernige“ neutrophile Leukozyten bezeichnet. Gewöhnlich enthält das Blut nur eine in bestimmten Grenzen schwankende Zahl neutrophile Leukozyten, und deshalb spricht eine erhöhte Anzahl dieser Blutkörperchen von einer verstärkten Bildung der Leukozyten.

Lymphozyten haben einen großen Zellkern; sie sind ihrer Größe nach kleiner als die übrigen Leukozyten und nähern

sich in ihren Dimensionen den Erythrozyten (7 bis 9 Mikron). Monozyten sind protoplasmareiche große Zellen mit einem Kern. Sie sind die größten Zellen im peripheren Blut (12 bis 20 Mikron).

THROMBOZYTEN DIE BLUTPLÄTTCHEN

Die dritte Art der Blutzellen stellen die Blutplättchen oder Thrombozyten dar. Sie haben die Form kreisförmiger oder ovaler Plättchen von sehr geringer Größe mit einem Durchmesser von 1 bis 3 Mikron.

Der Gehalt des Blutes an Thrombozyten ist erheblich; in einem Kubikmillimeter Blut finden wir etwa 300 000 Thrombozyten. Wie auch die Leukozyten sind die Thrombozyten bewegungsfähig, jedoch ist ihre Bewegung begrenzt. Thrombozyten kommen nie aus dem Bereich der Blutadern heraus. Es sind sehr leicht verletzbare Zellen, und die geringste Verwundung der Blutgefäße führt sofort zur Vernichtung von Thrombozyten. Bei ihrem Absterben kleben sie zu einem Klumpen zusammen und bilden einen Ppropfen, den Thrombus, nach dem sie benannt worden sind. Bei ihrem Zerfall wird ein Ferment ausgeschieden, die Thrombokinase, die am Gerinnen des Blutes teilnimmt.

Die Fähigkeit des Blutes, einen Ppropfen zu bilden, der das Blutgefäß abschließt, ist eine wichtige Anpassungsreaktion des Organismus im Existenzkampf, die sich in vielen Jahrtausenden evolutionärer Entwicklung der Tiere und des Menschen herausgebildet hat.

Großer Blutverlust kann schwere Folgen haben, und wenn das Blut nicht die Fähigkeit zum Gerinnen hätte, würde auch die kleinste Wunde bei Mensch und Tier den Tod herbeiführen.

Selbstverständlich kann eine Blutung aus einem großen Blutgefäß durch Bildung eines Thrombus noch nicht zum

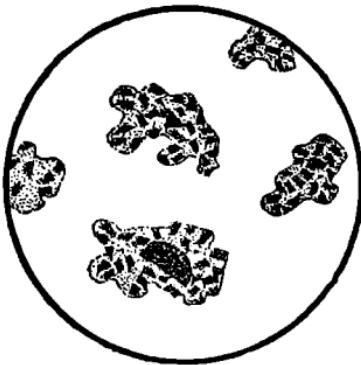
Stillstand kommen; in solchen Fällen ist unbedingt ärztliche Hilfe erforderlich.

Bei erwachsenen Menschen gerinnt das Blut in der Wunde schon nach 2 bis 3 Minuten. Bei Neugeborenen dauert es länger und erfordert 3 Minuten bis eine halbe Stunde und darüber. Bei manchen Erkrankungen, zum Beispiel bei der Hämophilie oder Bluterkrankheit, bei Masern, Scharlach, der Serumkrankheit, bei Tuberkulose, Rippenfellentzündung, auch bei der Zuckerkrankheit und noch einigen anderen Krankheiten (wie Gelbsucht, d. Übers.) nimmt die Gerinnungsgeschwindigkeit des Blutes mehr oder weniger stark ab. Bei Zuständen nervöser Erregung dagegen gerinnt das Blut schneller.

Wenn das Blut innerhalb der Blutgefäße gerinnt und dort einen Thrombus bildet, wie es bei einer Verletzung der inneren Hülle der Blutgefäße oder beim Hineingeraten fremder Stoffe vorkommt, werden die Blutgefäße verstopft, und der Blutkreislauf wird gestört.

Das Blut kann nur mit Schwierigkeiten durch die Adern fließen. Von großem Einfluß auf die Bildung von Thromben in Blutgefäßen ist das Nervensystem, unter dessen Einwirkung sich die lichte Weite der Gefäße ändern kann. Zuweilen wird der Thrombus wieder vom Blut aufgesaugt. Meist aber

wird er zu einer großen Gefahr für das Leben. Hat sich solcher Thrombus gebildet, so muß der Patient absolute Ruhe einhalten. Die geringste Bewegung kann den Thrombus weiterstoßen. Er gelangt mit dem Blutstrom in die Lunge und verstopft dort die Adern oder in ein Blutgefäß, das den Herzmuskel versorgt, und verursacht auf der Stelle den Tod.



Thrombozyten

Sehr häufig haben Chirurgen in solchen Fällen auf operativem Wege ein Stück des Blutgefäßes mit dem darin entstandenen Thrombus herausgeschnitten.

Solche Operation erfordert vom Chirurgen großes Können und außerordentliche Vorsicht. Der Schlauch des Blutgefäßes muß eventuell erneuert, und seine Wände müssen wieder fest miteinander verbunden werden. Eine Arterie oder Vene ist aber nun nicht so grob wie vergleichsweise ein Wasserleitungsrohr, dessen Teile leicht ineinanderzufügen und zu lösen sind. Wie soll man also mit Blutadern verfahren?

Hier ist eine umständliche, nach Feinheit und Meisterschaft nur mit dem Schaffen eines Juweliers vergleichbare Arbeit nötig zum Vereinigen der durchschnittenen Gefäße.

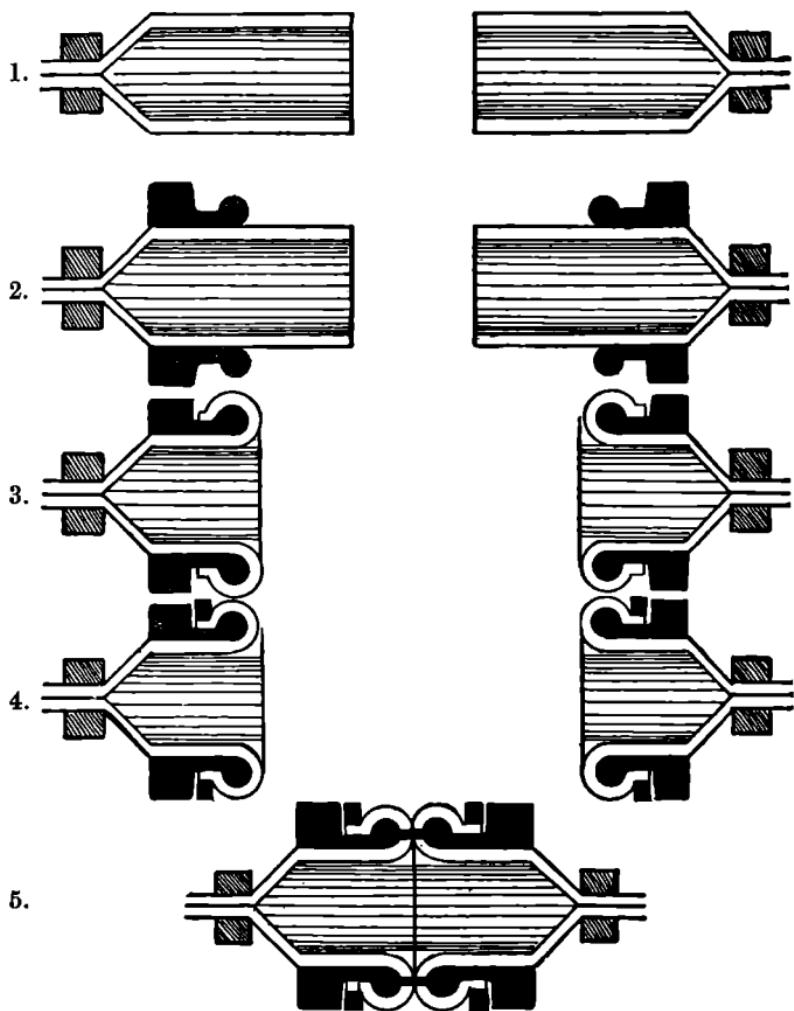
Irgendwann hat der russische Chirurg N. Pirogow einmal gesagt, wenn man Blutgefäße ohne Drosselung vernähen könnte, würde für die Chirurgie ein neues Zeitalter anbrechen. Das ist heute durch eine bemerkenswerte Entdeckung sowjetischer Wissenschaftler möglich geworden.

In enger Gemeinschaft mit Technikern haben Chirurgen einen Apparat erfunden, mit dessen Hilfe die Ränder verletzter Gefäße genauso zusammengenäht werden können, wie ein Schweißer die Enden von Metallrohren zusammenschweißt, und außerdem werden nicht nur die Blutgefäße zusammengenäht, sondern es wird zugleich die Gefahr sekundärer Thromben herabgemindert.

Das Wesen dieser neuen Methode besteht darin, daß die Ränder der zu nähenden Gefäße aneinandergebracht und dann mit dünnen Klammern aus Tantal, einem besonderen Metall, zusammengeheftet werden, und diese Klammern verletzen weder das Gewebe noch die Blutgefäße.

Wohl wußten die Menschen seit alters, daß Blut an der Luft gerinnt, aber heute noch ist der Ablauf dieses Gerinnens nicht endgültig geklärt.

Wenn wir frisch aus einem Blutgefäß entnommenes Blut mit einer Rute oder einem Glasstäbchen umrühren, um die Gerinnung zu beschleunigen, können wir geronnene Klum-



Wiederverbinden eines Blutgefäßes nach dem Entfernen
eines Thrombus

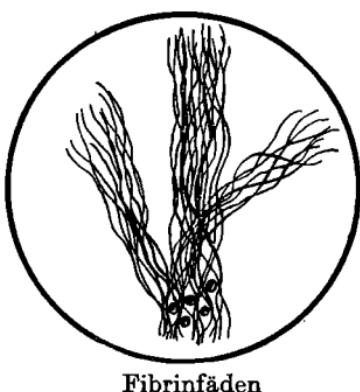
1. Die getrennten Teile des Gefäßes werden etwas entfernt vom Schnitt abgetrennt. 2. Über die freien Enden werden die beiden Teile des Geräts gezogen, 3. die Enden des Gefäßes man-schettenförmig zurückgestülpt und 4. durch Gummiringe fest-gehalten. 5. Dann werden sie durch Klammern aus Tantaldraht zusammengeheftet.

pen abscheiden, die aus langen, untereinander verfilzten Fäden bestehen. Es ist das ausgefällte Bluteiweiß, das Fibrin. Auch im nicht geronnenen Blut ist dieses Bluteiweiß enthalten, doch ist es aufgelöst und trägt so die Bezeichnung Fibrinogen.

Wenn wir das Fibrin, dem viele Erythrozyten anhaften, mit Wasser auswaschen, bleibt ein Knäuel weißer, verfilzter Fäden übrig. Blut, aus dem Fibrin ausgefällt wurde, nennt man defibriniert; es besteht aus dem Blutserum und den Blutkörperchen. Das Blutserum ist eine farblose oder leicht gelbliche Flüssigkeit wie das Blutplasma, jedoch ohne Fibrinogen.

Warum geht nun das im Blut gelöste Eiweiß, das Fibrinogen, in das Fibrin über?

Heute wird angenommen, daß der Übergang durch das Einwirken eines besonderen Ferments erfolgt, des Thrombins, von dem Blut immer sehr geringe Mengen enthält. Unentbehrlich zur Bildung des Thrombins ist das Vitamin „K“.



Fibrinfäden

Nicht alle Bestandteile des stofflich sehr kompliziert zusammengesetzten Thrombins kann unser Organismus synthetisch bilden; etwas muß mit der Nahrung fertig in den Körper kommen. Das ist das Vitamin „K“, von dem Blumenkohl, Kürbis und Spinat besonders viel enthalten.

Beim Verzehren dieser Nahrungsmitte nehmen wir es auf und sichern damit die Schaffung von Thrombin.

Das Thrombin im Blut befindet sich gewöhnlich im Ruhezustand. Wenn aber ein Blutgefäß verletzt wird, werden gleichzeitig die empfindlichen Thrombozyten zerstört. Dann wird aus den verletzten Zellen ein Ferment ausgeschieden, die

ENTWICKLUNGSSCHEMA DER ROTEN BLUTKÖRPERCHEN (ERYTHROZYTEN)



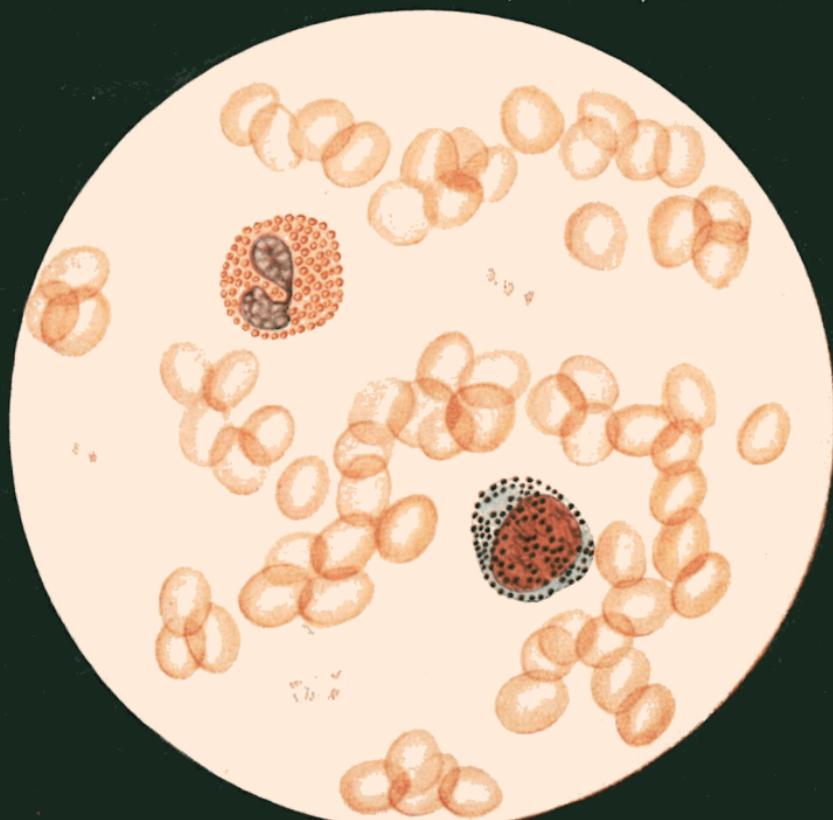
Myelo-
blast

Makro-
blast

Erythro-
blast

Polychromer Orthochromer Erythroblast

Normo-
blast



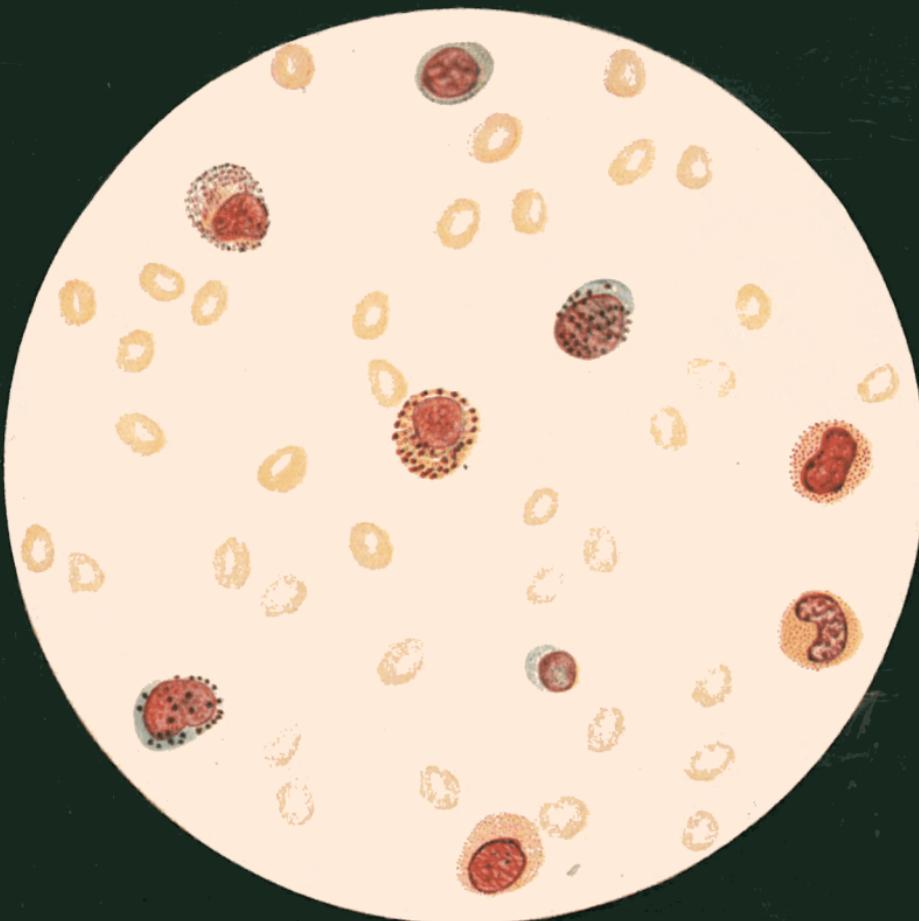
ENTWICKLUNGSSCHEMA DER WEISSEN BLUTKÖRPERCHEN (LEUKOZYTEN)



Myeloblast

Eosinophiler Myelozyt
Basophiler Myelozyt

Eosinophiler Leukozyt
Basophiler Leukozyt



LEUKÄMIE



Lympho-
blast

großer, junger
Lymphozyt

junger
Lymphozyt

kleiner
Lymphozyt

Thrombokinase, unter deren Einwirkung in Anwesenheit von Kalziumsalzen das „passive“ Thrombin (Thrombogen) „aktiv“ d. h. „wirksam“ wird und den Eiweißstoff Fibrinogen in Fibrin umwandelt, ein äußerst unstabiles Eiweiß, das sehr leicht ausgesäfft wird. Damit beginnt das Gerinnen des Blutes.

Der hier beschriebene Vorgang stellt ein wunderbares Beispiel von Zweckmäßigkeit dar. Mit unwahrscheinlicher Geschwindigkeit wird das verletzte Blutgefäß, durch das das Blut aus dem Körper ausströmen könnte, von den Blutzellen geschlossen, ähnlich wie Seelute ein Leck im Schiffsboden abdichten, das dem ganzen Schiff den Untergang bringen könnte.

Aber auch die beste Mannschaft wird nicht immer allein mit einem Leck fertig, und so kann auch der Organismus nicht jede Blutung selbst zum Stillstand bringen.

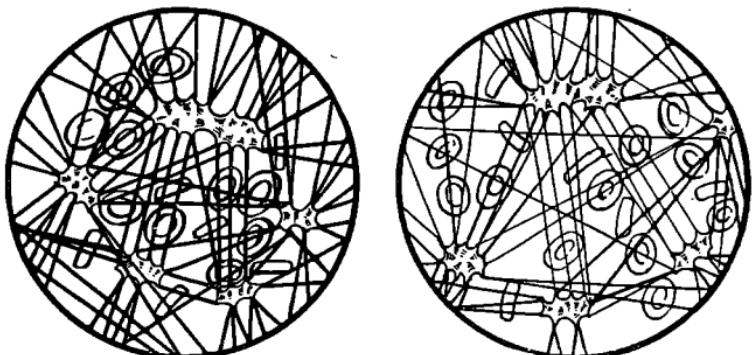
Es gibt eine Krankheit, die man die Hämophilie oder die Bluterkrankheit nennt. „Hämophilie“ ist ein griechisches Wort und bedeutet eigentlich soviel wie Blutfreundlichkeit oder Vollblütigkeit. Aber es bezeichnet jetzt eine schwere Krankheit. Bei Menschen, die daran leiden, kann der kleinste Kratzer zum Tode führen, weil ihr Blut die Fähigkeit zum Gerinnen nicht besitzt. Es ist zu wenig Thrombokinase oder zu viel Antithrombin darin enthalten; manchmal ist auch der Gehalt an Fibrinogen zu niedrig.

Die Bluterkrankheit ist zum Glück sehr selten, und außerdem wird die moderne Medizin auch mit ihr fertig.

Wir sprachen davon, daß Vitamin „K“ großen Anteil an der Bildung des Thrombins hat. Wenn es fehlt, entsteht auch ein krankhafter Zustand, der mit der Bluterkrankheit viel Ähnlichkeit hat.

Beim Lesen dieser Seiten kommt uns jetzt der Gedanke: weshalb gerinnt das Blut nicht in den Adern? Wodurch wird das verhindert?

In erster Linie stehen die glatten Innenwände der Blutadern dem Gerinnen des Blutes entgegen. Außerdem wird an be-



Blutgerinnung

sonderen, dicken Stellen der Gefäßwände das Ferment Antithrombin ausgeschieden und verhindert das Gerinnen.

Ein Blutegel nährt sich von fremden Blut. Er beißt ein Loch in die Haut von Tieren oder Menschen und saugt Blut. Um das Gerinnen dieses Blutes zu verhindern, führt der Egel das gleiche Antithrombin in die Wunde ein. Aus diesem Grunde kommt nach dem Biß eines Blutegels die Blutung aus der kleinen Wunde so schwer zum Stehen.

BLUTPLASMA DER FLÜSSIGE TEIL DES BLUTES

Wenn wir bisher von der Zusammensetzung des Blutes sprachen, meinten wir immer nur die festen Teilchen im Blut und erwähnten noch nicht das flüssige Medium, in dem die festen Teilchen enthalten sind. Dieser flüssige Teil des Blutes ist das Plasma. Es besteht zu neun Zehnteln aus Wasser und stellt etwas wie eine Lösung von Nährstoffen dar, hauptsächlich von Eiweißen und Salzen.

Das Plasma ist ein wichtiger Bestandteil des Blutes. Es enthält alle Stoffe, die für die normale Existenz jedes körperlichen Organs gebraucht werden. Es nimmt auch die Produkte des komplizierten Stoffwechsels auf, der unaufhörlich in unserem Organismus vor sich geht. Mit seiner Hilfe wird

der verwickelte Vorgang des Transports der Nährstoffe zu den Organen und Geweben und des Abtransports der verarbeiteten Abfallprodukte bewirkt.

Die im Plasma gelösten Eiweiße und Salze ergeben den für den Organismus sehr wichtigen osmotischen Druck.

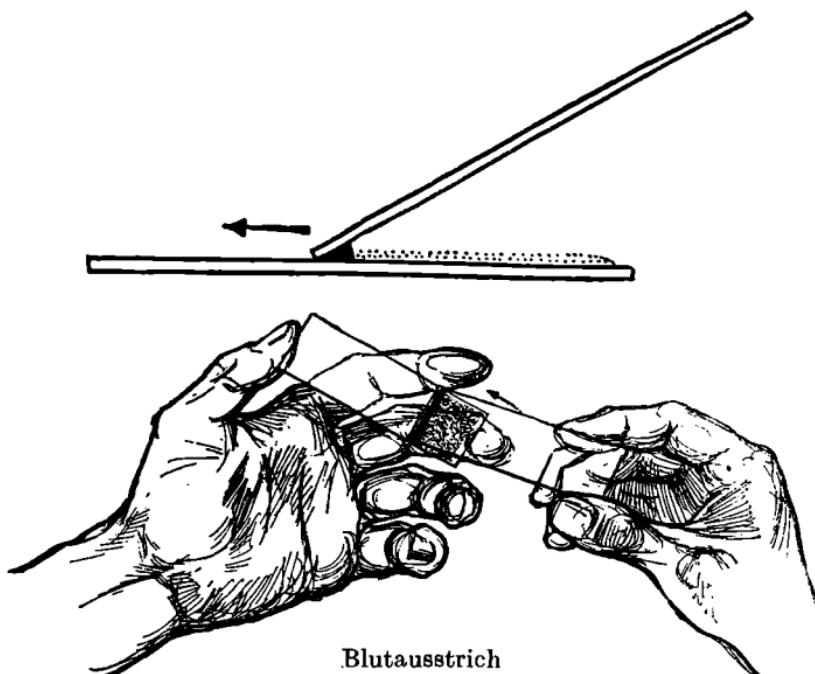
Osmotischer Druck entsteht an der Grenze zweier Lösungen mit verschiedener Konzentration der in ihnen gelösten Stoffe. Wenn wir ein Gefäß nehmen, in dem eine Kochsalzlösung enthalten ist, den Boden dieses Gefäßes mit einer halbdurchlässigen (semipermeablen) Membranen bespannen und es in ein anderes Gefäß mit einer Lösung von anderer Konzentration einsetzen, wandern die Kochsalzmoleküle durch die Membranen von der einen in die andere Lösung hinüber, bis sich an der Grenzscheide ein bestimmtes Gleichgewicht einstellt, das freilich immer recht labil bleibt.

Das Blutplasma und die in den Gewebezellen enthaltene Flüssigkeit stellen im lebenden Organismus solche Lösungen dar, und die dünnen Wände der Blutgefäße spielen die Rolle einer halbdurchlässigen Membranen. Je mehr Eiweiße und Salze im Blutplasma gelöst sind, um so größer wird der osmotische Druck sein, und um so mehr Wasser werden die Gewebezellen abgeben müssen; diese Zellen schrumpfen dabei ein, ihre Lebenstätigkeit verlangsamt sich oder hört sogar überhaupt auf.

Im Wasserverlust der Zellen und der Verdichtung des Protoplasmas sieht Prof. O. B. Lepeschinskaja eine der Ursachen für das Altern. Wenn die Konzentration an Salzen oder Eiweißen im Blutplasma absinkt, verringert sich der osmotische Druck; dann steigt der Wassergehalt der Zellen; doch führt auch dies zu ihrer Zerstörung.

Natürlich ist das Einhalten des normalen osmotischen Druckes eine sehr verwickelte Angelegenheit; aber wir wollten nur unterstreichen, daß der Gehalt des Blutplasmas an Salzen und Eiweißen in diesem für die Lebensvorgänge des Organismus wichtigen physiologischen Vorgang eine erhebliche Rolle spielt.

Der osmotische Druck des Blutes beträgt 7,5 Atmosphären; dieses entspricht dem Druck einer Lösung, in der 0,945 ‰ Kochsalz enthalten sind. Deshalb bezeichnen wir eine solche



Salzlösung als eine physiologische Lösung. Sie dient manchmal als Ersatz für das Blutplasma. Von einer völligen Gleichwertigkeit der physiologischen Kochsalzlösung mit dem Blutplasma kann natürlich nicht die Rede sein.

BLUTANALYSE

Wir wissen, wie eine Blutprobe entnommen wird. Ein kaum fühlbarer Nadelstich in unseren Finger ergibt einige Tropfen Blut. Die Laborantin verteilt es in dünne Glasröhrchen, die mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt sind. Zwischen zwei Glasplättchen streicht sie rasch einen kleinen Tropfen des Blutes aus. Einige Stunden später bekommen wir die

Blutanalyse Nr.

Für

Behörde

Abteilung

Für den Arzt

Krankenstation Nr.

Ambulanz

Blutanalyse Nr.	Für den Arzt	Krankenstation Nr.	Ambulanz
----------------------	-------------------	-------------------------	---------------

Erythro- zyten	Hämoglobin nach Sahli	Farbindex	Dicker Tropfen		Retikulo- zyten	Thromo- zyten	Parasiten
			Polychro- masie	Basophile Granulozyten			
Norm 4,5 — 5,0 Millionen	80 — 100 %	1,0	+		1,5 %	250 — 300 Tausend	
Leukozyten	Basophile Leukozyten	Eosinophile Leukozyten	Neutrophile Leukozyten	Myelo- zyten Jugend.	Stab- kernige	Seg- ment- kernige	Verschie- bungsinde
Norm 6 — 8000	% 1	3	—	4	63	23	1,16

Anisozytose
 Poikilocytose
 Normoblasten
 Senkung der Erythrozyten (Blutsenkung)
 Hypo-Hyperchromie
 Megalozyten
 Megaloblasten
 Erythroblasten
 Gerinnungsgeschwindigkeit: Anfang/Ende

Leiter des Labors.....

Geringungsgeschwindigkeit: Anfang/Ende

hier abgedruckte Übersicht mit dem Ergebnis der Untersuchung in die Hand gedrückt als unsre „Blutanalyse“.

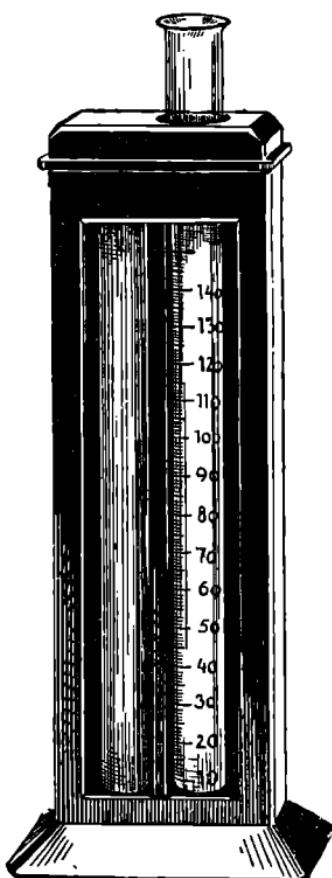
Was sagt diese Analyse dem Arzt?

Nun, sie zeigt ihm, in welchem Verhältnis die Elemente des Blutes in unserem Organismus vorhanden sind.

Wenn wir gesund sind, wird es der Norm entsprechen oder nur ganz wenig abweichen. Was aber als Norm anzusehen ist, sagen dem Arzt und auch uns die Zahlen, die im Formblatt schon mitgedruckt sind. Weicht das Verhältnis stark

von der Norm ab, so ist außer Zweifel, daß nicht alles in Ordnung ist und daß der Mensch nicht gesund sein kann.

Im allgemeinen enthält ein Kubikmillimeter Blut bei Frauen 4 bis 4,5 und bei Männern 4,5 bis 5,5 Millionen Erythrozyten. Die Erythrozyten enthalten gewöhnlich 13 bis 14 % Hämoglobin. Dieser Prozentsatz wird durch Vergleich der Färbung des auf bestimmte Weise behandelten Blutes mit in jedem Labor vorhandenen genormten Lösungen gewonnen. Die Bestimmung der Hämoglobinmenge erfolgt in einem Reagenzglas, auf dem eine Skala aufgetragen ist; 100 Teilstriche dieser Skala entsprechen 16 Gramm Hämoglobin in 100 Kubikzentimetern Blut. Da dieses Gerät von Sahli eingeführt wurde, lesen wir im Formblatt für die Blut-



Hämometer zum Bestimmen
des Hämoglobin gehalts

analyse: „Hämoglobin nach Sahli“. Sehr wichtig ist auch der Sättigungsgrad der Erythrozyten mit Hämoglobin, was nach dem Farbindex des Blutes bestimmt wird, der im Normalfall bei 1,0 liegt.

Wenn der Farbindex hoch ist, während die Zahl der Erythrozyten niedrig liegt, wird der Arzt sofort aufmerksam und mißtrauisch; denn ein solches Verhältnis dieser beiden Größen zueinander kann Anzeichen einiger schwerer Krankheiten sein.

Wenn die Zahl der Erythrozyten über der Norm liegt, sagt uns dieses an und für sich noch nichts. Die Zahl dieser Blutzellen kann sich aus verschiedenen Gründen erhöhen, durch schwere körperliche Arbeit, längeren Aufenthalt in ungelüfteten Räumen, starke Anspannung der Nerven usw. Wenn die Ursachen beseitigt werden, sinkt die Zahl der Erythrozyten wieder bis zur Norm ab.

Manchmal jedoch wird der Überschuß an Erythrozyten im Blut auch durch sehr ernste Ursachen hervorgerufen, nämlich durch Erkrankungen des Knochenmarkes.

Wie soll nun der Arzt wissen, welche Ursachen vorliegen? Hier helfen ihm erstens weitere Symptome der Krankheit, zweitens aber weitere Angaben unserer Blutanalyse.

Vieles sagt ihm die Zahl in der Rubrik „Senkung der Erythrozyten (Blutsenkung)“.

Welche Reaktion ist das, und was können wir aus ihr folgern? Die roten Blutkörperchen sind wie alle Stoffe Träger einer elektrischen Ladung, und zwar sind sie negativ elektrisch geladen. Nun stoßen sich gleichnamige elektrische Ladungen ab, also die im Blutplasma schwimmenden Erythrozyten, und darum erfolgt ihr Absinken aus dem Schwebezustand sehr langsam. Bei gesunden Männern beträgt die Geschwindigkeit 3 bis 4 mm in der Stunde, bei Frauen 7 bis 12 mm.

Bei ansteckenden Krankheiten und Entzündungen erhöht sich im Blut die Menge der Eiweiße, des Globulins und des Fibrinogens. Globulin und Fibrinogen sind Träger einer

positiven elektrischen Ladung. Diese Teilchen sammeln sich auf der Oberfläche der Erythrozyten, neutralisieren die negative Ladung der roten Blutkörperchen und beschleunigen damit ihre Senkungsgeschwindigkeit.

Erhöhte Senkungsgeschwindigkeit ist also Anzeichen eines krankhaften Vorganges im Organismus.

In gewissem Maße ist zwar die Blutsenkung noch von anderen Ursachen abhängig, von der Form der Erythrozyten, der Viskosität des Blutes, auch vom Farbindex, doch haben alle diese Faktoren einen unwesentlichen Einfluß auf die Geschwindigkeit der Blutsenkung.

Eine erhebliche Steigerung wird immer durch eine akute oder chronische Infektion oder einen Entzündungsprozeß hervorgerufen. Ein langsamerer als normaler Verlauf der Blutsenkung wird viel seltener beobachtet, etwa bei Herzfehlern und manchmal auch bei Gelbsucht.

Den größten Raum in der Blutanalyse nimmt die Leukozytenformel ein:

Baso- phile Leuko- zyten	Eosi- nophi- le Leu- kozy- ten	Neutrophile Leukozyten				Lym- phozy- ten	Mono- zyten
		jugend- liche	stab- kernige	seg- ment- kernige	insges.		
0—1	1—4	0—1	2—4	55—70	57—73	25—35	3—5

Alle Arten der Leukozyten stehen der Menge nach in einem Verhältnis zueinander, das durch die Leukozytenformel ausgedrückt wird. Ihre Bedeutung besteht darin, daß aus ihren Abweichungen über die Reaktion der blutbildenden Organe auf physiologische und pathologische Prozesse im Organismus geschlossen werden kann.

Für einige Erkrankungen, zum Beispiel Scharlach, Rheuma, chronische Sepsis, aber auch für das Vorhandensein von Würmern, ist die Erhöhung der Zahl der eosinophilen Leukozyten ein Kennzeichen. Eine Erhöhung der Zahl der Lymphozyten dagegen wird bei Typhus, Tuberkulose und Syphilis beobachtet. Bei schwerer körperlicher Arbeit oder bei

Reizungen des Knochenmarks erfolgt in der Leukozytenformel eine Verschiebung nach links in Richtung verstärkter Bildung der stabkernigen und Jugendformen der neutrophilen Leukozyten.

Die Verschiebungen in der Leukozytenformel sind nicht nur für die Diagnose wichtig, sie können zuweilen auch eine Prognose für den günstigen Ausgang einer Krankheit ergeben.

Wenn etwa die Erhöhung der Zahl der Monozyten bei einigen akuten Infektionskrankheiten gleichzeitig mit einer allgemeinen Steigerung der Zahl der Leukozyten bestätigt wird, kann für den Verlauf der Krankheit eine günstige Wendung angenommen werden.

Bei Unterleibstyphus und beim Fleckfieber kann das Erscheinen von eosinophilen Leukozyten im Blut nach ihrem vollständigen Fehlen in der akutesten Periode als Anzeichen für baldige Genesung gedeutet werden. Eosinophile Leukozyten sind auch ein günstiges Zeichen bei einigen akuten Infektionen und chronischer Tuberkulose.

Die Leukozytenformel wird durch Auszählen von 200 bis 400 Leukozyten in einem gefärbten trockenen Blutausstrich gewonnen. Neben den relativen Prozentmengen der Leukozytenarten muß aber auch ihre absolute Gesamtmenge in einem Kubikmillimeter Blut festgestellt werden, da eine Erhöhung der Zahl der Lymphozyten über 40 % noch keinen krankhaften Zustand bedeutet, wenn die Gesamtzahl der Leukozyten geringer ist. Veränderungen in der Leukozytenformel, die Gestalt der Erythrozyten, das Mengenverhältnis zwischen den einzelnen Form-Elementen des Blutes — dies alles ersehen wir, wenn wir Blut unter dem Mikroskop betrachten. Die mikroskopische Blutuntersuchung allein genügt aber nicht zur Beurteilung des Gesundheitszustandes. Die Biochemiker müssen uns zu Hilfe kommen.

In allen Krankenhäusern sind biochemische Laboratorien eingerichtet, die klinische Blutanalysen durchführen. Wenn

die Tätigkeit vieler Organe gestört ist, darunter so wichtiger wie der Leber und der Nieren, ändert sich die chemische Zusammensetzung des Blutes. Je nachdem, welches Organ erkrankt ist oder den Dienst versagt, verändert sich das Blut. Gewöhnlich sind in 100 Kubikzentimetern Blut etwa 100 Milligramm Zucker enthalten. Bei der Zuckerkrankheit (Diabetes) steigt der Zuckergehalt bis auf 800 Milligramm. Doch ist Zucker im Blut nicht immer ein Zeichen für Diabetes, manchmal ist es die Folge einer Nierenerkrankung.

Um nun festzustellen, ob der erhöhte Zuckergehalt im Blut durch Diabetes oder durch eine Erkrankung der Nieren hervorgerufen wird, und zu entscheiden, welche Heilmittel angewandt werden sollen, wird folgender Versuch durchgeführt:

Der Patient nimmt auf nüchternen Magen 50 bis 100 Gramm Zuckerlösung ein; während der nächsten zwei Stunden wird in Abschnitten von 15 bis 30 Minuten die Zuckermenge im Blut und im Harn bestimmt.

Nach dem Einnehmen von Zucker wird seine Menge im Blut natürlich auch beim gesunden Menschen höher; aber das Wichtigste ist, daß die Kurve des ansteigenden Zuckergehaltes im Blut und im Harn von Diabetikern und von Nieren-Glykosurie-Kranken verschieden aussieht und der Arzt nach dieser Kurve die Krankheit erkennen kann.

Nehmen wir ein anderes Beispiel! Gewöhnlich enthält das Blut 1 bis 2 Milligramm einer besonderen Verbindung, des Kreatinins. Sobald die Arbeit der Nieren bei Nephritis, Nephrose, Nephrosklerose gestört ist, schon ganz im Anfang der Erkrankung, wenn noch keine andern Symptome der Krankheit vorliegen, erhöht sich die Kreatininmenge im Blut. Entsprechend steigt bei Erkrankung der Nieren die Gesamtmenge des nicht in Eiweißen gebundenen Stickstoffs, und zwar um so mehr, je weiter die Krankheit fortschreitet. Die Untersuchung auf Kreatinin ergibt also nicht nur eine Diagnose, sondern auch eine Prognose.

Es ließen sich noch viele Beispiele für biochemische Blutanalysen anführen; aber die hier angegebenen genügen schon, um zu sehen, wie empfindlich das Blut auf Störungen im Organismus reagiert.

ENTSTEHEN UND VERGEHEN DER ERYTHROZYTEN

D. L. Romanowskis Entdeckung ermöglichte den Wissenschaftlern, sich nicht nur in dem komplizierten Blutbild zu rechtfinden, sondern auch alle Lebensabschnitte der einzelnen Zellen aus diesem Blutbild zu verfolgen und bis zum Ende klarzustellen. Warum ist die Vielfalt der Blutzellen so groß? Was ist ihnen gemeinsam und was unterscheidet sie? Wo entstehen diese Zellen? Ändert sich die Blutzusammensetzung beim Menschen im Laufe seines Lebens, oder bleibt sie beständig von Geburt an und unverändert?

Viele Jahrzehnte lang haben Ärzte, Physiologen und Biochemiker die Antwort auf diese Fragen gesucht, und was wir jetzt berichten, ist das Ergebnis langjährigen und mühsamen Suchens und Forschens einer langen Reihe von Gelehrten.

Es wurde gefunden, daß die Blutzellen im roten Stoff des Knochenmarks entstehen, der sich in den Enden der Röhrenknochen befindet. Mit der Zeit fand man weiter, daß die Fähigkeit zur Bildung des Blutes ihren Sitz auch im Knochenmark des Brustbeins, der Rippen und der Wirbelsäule, aber auch in den Lymphdrüsen und in der Milz hat. Nur etwa bis zum Beginn des fünften Monats in der embryonalen Entwicklung ist die Leber die Hauptstätte der Blutbildung; später ist es das rote Knochenmark, das sich bei Kindern noch in allen Knochen findet, erst mit der Zeit durch Fettgewebe verdrängt wird und sich in das gelbe Knochenmark verwandelt, das an der Blutbildung nicht teilnimmt.

Beim Erwachsenen wiegt das rote Knochenmark insgesamt über zwei Kilogramm. Das erscheint nicht besonders viel;

aber die Leistungsfähigkeit dieser lebenden Blutfabrik ist außerordentlich groß. Nach Berechnungen von Prof. Kassirski erzeugt das Knochenmark täglich etwa 300 Milliarden Erythrozyten; in zwei Monaten erneuert es die Menge von 25 Trillionen, den gesamten Bestand des Organismus an Erythrozyten.

Lange war die Frage umstritten, ob es nur eine Form der Mutterzelle gibt, aus der alle anderen Elemente des Blutes entstehen, oder ob viele Formen vorliegen. Als erster hat der russische Gelehrte A. Maximow die einheitliche Theorie der Blutbildung wissenschaftlich begründet.

Später erfolgte die endgültige Lösung dieses wichtigen Problems durch die Forschungen sowjetischer Wissenschaftler, hauptsächlich in den Arbeiten von I. A. Kassirski, A. N. Krjukow und H. H. Wlados, die heute allgemein bekannt geworden sind und die festgestellt haben, daß die verschiedenartigen Blutzellen alle aus der gleichen Form der Mutterzellen entstehen.

Um zu verstehen, wie diese Theorie entwickelt wurde, wollen wir das Leben einer Blutzelle von ihrer Entstehung bis zum Absterben verfolgen.

Die im Knochenmark enthaltenen Mutterzellen, aus denen die Blutkörperchen entstehen, werden als Hämozytoblasten bezeichnet. Aus ihnen entstehen durch eine Reihe komplizierter und feiner Umwandlungen die Erythrozyten. Anfangs haben die Erythrozyten wie jede andere Zelle einen Zellkern. Nachdem sich jedoch in diesen Zellen immer mehr Hämoglobin ansammelt, verliert der Kern seine Struktur, verwandelt sich in eine formlose Masse und wird langsam aus der Zelle hinausgedrängt. Die Zelle, in der sich der Zellkern befand, fällt zusammen, und der Erythrozyt erhält die charakteristische „eingefallene“ Form einer bikonkaven Scheibe.

Das Verschwinden des Kerns ist ein Merkmal für die Reife des Erythrozyten. Solange ein Kern vorhanden ist, gehört der Erythrozyt zu den sogenannten jugendlichen Zellformen.

Der gesamte, für jede lebende Zelle kennzeichnende Stoffwechsel verläuft in den Erythrozyten intensiv; jedoch nur in der Periode ihres Reifens. Bei den reifen Erythrozyten geht der Stoffwechsel äußerst langsam und in geringem Maße vor sich, fast unmerklich. Wie wir gleich sehen werden, ist auf diesem Umstand das Verfahren begründet, die Lebensdauer der Erythrozyten zu bestimmen.

Ein Gelehrter, der sich mit der Erforschung dieser Frage befaßte, nahm mehrere Tage hintereinander einige Gramm Aminosäure ein, die „markierte“ Stickstoffatome enthielt.¹ Danach wurden ihm einige Monate hindurch zu verschiedenen Zeiträumen kleine Mengen an Blut entnommen und dessen Gehalt an diesen „markierten“ Atomen in der Aminosäure festgestellt. Da nun zwischen den Erythrozyten und ihrer Umgebung nur in der Reifeperiode ein energetischer Austausch an Nährstoffen vor sich geht, konnten die zusammen mit der Aminosäure ins Blut gekommenen markierten Atome nur während dieser Periode von den Erythrozyten aufgenommen worden sein, und die Konzentration dieser Atome mußte ansteigen.

Wenn der Erythrozyt ausgereift ist und sein Stoffwechsel mit der Umgebung fast gänzlich aufgehört hat, können die markierten Atome die Hülle des Erythrozyten nicht mehr verlassen, und die Konzentration wird sich bis zum Lebensende des Erythrozyten praktisch nicht mehr ändern, erst wenn der Zerfall beginnt, wird der Gehalt des Erythrozyten an markierten Atomen geringer werden.

So erwies es sich auch. Der Gelehrte führte alle erforderlichen Berechnungen durch und stellte fest, daß die Lebensdauer der Erythrozyten 127 Tage beträgt.

Was erfolgt aber mit den Erythrozyten weiter?

¹⁾ Atome eines und desselben Elements, die sich voneinander nicht durch ihre chemischen Eigenschaften, sondern einzig nur durch ihr Gewicht unterscheiden, werden als Isotope bezeichnet. Da solche Atome durch die vorhandenen Unterschiede, die etwas wie eine Markierung darstellen, mit Hilfe besonderer Geräte leicht festgestellt werden können, bezeichnet man sie auch als „markierte“ Atome.

Nachdem im Erythrozyten Alterungs- und Zerfallsprozesse begonnen haben, verläßt er entweder die Blutbahn oder geht mit dem Blut durch Leber und Milz und heftet sich an eine der Zellen, die die Blutadern auskleiden. Diese Zellen, die man mit der komplizierten Bezeichnung „Retikulo-endothelialzellen“ benannt hat, gibt es auch in anderen Organen unseres Körpers, doch finden wir sie in der Leber und in der Milz mehr als sonstwo. Eine Besonderheit dieser Zellen ist, daß sie ähnlich den Leukozyten Pseudopodien, Scheinfüßchen, ausstrecken, anhaftende kleine Teilchen ergreifen und sie verschlucken können. So nehmen sie auch einen alten Erythrozyt auf und verdauen ihn.

Was geht hierbei mit dem Hämoglobin vor sich? Wir erwähnten schon, daß Hämoglobin ein kompliziertes Molekül darstellt; es besteht aus Eiweiß, Globin und einem Farbstoff, dem Häm.

Bei der Verdauung des Erythrozyten wird das Globin in lösliche Aminosäuren gespalten, die entweder von der Retikuloendothelialzelle aufgenommen werden oder in das Blutplasma kommen.

Mit dem Hämmolekül aber geht folgendes vor sich: Sein Eisenatom wird in Form einer unlöslichen Verbindung als Eisenoxyd abgespalten. Keine Zelle des Organismus ist imstande, aus irgendwelchen Verbindungen ein Eisenatom herauszuholen. Nun nehmen wir zwar mit der Nahrung Eisen in sehr geringen Mengen auf, aber jenes Eisenatom aus dem Hämmolekül wird trotzdem gebraucht, um ein neues Molekül des Hämoglobins aufzubauen. Deshalb kehrt das abgespaltene Eisen wieder zu den Zellen des Knochenmarkes zurück und wird hier zur Synthese des Hämoglobins verwendet.

Nach dem Abspalten des Eisens vom Häm bleibt der Farbstoff zurück, das Pigment. Es verwandelt sich in strukturmäßig verwandte Pigmente, die die charakteristische Färbung von Galle, Harn und Kot ergeben. Ein Teil dieser Pigmente verläßt den Organismus mit Kot und Harn, ein an-

derer Teil gelangt noch einmal ins Blut und wird dann mit dem Harn ausgeschieden.

Das ist in kurzen Zügen der Lebenslauf der Erythrozyten in unserm Organismus vom Entstehen bis zum Vergehen.

Aus den gleichen Mutterzellen, den Hämozytoblasten, werden auch die weißen Blutkörperchen geboren, die Leukozyten. Aus den Riesenzellen des Knochenmarks entstehen die Blutplättchen, die Thrombozyten.

Woher kommen aber die Hämozytoblasten?

Diese Frage beantworten die Arbeiten von Prof. O. B. Lepešinskaja. Sie beobachtete die Entwicklung eines Hühnerembryos und stellte fest, daß die primären Blutzellen aus der nichtzellularen lebenden Materie, den Dotterkörnern, entstehen.

Ihre Arbeiten lüften den Schleier über vielen ungeklärten Problemen der Blutbildung und bringen uns ihrer Lösung näher.

Das Absterben der Erythrozyten wirkt sich in keiner Weise auf die normale Arbeit des Blutes aus, da in jeder Sekunde etwa 10 Millionen neue Erythrozyten entstehen.

Wer reguliert nun eine gleichbleibende Anzahl dieser Zellen?

Wie wird der Vorgang gesteuert?

Die wichtigste Funktion der Erythrozyten ist der Transport des Sauerstoffs. Sobald die Zahl der Erythrozyten im Blut geringer wird, spürt unser Organismus Hunger nach Sauerstoff, auch die Zellen des Knochenmarks, die hierdurch zu gesteigerter Bildung von Erythrozyten angeregt werden. Aber die Sauerstoffmenge ist nur einer der Faktoren, die die Geburt neuer Blutzellen regulieren. Andere, nicht minder wichtige Regulatoren sind Hormone, die aus Drüsen der inneren Sekretion in das Blut kommen. Dieser Faktor ist aber nur ein Zwischenglied in der Regulierung komplizierter physiologischer Vorgänge, die vom zentralen Nervensystem gesteuert werden, darunter die der Blutbildung und der Blutzerstörung. Durch Arbeiten von Schülern des großen russischen Physiologen I. P. Pawlow, und zwar durch die

Forschungen von Akad. K. M. Bykow und W. N. Tscherniowski, ist gegenwärtig die regulierende Wirkung des zentralen Nervensystems auf das Blutbild bewiesen worden.

Außerordentlich viel Interessantes und Wichtiges für das Verständnis der nervösen Regulation der Blutbildung wurde auch durch eine Reihe von Arbeiten der wissenschaftlichen Mitarbeiter des mit dem Leninorden ausgezeichneten Zentralen Instituts für Hämatologie erhalten, die unter der Leitung von Prof. N. A. Fjodorow durchgeführt wurden.

Die Arbeit des Knochenmarks konnte man bisher nur nach dem Tode eines Menschen betrachten und erforschen, da erst dann Knochen zersägt und das Knochenmark entfernt und untersucht werden konnten. Wieviel interessanter und unvergleichlich wichtiger wären Untersuchungen an lebendem Gewebe!

Michail Innokentjewitsch Arinkin, Professor an der Militärmedizinischen Akademie in Leningrad, hat sie möglich gemacht. Nach seinem Vorschlag erhält der Patient nach einer leichten Lokalanästhesie, einer örtlichen Betäubung, in das Brustbein einen Stich mit einer besonderen Nadel, die eine winzige Menge Knochenmark herausholt. Das Verfahren ist einfach, vollkommen ungefährlich und schnell durchzuführen.

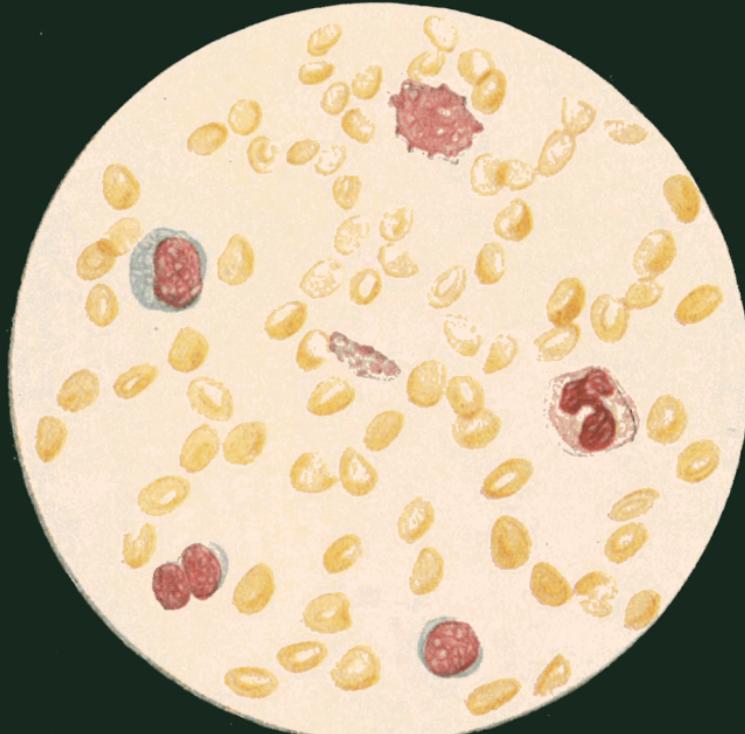
Und wieviel Möglichkeiten hat diese Erfindung des sowjetischen Gelehrten erschlossen, Blutkrankheiten zu erkennen, zu heilen und ihnen vorzubeugen!

Bisher sprachen wir von der Entwicklung der roten und weißen Blutkörperchen im Blute eines gesunden Menschen, deren Entwicklung bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterliegt. Jede Umwandlung der Hämozytoblasten führt zur Bildung von Zellen, die immer mehr Merkmale reifer Blutzellen aufweisen, wobei die Entwicklung von Kern und Protoplasma allmählich und in bestimmtem Verhältnis zueinander vor sich geht.

Bei Erkrankungen der blutbildenden Organe wird dieses Verhältnis gestört. Bei der Leukämie, also der Weißblütig-

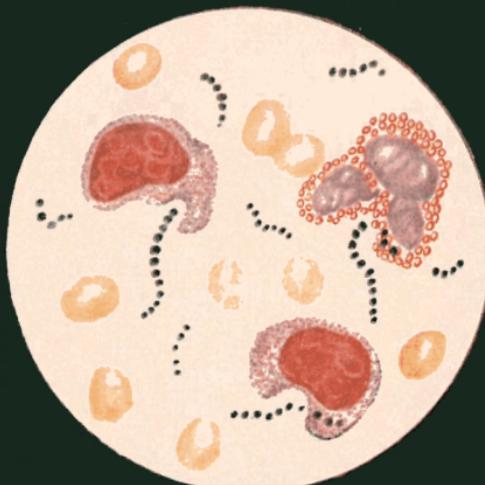


Myeloische Leukämie

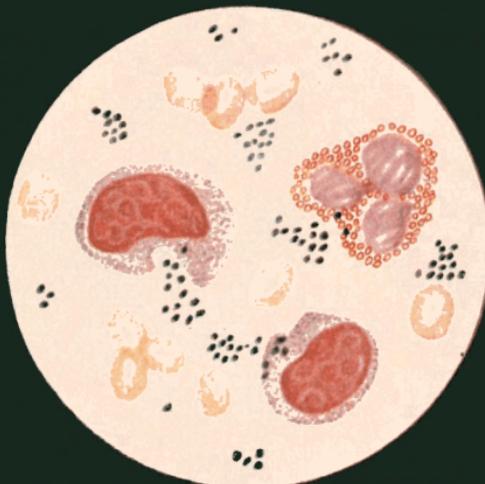


Lymphatische Leukämie

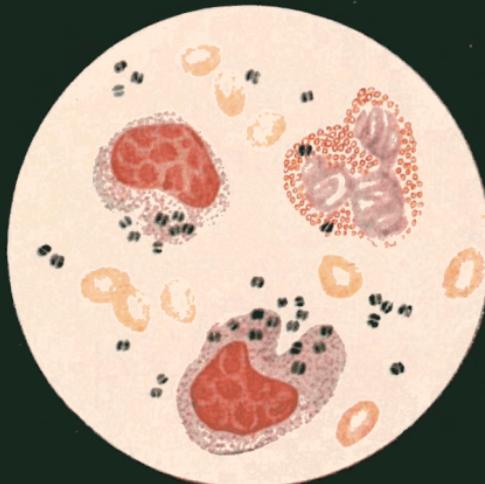
BAKTERIEN IM BLUTE



Kettenform: Streptokokken



Haufen- oder Traubenform: Staphylokokken



Kaffeebohnenform: Gonokokken

keit, kann der Zellkern in seiner Entwicklung das Protoplasma überholen und umgekehrt.

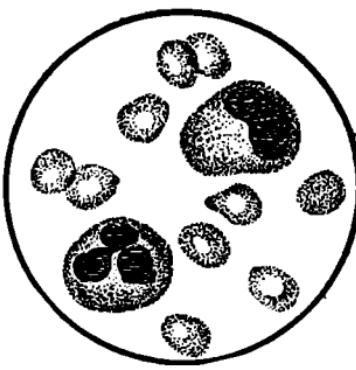
Einige Erkrankungen des Blutsystems wollen wir genauer behandeln, und zwar solche, bei denen die Erscheinung aller Stufen der Blutbildung, die normalerweise im Knochenmark auftreten, manchmal im Blut beobachtet werden kann.

Bei einer besonderen Form der Blutarmut, die man früher die bösartige Blutarmut oder perniziöse Anämie nannte, liegen starke Störungen im Reifeprozess der Erythrozyten vor.

Diese Krankheit schleicht sich an den Menschen gewöhnlich unbemerkt und heimlich heran. Anfangs fühlt der Patient nichts außer Müdigkeit, Schläfrigkeit und einer unbestimmten allgemeinen Gleichgültigkeit. Später aber werden diese Symptome immer stärker, der Appetit schwindet völlig, der Patient wird schwächer, und häufig endet die Krankheit tödlich.

Was geht hierbei im Blut und in den blutbildenden Organen vor? Wesentliche Veränderungen treten im Knochenmark auf; wir finden in ihm große rote Blutzellen mit großem Zellkern, die Megaloblasten. Diese Zellen, deren Erscheinen für diese Erkrankung kennzeichnend ist, können sich nicht in reife Erythrozyten verwandeln, und so treten im Blut Erythrozyten auf, die einen Zellkern enthalten.

Manchmal wird bei den Patienten eine zeitweilige Besserung beobachtet. Das trifft mit der Erscheinung junger, roter, kernloser Zellen im Blut zusammen, die jedoch ein dünnes Netz aufweisen, das sich blau färbt. Es sind Retikulozyten, die sich dann in reife kernlose Erythrozyten verwandeln. Das Erscheinen von Retikulozyten ist ein günstiges Symptom.



Manchmal aber stellt sich nach einer scheinbar günstigen Wendung eine Verschlechterung heraus. Der Patient wird von der Schlafsucht überwältigt, und die Tätigkeit seines Herzens und des Blutkreislaufs wird erheblich schwächer. Einen Kranken in diesem Stadium zu retten, ist sehr schwer. Den Forschern gelang auch hier, das Rätsel zu lösen und die Ursachen der Krankheit festzustellen.

Der Weg hierzu war lang und schwierig. Sowjetische Wissenschaftler haben viel dazu beigetragen, das Problem zu lösen. Der Erfolg blieb denen, die zu vergleichen und analysieren verstanden, die wissenschaftliche Vermutungen aufstellten und diese durch Versuche überprüften, nicht versagt.

Die langjährige Arbeit des Arztes Alexander Nikolajewitsch Krjukow über die Ursachen der bösartigen Blutarmut, die noch in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts als unheilbar angesehen wurde, ist ein treffendes Beispiel solcher wissenschaftlichen Forschungen. Krjukow war als Arzt in Mittelasien und befaßte sich mit der Erforschung und Heilung einer dort unter dem Namen „Sprue“ in warmen Ländern, darunter auch im holländischen Kolonialbesitz am Äquator, bekannten Krankheit. Der Name stammt aus dem Holländischen und bedeutet soviel wie „Schaum“.

Sichere und immer auftretende Symptome sind Verdauungsstörungen mit nachfolgender Blutarmut. Der Farbindex des Blutes¹ steigt. Das bedeutet, daß die Gesamtmenge der Erythrozyten im Blut geringer wird, wobei jedoch jeder Erythrozyt eine größere Hämoglobinmenge enthält.

Bei der Untersuchung der Symptome und des Verlaufs der Erkrankung wurde Krjukow auf die merkwürdige Ähnlichkeit einer Reihe von Symptomen aufmerksam, die sich bei Sprue und bei bösartiger Blutarmut zeigen. Auch bei dieser ergibt sich ein erhöhter Farbindex des Blutes, und bei schweren Formen von Sprue werden im Knochenmark des Pa-

¹⁾ Als Farbindex des Blutes wird das Verhältnis zwischen der Hämoglobinmenge und der Zahl der Erythrozyten bezeichnet.

tienten wie auch bei perniziöser Anämie Megaloblasten gefunden.

Krjukow stellte noch etwas anderes fest. Es war bekannt, daß der Zustand eines an Sprue erkrankten Menschen sich erheblich bessert, wenn er als Nahrung hauptsächlich eiweißhaltige Stoffe, zum Beispiel Fleisch zu sich nimmt. Wird sich nun auch der Zustand eines an bösartiger Blutarmut erkrankten Menschen bessern, wenn wir ihn mit Fleisch ernähren? Versuche ergeben, daß es tatsächlich zutrifft. Die Patienten bekamen rohe Leber zu essen und es ging ihnen zusehends besser. Der Appetit stellte sich ein, sie wurden viel munterer, und auch die normale Zusammensetzung des Blutes wurde wieder erreicht.

Der Verlauf beider Krankheiten und auch die Heilmethoden waren in vielem ähnlich. Nun erhob sich die Frage: Welche Beziehung hat die Leber zur Blutbildung im Knochenmark? Wie trägt die als Nahrung genossene Leber zu der Wiederherstellung des normalen Blutbildes bei?

Es ergab sich die Folgerung: Die bösartige Blutarmut, die bis dahin nur als eine Krankheit des Blutes angesehen wurde, ist in Wirklichkeit auch mit einer Störung der Verdauungsgänge verbunden.

Die Vermutung bestätigte sich. Sprue und perniziöse Anämie werden durch Mängel in der Ernährung hervorgerufen, und zwar durch Fehlen des Vitamins B₂ in der Nahrung. Sein Fehlen, Mangel an einigen andern Vitaminen, aber vor allem an Eiweiß, hatten zur Folge, daß der Magen nicht die Stoffe produzierte, die Störungen in der Leistung des Knochenmarks verhindern. Die Ärzte nennen diese Stoffe, die im Magen produziert und in der Leber gespeichert werden, den „antianämischen Faktor“.

Heute bekämpfen wir die bösartige Krankheit mit Erfolg. Der Patient nimmt auf einmal eine größere Menge eines aus der Leber gewonnenen Extrakts ein, da werden in kurzer Zeit alle Megaloblasten im Knochenmark durch Erythronormoblasten ersetzt, die für den Organismus erforder-

lichen kernlosen Erythrozyten erzeugen. Die bösartige Blutarmut ist heute nicht mehr bösartig und gehört zu den gut heilbaren Krankheiten.

Wir sprachen von zwei Arten der Blutarmut, der Anämie, die als Folge erheblicher Störungen einer Reihe wichtiger Organe des Blutsystems und des Verdauungssystems auftreten. Die einfachste Form der Blutarmut ist eine Anämie, eine starke Verringerung der Menge an Hämoglobin und an Erythrozyten, die nach einer heftigen Blutung auftritt. Der Blutverlust wirkt als starker Reizfaktor, hauptsächlich durch den Sauerstoffhunger, auf das Knochenmark, das den Verlust in kurzer Zeit wieder ausgleicht. Wenn die verlorene Blutmenge nicht übermäßig groß ist, wenn außerdem nicht irgendwelche sekundären Veränderungen auftreten, mobilisiert der Organismus die Flüssigkeitsreserven aus den Geweben, und die Flüssigkeitsmenge des Blutes erreicht den alten Stand.

Es gibt aber auch Anämien anderer Art, sogenannte sekundäre Anämien, die Begleiterscheinungen verschiedener Krankheiten sind, wie zum Beispiel der Nierenentzündung, der Nephritis.

Eine schwere Erkrankung ist die Krankheit der weißen Blutkörperchen, bei der sich die Zahl der Leukozyten erhöht oder verringert.

Sinkt die Zahl der Leukozyten in einem Kubikmillimeter Blut unter 4000, so sprechen wir von Leukopenie. Sie wird durch viele verschiedene Ursachen hervorgerufen; am häufigsten ist sie die Folge von Störungen in der Tätigkeit des Knochenmarks, dieses wichtigsten blutbildenden Organs.

Längere Bestrahlung mit Röntgenstrahlen oder durch Radium, wie sie bei einigen Infektionskrankheiten angewandt wird, kann zu Leukopenie führen.

Es kann umgekehrt das Blut von Leukozyten buchstäblich überschwemmt werden. Ihre Zahl steigt bis zu einer Million in einem Kubikmillimeter Blut an, und dabei erscheinen

junge Leukozytenformen, die wir sonst gewöhnlich nur im Knochenmark finden.

Die Ursachen dieser Krankheit, die früher Weißblütigkeit genannt wurde, sind noch nicht genügend geklärt; ihrem Wesen nach ist sie eine eigenartige, gefährliche Erkrankung des Blutes. Zur Erleichterung für die Kranken hat der sowjetische Wissenschaftler L. F. Larionow die Anwendung des in der Sowjetunion synthetisierten Präparats Embichin vorgeschlagen.

Die Ursachen für Erkrankungen des Blutsystems und die Erkrankungen selbst sind so vielzählig und verschiedenartig, daß wir nur einige kurz streifen konnten. Es soll aber unterstrichen werden, daß bei Krankheiten des Blutsystems zwar in erster Linie und hauptsächlich die blutbildenden Organe in Mitleidenschaft gezogen werden, daß aber bei der Untersuchung nach der Lehre I. P. Pawlows immer von der Ganzheit des Organismus und von der Teilnahme des Nervensystems an der Entstehung der Krankheiten auszugehen ist.

DIE AUFGABE DES BLUTES IM ORGANISMUS

Was wir bisher besprachen, führt zu den Fragen: Wodurch ist die komplizierte Zusammensetzung des Blutes zu erklären? Warum enthält das Blut solche Vielfalt in Form und Aufbau verschiedenartiger Zellen? Welche Bestimmung haben sie? Worin besteht, kurz gesagt, die Aufgabe des Blutes im Organismus?

Blut ist das flüssige Medium, das die Organe und Gewebe unseres Körpers umspült. Die chemische und die physikalische Zusammensetzung des Blutes ergeben in gewissem Maße den normalen Verlauf des Stoffwechsels in den Geweben. Hierdurch wird das Blut zu einem Bindeglied für die Lebenstätigkeit der einzelnen Organe.

Je vollkommner ein Organismus ist, um so konstanter muß das Medium zur Sicherung seiner Existenz sein. Bakterien-

zellen, die ihrem Aufbau nach einfachsten Lebewesen, können gleich gut im Wasser, in der Luft und im Boden leben. Die schon komplizierter aufgebaute Amöbe lebt in Süßwasser, stirbt aber im Salzwasser des Meeres ab. Die Zellen des menschlichen Körpers jedoch, die ihrem Aufbau und ihrer Bestimmung nach besonders vollkommen sind, erfordern ein ganz besonderes und gleichbleibendes Medium. Ein solches Medium ist das Blut.

Die geringsten Veränderungen in seiner Zusammensetzung, im osmotischen Druck, in der Temperatur, in der Konzentration der Salze, Vitamine und Nährstoffe (z. B. Glukose) wirken sich sofort auf den Zustand aller Körperzellen aus. Um ihre normale Existenz zu sichern, muß eine gleichbleibende physikalische und chemische Zusammensetzung des Blutes ständig aufrechterhalten werden.

Charakteristisch für das Blut ist eine stets gleichbleibende Reaktion, und zwar stellt es eine schwach basische Flüssigkeit dar. Selbst sehr geringe Verschiebungen durch Erhöhung des Gehalts an Basen oder Säuren können sich auf unsern Organismus tödlich auswirken. Ein Forscher charakterisiert die Empfindlichkeit für die geringsten Änderungen mit folgenden Worten:

„Stellen wir uns ein Gerät vor, das wir in ein Meer versenken und das in seiner Arbeit gestört würde, wenn aus diesem Meer auch nur ein einziger Eimer Wasser entnommen wird.“ Der Vergleich kann einem unwahrscheinlich vorkommen, aber auf das Blut trifft er zu.

Der gesamte Organismus trägt dazu bei, daß das Blut in seinen Eigenschaften unverändert bleibt. Bewirkt wird es in erster Linie durch die regulierende Tätigkeit des zentralen Nervensystems, der Drüsen der inneren Sekretion, der Verdauung, der Atmung und der Harnausscheidung.

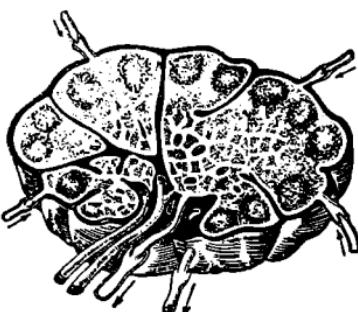
Wir sprachen schon davon, welche Rolle den Leukozyten im Kampf des Organismus gegen Infektionen verschiedener Art zufällt. Natürlich sind die Leukozyten in einem lebenden Organismus nicht die einzige Schutzeinrichtung. Heute

sind viele andere bekannt, die den Kampf gegen Mikroben führen und ihrem schädlichen Einfluß vorbeugen.

Erscheint es nicht sonderbar, daß das Auge, zu dem alle Mikroben freien Zutritt haben, so selten erkrankt? Es erklärt sich vor allem daraus, daß die Tränenflüssigkeit, die das Auge umspült, ein aktives Lysozym enthält, in dem die auf den Augapfel geratenen Mikroben abgetötet werden. Auch im Speichel von Mensch und Tier ist ein Lysozym enthalten. Tiere lecken ihre Wunden, weil das Lysozym im Speichel die Heilung begünstigt. Manchmal aber kommen Mikroben durch alle Hindernisse und geraten in den Organismus. Wenn Leukozyten und Lysozym sie nicht erledigen konnten, mobilisiert der Organismus seine Reserven, und es stellt sich den Mikroben noch eine Abwehr entgegen. das sind die Lymphgefäß und die Lymphdrüsen.

Die Lymphknoten leisten sehr hartnäckigen Widerstand, sie wirken als ein dichtes Filter gegen die Mikroben. Die meisten sind dort angeordnet, wo Bakterien am leichtesten in den Organismus gelangen können, in der Nähe der Mund- und der Nasenhöhle. Die Mandeln im Halse sind die größten Lymphdrüsen. Nun geschieht es aber, daß die Bakterien alle Hindernisse passieren und ins Blut geraten. Dann gibt es auch hier noch einen Schutz, besondere bakterizide Stoffe, die die Mikroben töten.

Sowjetische Wissenschaftler haben aus Erythrozyten einen Stoff ausgeschieden, der im Blut ähnlich wirkt wie die Antibiotika, der Bazillen der Diphtherie und einiger anderer Krankheiten tötet und dem sie die Bezeichnung Erythrin gegeben haben.



Lymphknoten

Infolge besonderer darin vorhandener Stoffe spielt auch das Blutplasma eine wichtige Schutzrolle.

Wenn in den Organismus eines Tieres fremde Eiweiße geraten, die für ihn giftig wirken, sucht sie der Organismus mit eigenartigen natürlichen Gegengiften, Schutzstoffen, den Antikörpern, unschädlich zu machen. Wahrscheinlich sind es Produkte der Leukozyten und der Retikuloendothelialzellen. Der Überschuß dieser Antikörper wird von den Phagozyten an das Blutplasma und die Lymphe abgegeben. Mikroben, die aus fremden Eiweißen bestehen (sie werden auch Antigene genannt), rufen beim Eindringen in den Organismus eines Tieres die Bildung der Antikörper hervor, die gerade gegen diese Art von Mikroben wirksam sind.

Solche Antikörper, die gegen die von den Mikroben ausgeschiedenen Toxine gerichtet sind, werden als Antitoxine bezeichnet.

Manchmal antwortet der Organismus auf die krankheitserregernde Wirkung der Mikroben nicht durch Bildung von Antitoxinen, sondern von anderen Antikörpern, die ein Ausfällen, eine Agglutination, das heißt Zusammenkleben, oder eine Auflösung der Mikroben bewirken.

Wenn wir zum Beispiel Typhusbazillen in das Blut oder das Blutserum eines gesunden Menschen bringen, wird nichts Besonderes erfolgen. Wenn wir jedoch diese Bakterien in das Blut eines Menschen bringen, der an Typhus erkrankt ist oder diese Krankheit einmal überstanden hat, erfolgt eine Agglutination der Typhusbazillen. Die ausgefällten Bazillen lösen sich dann allmählich auf, oder manchmal werden sie auch von den Leukozyten angegriffen und vernichtet. Die Fähigkeit der Leukozyten zum Ergreifen der Bazillen wird durch die Antikörper stark gesteigert.

Das Blut eines Typhuskranken kann nur Typhusbazillen agglutinieren, nicht aber Diphtheriebazillen; umgekehrt gilt das gleiche, und deshalb wird die Ausfällungsreaktion häufig als Hilfsmittel bei der Diagnose angewandt.

Wenn ein Organismus den Angriff der Mikroben mancher Infektionskrankheiten abgeschlagen und sie besiegt hat, sind diese Mikroben dem Menschen nicht mehr gefährlich, ist der Organismus immun geworden, unempfänglich gegen diese Krankheit. Es wird durch die Antikörper geschützt, die für sein ganzes Leben in seinem Blute verbleiben.

Manchmal freilich wird auch umgekehrt beobachtet, daß der Mensch gerade nach der Genesung eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber der Krankheit aufweist. So ist es zum Beispiel bei Angina, Halsentzündung, oder Pneumonie, Lungenentzündung. Der Rückfall verläuft aber stets leichter als die erste Erkrankung.

Die im Organismus entstehende natürliche Immunität brachte die Forscher auf den Gedanken, nach Wegen zu einer künstlichen Immunität zu suchen. Ihre Versuche hatten Erfolg, und heute verfügt die Medizin über Mittel zum Kampf gegen Infektionskrankheiten, indem durch Impfen eine künstliche Immunität herbeigeführt wird. Entweder wird der Organismus gezwungen, aus eigenen Kräften Schutzmittel hervorzubringen, was wir als aktive Immunität bezeichnen, oder diese Schutzmittel werden von außen in den Organismus eingeführt. Dies bezeichnen wir als passive Immunität.

Ein Beispiel für aktive Immunität ist die Schutzimpfung gegen Pocken, bei welcher der Mensch künstlich mit einer Vakzine angesteckt wird, die Pockengift enthält. Er wird dadurch immun gegenüber den schwarzen Pocken, an denen früher Hunderttausende gestorben sind.

Ein Beispiel für passive Immunität, bei der die Schutzstoffe schon in fertiger Form dem Organismus zugeführt werden, haben wir in der Diphtherie-Impfung. Das Diphtherie-Serum wird in folgender Weise gewonnen: In besonderen Brutschränken werden Diphtheriebazillen gezüchtet. Die Bazillen werden einer Sonderbehandlung unterworfen, und man erhält eine Flüssigkeit, die keine Bazillen mehr, sondern nur das von ihnen ausgeschiedene Gift aufweist. Es wird längere

Zeit hindurch in immer größeren Mengen einem Pferd unter die Haut gespritzt. Im Blut des Pferdes bilden sich Antikörper. Allmählich werden die Tiere gegen das Diphtherie-gift immun und vertragen sehr große Dosierungen. Dann wird aus dem Blut der Pferde Serum hergestellt, und dieses Serum weist die Schutzeigenschaften auf, die man haben will. Wenn man es in die Blutbahn eines an Diphtherie erkrankten Menschen einführt, hilft es dem Organismus, die Krankheit zu überwinden.

Manchmal bilden sich in einem Organismus schon Immun-Körper im Augenblick seiner Geburt; dann können wir von angeborener Immunität sprechen. Sie ist der Grund dafür, daß Menschen und Tiere an bestimmten Krankheiten nicht erkranken, der Mensch zum Beispiel nicht an Rinderpest, Hühner, Tauben und Kaninchen nicht an der sibirischen Beulenpest. Solche angeborene Immunität läßt sich ziemlich ausreichend aus der Phagozytentätigkeit erklären. Wenn Sporen der Beulenpest in den Organismus eines Kaninchens gelangen, werden sie von den Leukozyten ergriffen und verdaut.

Wir haben kurz die wesentlichen Elemente des Blutes und ihre Funktionen kennengelernt, wir wissen, wie die Erythrozyten gebaut sind, und haben erfahren, wie wichtig ihre Rolle für den Transport des Sauerstoffs und für den Gas-austausch ist. Wir wissen, was die Leukozyten darstellen, und welch treue Beschützer des Menschen sie sind im Kampf gegen die unzähligen Horden seiner unsichtbaren Feinde, der Mikroben, und auch die Schutzrolle des Blutplasmas haben wir kurz erwähnt.

Weiter haben wir die Rolle der Blutplättchen, der Thrombozyten, bei der Gerinnung des Blutes kennengelernt. Aber hiermit sind längst nicht alle Funktionen des Blutes, nicht alle seine Aufgaben genannt. Täglich kommen mit der Nahrung eine große Menge an Eiweißen, Fetten und Kohle-

hydraten, also dem Aufbau nach komplizierte Stoffe, in unsern Organismus.

Damit diese Stoffe von jeder Zelle unseres Körpers aufgenommen werden können, müssen sie zerlegt und in einfachere Bestandteile aufgespalten werden. Der gesamte Verdauungsprozeß läuft auf diese Aufspaltung hinaus, auf die Zerlegung der ihrer Zusammensetzung nach komplizierten Nahrungsstoffe. Nach der Aufspaltung kommen die einfacheren Bestandteile der Nahrung durch die dünne Schleimhaut der Därme in das Blut und werden von diesem zu allen Zellen unseres Körpers gebracht. Die herangetragenen Nährstoffe ermöglichen das Arbeiten unserer Organe, der Muskeln und des Hirns. Die von den Zellen nicht mehr benötigten Stoffe, die Stoffwechselprodukte, werden an das Blut abgegeben und gelangen zu den Nieren, wo sie mit dem Harn aus dem Organismus ausgeschieden werden.

Außer den Stoffwechselprodukten kommen noch unmittelbar ins Blut die Hormone, Produkte aus den Drüsen der inneren Sekretion, wie der Schilddrüse, der Nebennieren, der Geschlechtsdrüsen und anderer. Hormone haben einen sehr großen Einfluß auf alle im Organismus verlaufenden Stoffwechselprozesse, auf die Arbeit der einzelnen Organe und auf das Nervensystem. Die Tätigkeit der Hormone und die Arbeit der Hormone erzeugenden Drüsen aber ist der Tätigkeit des Nervensystems unterstellt und wird von diesem gesteuert, und zwar vermittels besonderer chemischer Stoffe im Blut, die von den feinsten Fasern der Nervenenden kommen. Man nennt sie neurohumorale Stoffe oder Mediatoren. Auch die Blutzellen stehen offenbar unter dem Einfluß dieser Träger der Nervenimpulse.

Eine wahrhaft wunderbare Flüssigkeit ist das Blut!

Außer dem zentralen Nervensystem läßt sich im ganzen menschlichen Körper kaum noch ein Organ finden, dessen Tätigkeit so vielseitig und kompliziert ist wie die des Blutsystems.

Falsch wäre aber die Annahme, daß die Hauptfunktion des Blutes in der passiven Rolle eines Transporteurs der Nährstoffe und der Gase von einer Stelle zur anderen besteht. Heute werden immer mehr Forschungen veröffentlicht, die nachweisen, daß das Blut aktiv an biochemischen Prozessen teilnehmen kann, die früher nur und ausschließlich der Leber und den Nieren zugesprochen wurden. Wir meinen die Bildung der Eiweiße im Organismus.

Wir wissen, daß unser Organismus in der Hauptsache aus den gleichen Verbindungen besteht, die mit der Nahrung aufgenommen werden. Wir verzehren tierische und pflanzliche Fette, zum Beispiel Butter und Pflanzenöl, weiter Kohlehydrate in Form von Brot und Zucker, Eiweiße, die in Fleisch und Eiern enthalten sind, usw. Die Zellen unseres Körpers bestehen ebenso aus Eiweißen, Fetten und Kohlehydraten. Sie machen den Gesamtvorrat des Körpers aus, dem die Stoffe entnommen werden, die für die Muskelarbeit, die Hirntätigkeit, die Atmung usw. nötig sind.

Entsprechend dem Verbrauch der Fette, Eiweiße und Kohlehydrate und ihrem Zerfall erfolgt eine Synthese und eine Auffüllung dieser Stoffe. Die wichtigsten Organe, in denen die aktiven Prozesse der Synthese und des Zerfalls der Eiweiße bis zu den einzelnen Aminosäuren vor sich gehen, sind Leber und Nieren, und zwar erfolgt hier die Synthese nicht nur für diese Organe selbst, sondern für den gesamten Körper. Auch die Synthese der im Blut enthaltenen Eiweiße, der Albumine und Globuline, geht in der Leber vor sich.

Es hat sich herausgestellt, daß auch im Blut selbst synthetische Reaktionen verlaufen. Wenn auch das Blut hinter Leber und Nieren zurücksteht, so ist doch sein Anteil sehr erheblich, man muß nur einmal die große Menge des Blutes in Betracht ziehen.

Mit Hilfe markierter Atome, die eine genaue Feststellung der im Organismus verlaufenden Vorgänge ermöglichen, haben sowjetische Wissenschaftler eine Reihe von Eiweißumwandlungen vom Zerfall bis zur Synthese im Blut festge-

stellt. Diese Forschungen bestätigen auch, daß der lebende Organismus ein einheitliches und unteilbares Ganzes darstellt und daß Leber, Hirn oder Blut nicht getrennt betrachtet werden können.

Iwan Petrowitsch Pawlow lehrte: „... Der tierische Organismus stellt ein äußerst kompliziertes System dar, das aus einer fast unendlichen Reihe von Teilen besteht, die sowohl miteinander als auch als einheitlicher Komplex mit der umgebenden Natur in Wechselwirkung stehen“. Darüber, was nun das Verbindende und Gemeinsame für den gesamten Organismus ist, schrieb I. P. Pawlow in seinen Arbeiten, daß „... die höhere Abteilung (das zentrale Nervensystem — d. Verf.) alle im Körper verlaufenden Erscheinungen steuert...“.

DER BLUTKREISLAUF

Die komplizierten und vielfältigen Aufgaben des Blutes, von denen wir erzählt haben, können nur erfüllt werden, wenn sich das Blut in ständiger und ununterbrochener Bewegung befindet.

Der Blutkreislauf, die Bewegung des Blutes in unserem Körper, ist heute jedem Schüler in seinen Hauptzügen bekannt. Das, was heute ein elementares Wissen ist, war aber lange Zeit hindurch Gegenstand erbitterten wissenschaftlichen Streites. Die Entdeckung des Blutkreislaufs gelang William Harvey.

Es gibt von dem vor etwa 325 Jahren erschienenen Buch Harveys „Anatomische Untersuchungen der Bewegung des Herzens und des Blutes bei Tieren“ eine wunderbare Übersetzung aus dem Lateinischen in die russische Sprache, die Professor K. M. Bykov zum Urheber hat.

Harvey schreibt:

„Theoretische Untersuchungen und Experimente haben folgendes bestätigt: Das Blut geht durch Lungen und Herz infolge der Kontraktion der Herzkammern, aus denen es in

den ganzen Körper kommt, in die Arterien und Poren der Gewebe fließt und dann zuerst in feinen, später in größeren Venen von der Peripherie zum Zentrum zurückkehrt, um durch die Hohlvenen in den rechten Vorhof des Herzens zu kommen. Das Blut fließt also durch die Arterien vom Zentrum zur Peripherie und in den Venen von der Peripherie zum Zentrum in riesigen Mengen. Diese Blutmenge ist größer als jene, welche die Nahrung dem Körper geben könnte, und auch größer als jene, die zur Ernährung des Körpers notwendig ist. Es muß also gefolgert werden, daß sich das Blut bei Tieren in ständiger Kreislaufbewegung befindet. Hierin besteht nun die Tätigkeit oder die Funktion des Herzens, die durch den Herzschlag verwirklicht wird. Natürlich sind die Herztätigkeit und der Pulsschlag das gleiche.“

Diese vor mehr als drei Jahrhunderten getroffene Feststellung hat heute noch ihre Gültigkeit. Was Harvey als Gewebeporen bezeichnete, hat sich natürlich als die feinsten Blutgefäße, die Kapillaren, erwiesen. Zu Harveys Zeit kannte man sie nur noch nicht.

Unser Blut bewegt sich also in einem geschlossenen Kreis hohler Blutgefäße, den Arterien, Venen und Kapillaren.

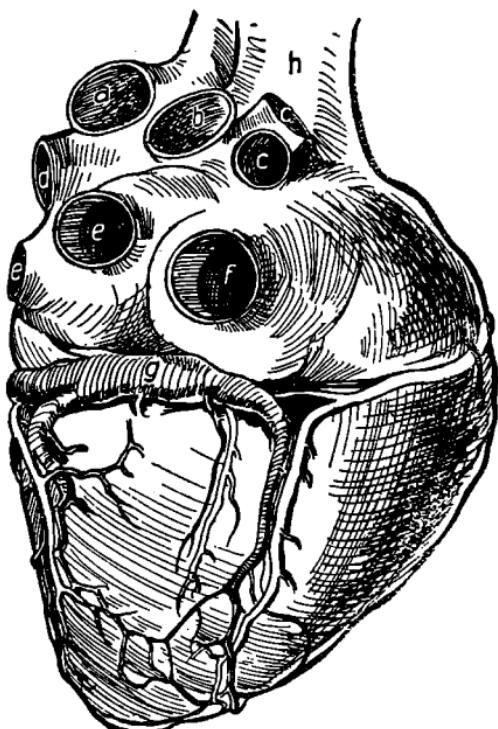
Das Herz ist das Organ, das die ganze Blutmenge in Bewegung hält.

„Das Herz der Tiere ist der Quell des Lebens, der Anfang alles Seins, die Sonne des Mikrokosmos, von der das Leben, die Frische und die Kraft des Organismus abhängen“, so schildert Harvey die Bedeutung des Herzens.

Nüchtern betrachtet, wird die Arbeit des Herzens häufig mit der einer Druckpumpe verglichen, die in ein kompliziertes System von Rohren, den Blutgefäßen, eingebaut ist. Der Kreislauf ist eine Folge des Druckgefälles, das durch die Arbeit des Herzens entsteht.

Um sich die Größe der täglichen Leistung bei einem Erwachsenen vorstellen zu können, wollen wir einen Vergleich des russischen Physiologen W. I. Danilewski anführen.

„Mit seiner täglichen mechanischen Arbeit wäre das Herz imstande, einen Gegenstand vom Gewicht eines erwachsenen Menschen über dreihundert Meter hoch zu heben; obgleich das Gewicht des Herzens nur ein Zweihundertstel des Gewichts unseres Körpers ausmacht, beträgt die tägliche Arbeit des Herzens etwa ein Zehntel bis ein Fünfzehntel der gesamten Tagesarbeit eines erwachsenen Menschen. Das Herz entwickelt durchschnittlich, auf das Gewicht umgerechnet, zehnmal soviel Energie wie der übrige Körper; die mechanische Energie des Herzens würde zum Beispiel genügen, um in einer Minute ein Gewicht von einem Kilo-



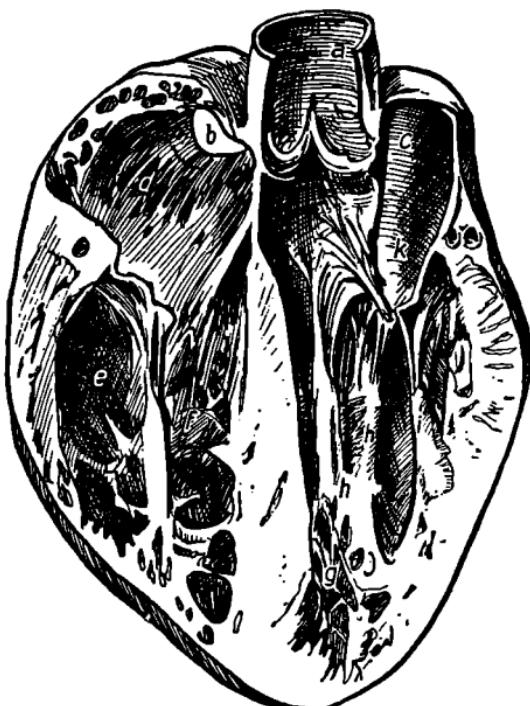
Das Herz, Außenansicht

- a) Große Körperschlagader, b) rechter Ast der Lungenarterie,
- c) rechte Lungenvenen, d) linker Ast der Lungenarterie, e) linke Lungenvenen, f) untere große Hohlvene, g) Kranzvenen, h) große obere Hohlvene.

gramm fünfzehnmal bis zur Höhe eines Schreibtisches zu heben.“

Wie ist nun dieses kleine, nur faustgroße Organ gebaut, das das ganze Leben hindurch Tag für Tag und Jahr für Jahr ununterbrochen arbeitet?

Das Herz stellt einen kleinen Muskel dar, der wie ein kegel förmiger Sack aussieht, sich im Brustkasten befindet und von allen Seiten durch die Rippen geschützt ist. Eine Muskelwand teilt es der Länge nach in eine rechte und eine linke Hälfte. Jede Hälfte besteht aus zwei miteinander in



Das Herz, Längsschnitt

- a) Große Körperschlagader, b) große Hohlvene, c) linker Vorhof, d) rechter Vorhof, e) rechte Kammer, f) Muskelbalken der rechten Kammer, g) Muskelbalken der linken Kammer, h) hinterer Papillarmuskel, i) vorderer Papillarmuskel, k) hinteres Segel der Mitralklappe.

Verbindung stehenden Abteilungen, der oberen oder dem Vorhof und der unteren oder der Herzkammer. Da die Abteilungen eine verschiedenartige Arbeit leisten, ist die Dicke der Muskelwände nicht gleich. Die linke Herzkammer stellt eine stärkere Pumpe dar als die rechte und hat deshalb eine dreifach dickere Muskelwand.

Wie die Blutgefäße, so ist das Herz mit einer Schicht glatter sogenannter Endothelialzellen ausgekleidet. Sie schützt, wie wir wissen, das Blut vor dem Gerinnen.

Das innere Herzgewebe bildet zwei Arten von Herzkappen. Die einen sind an jeder Seite zwischen Vorhof und Herzkammer angeordnet; in der rechten Herzhälfte werden sie als zweizipflige oder Mitralklappen und in der linken als dreizipflige Klappen bezeichnet. Die andern sind die halbmondförmigen Klappen (Taschenklappen); sie befinden sich zwischen den Herzkammern und den Arterien. Bis auf eine Stelle ist die Muskulatur der Vorhöfe von der der Herzkammern vollständig getrennt. In den rechten Vorhof münden die obere und die untere Hohlvene, in den linken Vorhof vier Lungen- oder Pulmonalvenen.

Die Herzwand weist drei Schichten auf, die äußere oder das Epikard, die innere oder das Endokard und die mittlere oder das Myokard.

In den Vorhöfen ist die Muskelwand verhältnismäßig dünn und besteht nur aus zwei Schichten; aber die Herzkammern haben eine größere Arbeit zu leisten und weisen dementsprechend dickere, aus drei Schichten bestehende Muskelwände auf. Außerdem hat das ganze Herz noch ein eigenständlich aufgebautes System von Muskelfasern, dessen Aufgabe darin besteht, daß es Reizungen im Bereich des Herzens verbreitet und weitergibt.

Der komplizierte Aufbau des Herzens entspricht seiner komplizierten Tätigkeit.

Die Arbeit des Herzens beginnt mit dem Zusammenziehen des rechten Vorhofes, das schnell auf den linken Vorhof übergreift. Beim gesunden Menschen dauert dieser Vorgang

nur 0,1 Sekunde. Danach ziehen sich gleichzeitig beide Herzkammern zusammen, was nur 0,3 Sekunden dauert; in diesem Zeitraum erfolgt die Erschlaffung der Vorhöfe. Anschließend erschlaffen auch die Herzkammern. Dieses dauert 0,5 Sekunden. Etwas später (0,1 Sekunden), bei noch schlaffen Herzkammern, beginnen sich die Vorhöfe wieder zusammenzuziehen, womit der nächste Herzschlag begonnen hat.

Die Dauer eines ganzen Zyklus der Herzarbeit beträgt etwa 0,8 Sekunden.

Das Zusammenziehen der Herzmuskeln erhöht den Druck des im Herzen befindlichen Blutes, das in Richtung des Druckgefäßes in die Blutgefäße fließt. Ein Rückfluß des Blutes aus den Arterien in das Herz ist nicht möglich; er wird durch die Herzkappen verhindert.

Bei einigen Herzerkrankungen treten Herzkappenfehler auf. Die Herzkappen können schrumpfen, kleiner werden und die Öffnungen nicht mehr völlig schließen, und eine gewisse Blutmenge fließt dorthin zurück, woher sie eben erst herausgepreßt wurde. Dann muß das Herz eine zusätzliche Arbeit leisten; der Herzmuskel wird überlastet. Die sogenannten Herzfehler entstehen also infolge krankhafter Veränderungen der Herzkappen.

Wenn wir unser Ohr an die linke Brustseite eines Menschen drücken, hören wir deutlich ein tiefes und dumpfes Geräusch, das durch die Kontraktion, die Zusammenziehung des Herzmuskels entsteht; das zweite, klarere und hellere Geräusch entsteht beim Schließen der Taschenklappe. Wenn wir den Herzschlag eines Menschen abhören, der an einem Herzfehler oder richtiger gesagt an einem Herzkappenfehler leidet, zum Beispiel einer Taschenklappe, bei dem eine gewisse Blutmenge aus den Adern in die Herzkammern zurückfließt, dann hören wir an Stelle eines klaren zweiten Herztones ein Geräusch, das durch die Bewegung der Flüssigkeit durch eine enge Öffnung entsteht. Wenn die andern Herzkappen einen Fehler aufweisen, hören wir an Stelle des ersten, tiefen Herztones gleichfalls ein andersartiges Geräusch.

Weshalb füllt sich aber das Herz mit Blut? Welche Kräfte wirken hier?

Im Ergebnis einer Herzkontraktion ist ein Teil der Bewegungskraft des Blutes zum Beginn der nächsten Kontraktion noch erhalten. Beim Einatmen erfolgt außerdem ein Ansaugen von Blut durch den Brustkorb. Wir können es verstehen, wenn wir uns den Brustkorb als einen dicht geschlossenen Sack vorstellen, der beim Einatmen stark gedehnt wird; zusammen mit ihm werden auch die im Brustkorb liegenden Organe, die Lungen und das Herz mit den Blutgefäßen, gedehnt. Der Druck in einigen dieser Gefäße, den Venen und den Vorhöfen, wird aufgehoben und es entsteht ein Vakuum, wodurch Blut aus der Peripherie angezogen wird.

Das Herz wirkt also wie eine Druckpumpe, füllt sich bei Erholung der Vorhöfe mit Blut und stößt es bei der Kontraktion der Herzkammer in die Arterien. Die Blutmenge, die das Herz in einer Minute in die Blutgefäße pumpt, wird als das Minutenvolumen des Herzens bezeichnet.

Beim ruhenden gesunden Menschen beträgt dieses Volumen etwa fünf Liter; bei starken Anstrengungen kann es bis auf dreißig Liter ansteigen. Je nachdem, ob diese Anstrengungen von einem durchtrainierten Menschen oder von einem nichtgeübten Neuling verlangt werden, sind die Reserven verschieden, die zur Erhöhung dieses Volumens beitragen. Bei einem an das Laufen nicht gewöhnten Menschen wird sich auch bei kurzem Lauf der Rhythmus, die Frequenz der Herzkontraktionen, erhöhen; das Herz schlägt häufiger, um das erforderliche Minutenvolumen zu schaffen; bei trainierten Menschen ergibt sich diese Erhöhung des Minutenvolumens durch die größere Blutmenge, die das Herz bei jeder Kontraktion herausstößt.

Sehr bemerkenswert ist die wunderbare Fähigkeit des Herzens, rein automatisch zu arbeiten. Es schlägt rhythmisch auch unabhängig von äußeren Reizen. Aus dem Körper von Fröschen oder warmblütigen Tieren herausgeschnittene Her-

zen setzen ihre Kontraktionen fort, wenn sie weiter genährt werden, auch wenn alle Blutgefäße und Nerven durchschnitten sind.

Es sind viele Versuche unternommen worden, diese Fähigkeit zu ergründen; aber bis heute ist noch nicht klar, wie die automatische Tätigkeit zustandekommt. Eins ist unzweifelhaft — sie steht mit dem Stoffwechsel im Herzmuskel selbst in Zusammenhang und ergibt sich hauptsächlich durch die Nerveneinschlüsse im Herzen.

Die automatische Arbeit des Herzens, das heißt die Zahl der Herzschläge, ist bei den einzelnen Tieren verschieden und verhält sich gewöhnlich umgekehrt proportional zum Gewicht des Tieres. Beim Elefanten beträgt die Zahl der Herzschläge 25 bis 40 in der Minute, die Maus bringt es auf 520 bis 780.

Beim Menschen ändert sich der Rhythmus mit dem Lebensalter. Ein Neugeborenes hat 120 bis 140, das einjährige Kind 110 und der erwachsene Mensch 72 Pulsschläge in der Minute. Mit zunehmendem Alter nimmt die Zahl wieder etwas zu. Sogar im Laufe des Tages ändert sich die Frequenz der Herzkontraktionen und liegt morgens mit 55 bis 60 Herzschlägen in der Minute am niedrigsten.

Die automatische Tätigkeit des Herzmuskels hat ihre Grenzen, da Änderungen der Herztätigkeit bei irgendwelchen Anforderungen an den Organismus durch das Nervensystem veranlaßt werden.

Wenn wir bei einem Tier die zum Herzen gehenden Nerven durchschneiden, kann es keine intensive Muskelarbeit mehr leisten, die eine stärkere Arbeit des Herzens erfordert.

Die Herztätigkeit wird von zwei Nerven reguliert, dem Nervus vagus und dem Nervus sympathicus. Jener hemmt, beziehungsweise bremst die Arbeit des Herzens und kann es in schlafsem Zustand sogar vollkommen zum Stillstand bringen.

Den Einfluß der sympathischen Nerven auf das Herz haben die russischen Physiologen I. F. Zion und I. P. Pawlow

untersucht. I. F. Zion beobachtete eine Beschleunigung der Herztätigkeit bei Reizung der sympathischen Nerven; I. P. Pawlow entdeckte die Nervenfasern, die die Herzkontraktionen verstärken, ohne den Rhythmus merklich zu beschleunigen.

Pawlow war nicht der Mann, der sich schon mit der Beschreibung der von ihm beobachteten Erscheinung begnügte. Weshalb haben diese Fasern solchen Einfluß auf die Arbeit des Herzens? Weitere Beobachtungen machten es möglich, diese Frage zu beantworten. Es erwies sich, daß diese Nervenfasern Einfluß auf sämtliche Lebensprozesse des Organismus haben. I. P. Pawlow bezeichnete ihre Wirkung als trophisch (Trophie = Ernährung), das heißt den Stoffwechsel im Nerv und im Herzmuskel beeinflussend.

I. P. Pawlow schrieb: „Genau ausgedrückt, müssen wir unseren verstärkenden Nerv als einen solchen bezeichnen, der überhaupt alle Lebenstätigkeit des Magenmuskels beschleunigt.“

DIE BLUTBAHNEN

Das komplizierte Netz der Blutgefäße, in denen das Blut strömt, besteht aus Arterien, Venen und Kapillaren. Da der Blutdruck in jedem verschieden ist, haben sie auch verschiedene gebaute Wände.

In den Arterien fließt das Blut unter hohem Druck; deshalb haben sie dicke Wände aus mehreren Schichten verschiedener Zellen.

Dicke Wände allein genügen noch nicht, um ein ganzes Leben lang die kräftigen Stöße auszuhalten, die beim Pumpen des Blutes durch das Herz in die Arterien entstehen; die Wände der Schlagadern müssen außerdem elastisch sein und federn.

Von der größten Schlagader, die sich unmittelbar an das Herz, und zwar an die linke Herzkammer anschließt und Aorta genannt wird, zweigen sich nach dem ganzen Körper

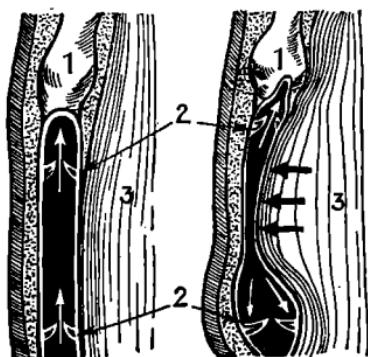
die kleineren Schlagadern ab, die Arterien. Diese teilen sich zu immer feineren Gefäßen auf, bis sie nach sehr vielen Verzweigungen zu einem dichten Netz feinster Kapillaren werden.

Die Kapillaren oder Haargefäße treffen wieder zusammen und bilden immer größere Blutgefäße, die Venen. Diese verlaufen parallel den Arterien und münden zuletzt als schon recht weite Röhren in das Herz.

Viele Venen, doch nicht alle, sind mit Klappen versehen, so daß der Blutstrom nur in der Richtung zum Herzen fließen

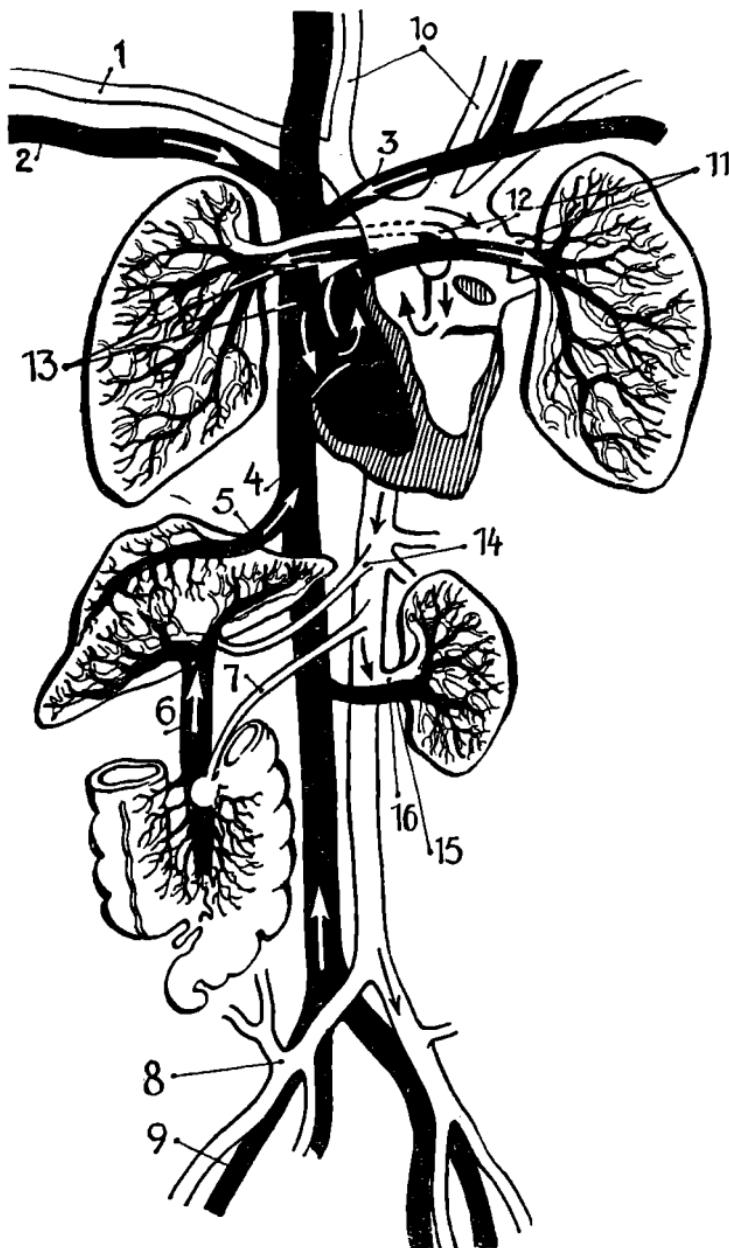
kann. Ohne diese Klappen würde uns jede Bewegung schwer fallen; das Blut würde sich in den Beinen stauen, da eine Blutsäule, die beim erwachsenen Menschen über ein Meter hoch ist, mit ihrer ganzen Last auf das Blut in den Beinen drücken würde.

Eine eigenartige Regulierung der Blutbewegung in den Venen ergibt sich beim Gebrauch der Muskeln. Die Venen liegen zwischen Skelettmuskeln. Beugen wir das



Muskelkontraktion und Blutbewegung in den Venen; links schlaffer, rechts gespannter Muskel

Bein, so verkürzen sich die Muskeln und drücken die Venen zusammen. Der Druck der Muskeln schließt die unteren Klappen in den Venen, der Blutabfluß in dieser Richtung wird gesperrt, und so strömt das Blut nach oben und öffnet die oberen Klappen. Wenn das Bein gestreckt ist, liegt die Vene frei, die oberen Klappen sind geschlossen, da auf sie kein Blutdruck einwirkt, während die unteren Klappen geöffnet sind und das von unten heranströmende Blut den betreffenden Abschnitt der Vene füllt. Deshalb ermüdet uns ein längeres Stehen, wenn die Muskeln nicht betätigt



Die großen Blutgefäße

- 1) Schlässelbeinarterie, 2) Schlässelbeinvene, 3) obere Hohlvene, 4) untere Hohlvene, 5) Lebervene, 6) Pfortader, 7) Darmarterie, 8) Weichenarterie, 9) Weichenvene, 10) Halsschlagader, 11) Lungenarterien, 12) Aorta, 13) Lungenvene, 14) Leberarterie, 15) Nierenvene, 16) Nierenarterie.

werden und der Blutbewegung nicht helfen, mehr als das Gehen.

Die Klappen in den Beinvenen sind also für den Körper sehr nützlich.

Das dichte Netz der Kapillaren kommt unmittelbar an die Gewebezellen heran. Mit diesem Netz trägt das Blut den für das Leben erforderlichen Sauerstoff und die Nährstoffe durch den ganzen Körper.

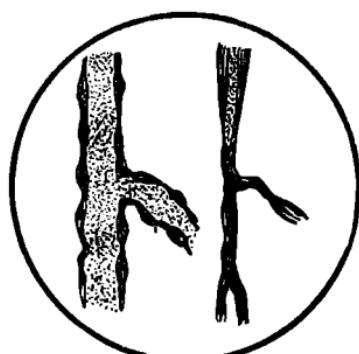
Die Kapillaren sind so beschaffen, daß der Austausch möglichst vollkommen vor sich geht. Die Wände bestehen aus einer einzigen Zellenschicht, durch die im Blut gelöste Stoffe leicht hindurchdringen. Die Berührungsfläche des Blutes mit den Gefäßwänden ist im Kapillarnetz 170 000 mal größer als in den Arterien. Einige Forscher haben berechnet, daß ein Kubikzentimeter Blut in den Muskelkapillaren eine Berührungsfläche mit den Endothelialzellen der Kapillaren von 7300 Quadratzentimetern hat.

Diese große Fläche sichert einen vollständigen und schnellen Austausch der Stoffe, besonders Austausch der Gase zwischen Blut und Gewebe. Er erfolgt in zwei bis drei Sekunden; die Gesamtlänge aller Kapillaren erreicht beim erwachsenen Menschen etwa 100 000 Kilometer, das ist das Zwei- bis dreifache der Länge des Erdäquators.

Die Menge des durch ein Organ fließenden Blutes ist durch

die Anzahl der Blutgefäße in diesem Organ begrenzt. Es wird angenommen, daß sich die Zahl der offenen Kapillaren nach der Intensität des Stoffwechsels ändert. Bei beschleunigtem Stoffwechsel ist die Zahl der geöffneten Kapillaren in einem Organ größer.

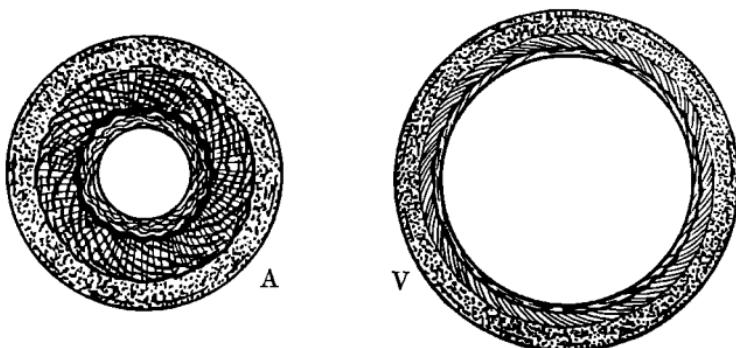
Wenn ein Muskel keine Arbeit leistet, fließt das Blut in



Erweiterte und verengte Kapillare

ihm durch eine kleine Anzahl offener Kapillaren, die „Dienst“ haben; die übrigen Kapillaren sind in der Zeit geschlossen und lassen kein Blut durch. Aber sämtliche Kapillaren können sozusagen „Dienst tun“ und können die andern ablösen.

Wenn ein Muskel arbeitet, erhöht sich die Zahl der tätigen Kapillaren um das 20- bis 30fache. In besonders kritischen Zuständen für den Organismus helfen die Blutgefäße auch

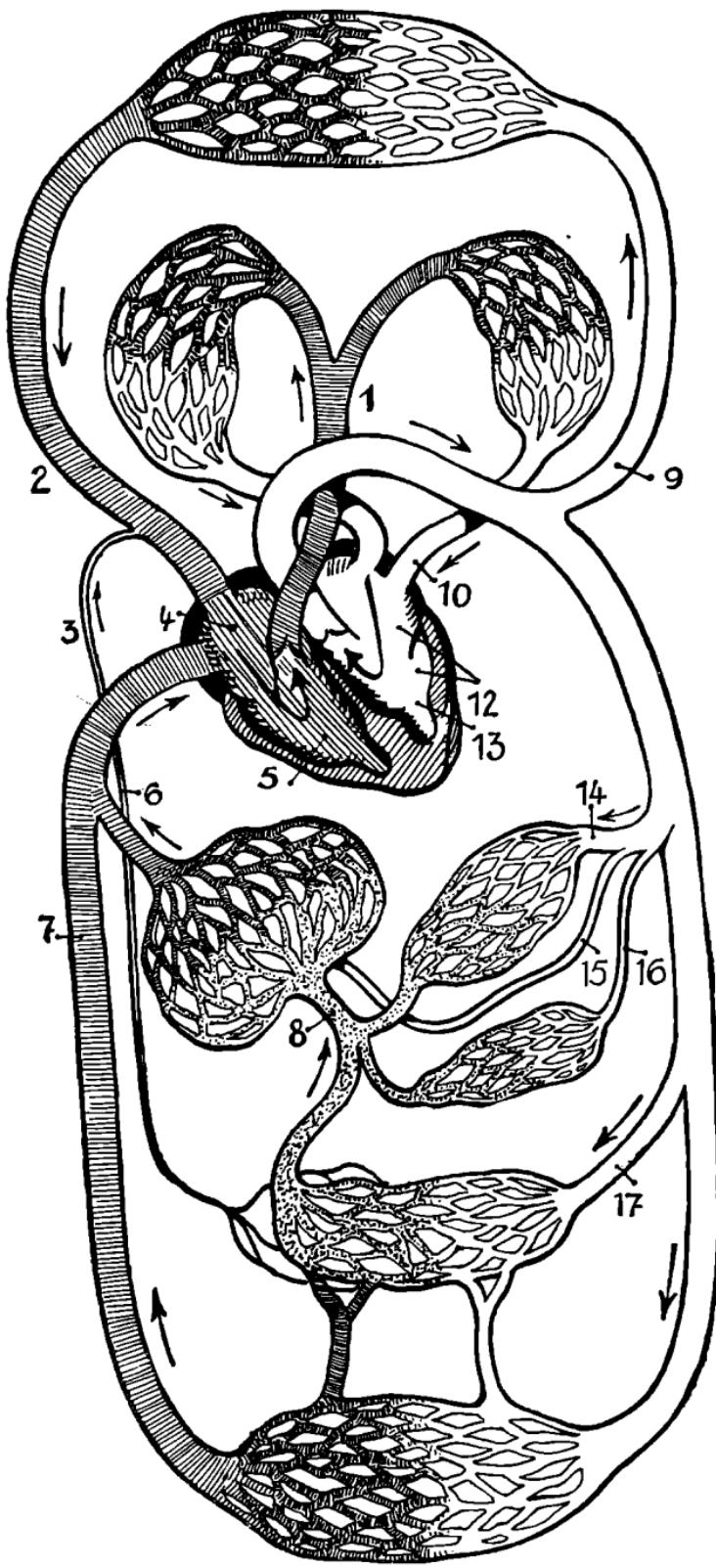


Arterie und Vene im Querschnitt

dem Herzen. Der als Medulla oblongata bezeichnete Übergang des Hirns zum Rückenmark, in dem sich das Zentrum zur Koordinierung der Tätigkeit des Herzens und der Blutgefäße befindet, gibt an die Gefäße ein Signal und veranlaßt sie, ohne Beteiligung des Bewußtseins sich stark zu erweitern und eine größere Blutmenge aufzunehmen. Sie können sich aber auch verengen und, wie bei Kälte oder bei einem Erschrecken, ein Erblassen der Haut, eine „Gänsehaut“ oder ein Gefühl hervorrufen, von dem man bildlich sagt, daß es einem „kalt über den Rücken läuft“.

Die Geschwindigkeit, mit der sich das Blut in den Blutgefäßen fortbewegt, hängt vom Querschnitt der Gefäße ab.

Der Durchmesser der Aorta ist viel größer als der einer einzelnen Kapillare; bei der riesigen Vielzahl der Kapillaren ist aber ihr Gesamtquerschnitt im Vergleich zu dem der Aorta sehr groß und dadurch auch der Blutdruck in den Kapillaren viel geringer. Deshalb fließt auch das Blut in ihnen erheb-



lich langsamer. Die Kapillaren sammeln sich zu Venen, der Gesamtquerschnitt wird wieder geringer, und die Geschwindigkeit des Blutstromes steigt an. Da aber der Gesamtquerschnitt der Venen größer ist als der Gesamtquerschnitt der Arterien, fließt das Blut in den Schlagadern schneller. Doch fließt in einer Zeiteinheit durch Arterien, Kapillaren und Venen die gleiche Blutmenge; wenn das nicht wäre, müßte sich ja das Blut irgendwo stauen.

DER BLUTDRUCK

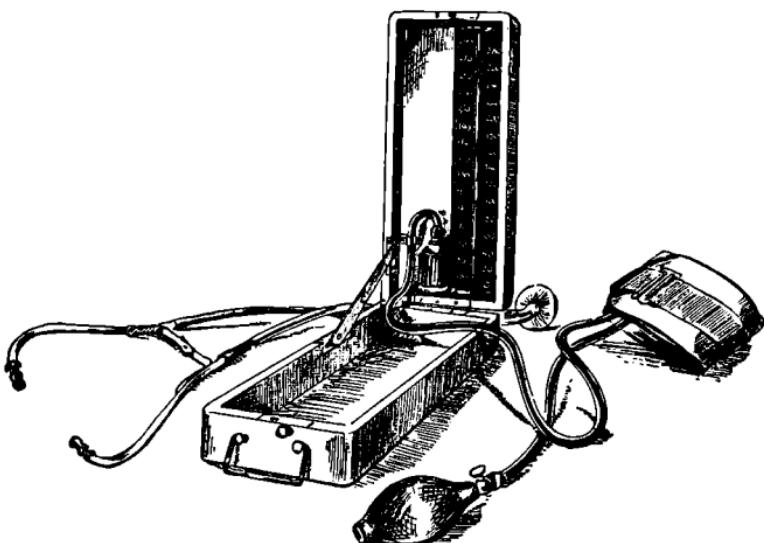
Das Blut fließt stets in Richtung des Druckgefäßes. Die Strömung des Blutes wird durch den Druckunterschied an verschiedenen Stellen des Blutgefäßsystems bedingt. Er ist nicht an allen Stellen gleich. In den Arterien und den Venen ist der dem Blutstrom entgegenstehende Widerstand gering, und hier erfolgt die Verminderung des Druckes gleichmäßig und allmählich. In den Kapillaren und Arteriolen stößt die Blutbewegung auf starken Widerstand, erstens infolge der Reibung zwischen Blut und Wänden der Blutgefäße und zweitens, weil der Durchmesser der Erythrozyten (7 Mikron) größer ist als der Durchmesser der Kapillaren (5 Mikron). Beim Durchgang durch die Kapillaren werden die Erythrozyten zusammengedrückt, und dadurch wird der Blutstrom gebremst.

In den Kapillaren und besonders in den Arteriolen beobachten wir ein starkes Absinken des Blutdruckes. Durchschnittlich entspricht der Blutdruck in der Aorta einem Druck von 100 Millimetern Quecksilbersäule; zum Ende der Herzkontraktion beträgt er 120 mm QS. und erreicht

Der Blutkreislauf

1) Lungenarterie, 2) obere Hohlvene, 3) Lymphbrustgang, 4) rechter Vorhof, 5) rechte Kammer, 6) Lebervenen, 7) untere Hohlvene, 8) Pfortader, 9) Arterien für Arm, Hals und Kopf, 10) Lungenvenen, 11) Aorta, 12) linker Vorhof, 13) linke Kammer, 14) Magenarterien, 15) Leberarterie, 16) Milzarterie, 17) Darmarterien.

hier sein Maximum. Nach dem Erschlaffen des Herzmuskels sinkt der Blutdruck auf sein Minimum von 80 mm QS. ab. Der Blutdruck in Gefäßen, die sich in der Nähe des Herzens befinden, liegt durchschnittlich ebenfalls bei 100 mm QS. Weiter entfernt vom Herzen sinkt der Blutdruck allmählich ab; in kleinen Arterien beträgt er 70 bis 90 mm, in den Kapillaren 20 bis 40 mm, in den großen Venen der Glied-



Blutdruckapparat

maßen 10 bis 12 mm, in den Hohlvenen 2,5 bis 5 mm QS. und sinkt in den Venen nahe am Herzen bis auf Null ab. In diesen Blutgefäßen hat der Druck als ein Faktor für die Blutbewegung schon keine Bedeutung mehr; hier schalten sich andere Hilfen ein.

Bei Menschen wird häufig verschiedener und veränderlicher Blutdruck festgestellt. Mit höherem Alter steigt der Blutdruck etwa nach folgender Formel an: Um den maximal zulässigen Druck zu erhalten, muß zu der Zahl 100 das Alter des Menschen hinzugezählt werden. Im Alter von 40 Jahren soll also der maximale Blutdruck bei 140 liegen.

Wenn der maximale arterielle Blutdruck die für ein gewisses Alter errechnete Höhe um 150 mm und der minimale Blutdruck sie um 80 mm Quecksilbersäule übersteigt, wenn also bei einem 30 bis 40 Jahre alten Menschen die obere Grenze über 135 bis 140 mm und die untere Grenze über 90 mm liegt, dann können wir von erhöhtem Blutdruck sprechen. Erhöhter Blutdruck oder Hypertonie entsteht nach den jetzt herrschenden Ansichten der Wissenschaftler infolge Verengung der kleinen Arterien, in deren Wänden stark entwickelte Muskeln enthalten sind, die den Widerstand beim Abfluß des Blutes aus den Arterien vermehren.

Früher wurde die Hypertonie stets entweder mit Arteriosklerose oder Nephritis (Nierenentzündung) in Zusammenhang gebracht. Das ist aber falsch, da viele Fälle einer Hypertonie ohne Arteriosklerose bekannt sind, während eine Verkalkung der Blutgefäße häufig ohne Ansteigen des Blutdruckes verläuft. Zu unterscheiden ist die Hypertonie als Symptom einer anderen Erkrankung und als selbständige Krankheit.

Unter gewöhnlichen Lebensbedingungen schwankt der Blutdruck in den Adern nur in geringen Grenzen. Die Beständigkeit des Blutdruckes wird durch das Nervensystem und durch das Blut selbst reguliert und eingehalten.

I. P. Pawlow schrieb dem Bestreben des Organismus, einen konstanten Blutdruck einzuhalten, große Bedeutung zu. Mit den vorhandenen Meßverfahren konnte man die Bedingungen und Ursachen nicht untersuchen, von denen die Konstanz des Blutdruckes abhängig ist.

Für jede wissenschaftliche Entdeckung ist aber die richtige Untersuchungsmethode entscheidend, und so wurden die außerordentlich interessanten und wichtigen Arbeiten von I. P. Pawlow zur Erforschung des Blutdruckes erst möglich, als er ein neues Beobachtungsverfahren an den Versuchstieren anwandte.

Früher erfolgten die Messungen des Blutdruckes bei Tierversuchen mit Hilfe der „blutigen“ Methode.

Um den Hund an der Bewegung zu hindern, wurde er festgeschnallt und narkotisiert; danach wurde eine Arterie durchschnitten. Das Ende dieser Schlagader verband man mit einem Röhrensystem, gefüllt mit einer Flüssigkeit, die das Gerinnen des Blutes verhindern sollte. An diese Röhren war ein Manometer angeschlossen, dessen beide U-Rohre mit Quecksilber gefüllt waren. In einem U-Rohr des Manometers wurde ein Schwimmer eingesetzt, an dem ein Hebel mit einer Schreibfeder befestigt war. Das Blut drückte auf die in den Rohren befindliche Flüssigkeit, die den Druck auf das Quecksilber übertrug; dadurch änderte sich der Quecksilberspiegel in den U-Rohren des Manometers. Die Änderung wurde in eine besondere Skala eingetragen und konnte zugleich durch den Schreibhebel auf einer Papiertrommel (Kymograph) aufgeschrieben werden.

Diese Methode ist mit vielen Mängeln behaftet. Das Versuchstier muß sich unbeweglich verhalten. Infolgedessen kann der Einfluß von Nahrung, Bewegung usw. auf den Blutdruck nicht beobachtet werden. Die Messung zu wiederholen, ist schwer möglich, da das Versuchstier gewöhnlich schon beim ersten Versuch stirbt. Deshalb hat I. P. Pawlow ein neues Verfahren entwickelt, wobei die Tiere schon vorher an die Versuchsumstände gewöhnt werden.

Ein Hund, der eingewöhnt war, konnte ohne Narkose auf dem Operationstisch angeschnallt werden. Danach wurde eine Blutader an einer der Pfoten geöffnet, das Manometer angeschlossen und der Blutdruck festgestellt. Nach solchem Versuch bleibt das Tier am Leben, und die Messung kann am gleichen Tier wiederholt werden.

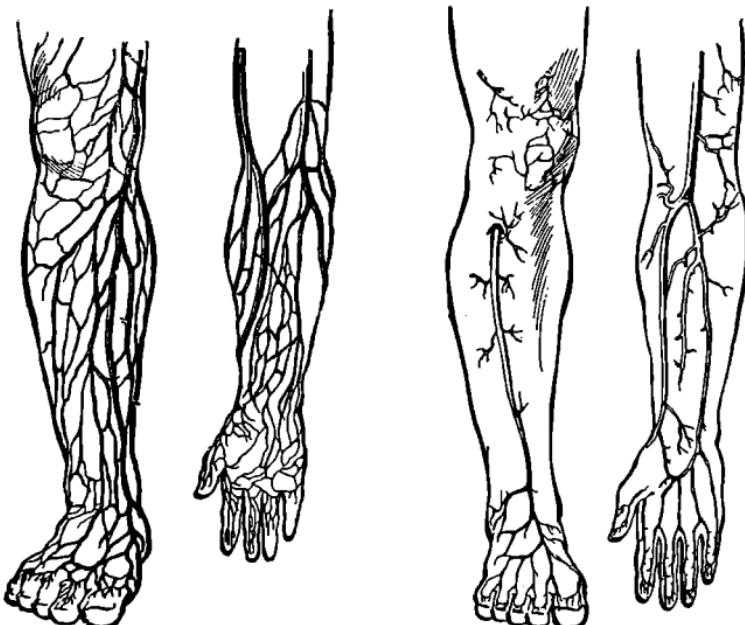
I. P. Pawlow schildert in seinen Arbeiten, wie ruhig solcher Versuch verläuft:

„Der ausgewählte Hund hatte sich an die Versuchsumstände so gewöhnt, daß er während der Operation und bei der Messung des Blutdruckes vollkommen ruhig lag; er war auf den Operationstisch geschnallt. Dadurch wurden Kurven des

Blutdruckes erhalten, die in ihrer Gleichmäßigkeit als muster-gültig angesehen werden können.“

Bei der Messung des Blutdruckes bei Tieren nach der Methode Pawlows wurden alle Mängel des früher angewandten Verfahrens vermieden.

Die richtig gewählte Methode hat gleich bei den ersten Versuchen I. P. Pawlow möglich gemacht, folgendes festzu-stellen:



Venen des Unterschenkels
und des Unterarmes

Arterien des Unterschenkels
und des Unterarmes

„Ich habe nachgewiesen“, schreibt Pawlow, „daß bei normalem Lebensverlauf der Blutdruck sich hartnäckig auf bestimmter Höhe hält, auch während langer Zeiträume und unter sehr verschiedenartigen Bedingungen, wie z. B. bei starker Flüssigkeitsaufnahme, trockener Nahrung usw.“

Wodurch ist eine so genaue Einhaltung des Blutdruckes möglich?

I. P. Pawlow war Anhänger des Gedankens von der Selbstregulierung des Blutdruckes, die darin besteht, daß jede Änderung des Blutdruckes reflektorisch über das zentrale Nervensystem eine solche Änderung in der Tätigkeit des Herz- und Gefäßsystems bedingt, durch die der Blutdruck in der Norm gehalten wird. Aus diesem Grunde geht im gewöhnlichen Leben eine Erhöhung des Blutdruckes bei ermüdender körperlicher Arbeit, bei Nervenanspannungen usw. für uns unbemerkt vorüber und gleicht sich schnell aus.

Bei erwachsenen Menschen beträgt die Gesamtmenge Blutes etwa ein Dreizehntel des Körperegewichts.

Nicht die ganze Blutmenge nimmt jedoch am Blutkreislauf teil. Eine gewisse Menge des Blutes befindet sich sozusagen in Reserve in besonderen Speichern. Solche Blutspeicher oder, wie man sie noch nennt, Blutdepots, im Organismus sind z. B. die Milz, die Leber, das Gefäßnetz der Haut und die Lungen.

Es ist festgestellt worden, daß die Milz eines Hundes mindestens 300 Kubikzentimeter Blut enthalten kann; in dieser Blutmenge sind etwa zwei Trillionen Erythrozyten enthalten, etwa ein Fünftel der Gesamtzahl der Erythrozyten im Körper des Hundes; bei Bedarf kann diese Reserve unverzüglich in den Blutkreislauf gegeben werden.

Die Leber enthält etwa die gleiche Blutmenge wie die Milz. Das Gefäßsystem der Haut speichert bis zu 10 % der gesamten Blutmenge.

Ein gesunder, normal arbeitender Organismus wird diese Vorräte gewöhnlich nicht in Anspruch nehmen. Es gibt jedoch Umstände, bei denen der Organismus die Menge des zirkulierenden Bluts erhöhen muß, etwa bei angespannter körperlicher Arbeit oder nach einer Operation. Es können auch kritischere Zustände eintreten, wie nach starkem Blutverlust, bei Sauerstoffmangel usw. In solchen Fällen ist eine sofortige Mobilisierung aller vorhandenen Blutvorräte erforderlich. Sie kann den durch eine Verletzung stark und

plötzlich veränderten Blutdruck wieder auf die normale Höhe bringen. Das Blutvolumen füllt sich zwar nur ziemlich langsam auf, hierzu sind Stunden erforderlich, aber der Blutdruck gleicht sich im Laufe einiger Sekunden aus. Das wird möglich durch Steigerung der Frequenz und Kraft der Herzschläge sowie durch Verengung aller Arterien.

BLUTÜBERTRAGUNGEN

Der Anfang der Geschichte eines der interessantesten Kapitel der Medizin, der Blutübertragung oder Bluttransfusion, wird gewöhnlich wenn nicht ins Altertum, dann bestimmt aber in das 17. Jahrhundert verlegt, genauer gesagt in die Zeit, in der William Harvey sein Buch über den Blutkreislauf veröffentlichte. Diese jetzt schon eingebürgerte Tradition in der ungeschriebenen Geschichte der Blutübertragung entspricht aber durchaus nicht der Wirklichkeit. Die einzelnen Versuche und die wenigen Experimente, die Gelehrte der damaligen Zeit an Tieren und sogar an Menschen durchführten, können keineswegs als Anfang und Ausgang dessen angesehen werden, was wir heute unter einer Bluttransfusion verstehen.

Die Geschichte der modernen Wissenschaft von der Blutübertragung beginnt in Wirklichkeit etwa Mitte des 19. Jahrhunderts und ist hauptsächlich auf den Arbeiten russischer Ärzte gegründet.

Mit dem Beginn der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nahmen russische Ärzte lebhaft und unmittelbar an den Arbeiten über die Blutübertragung teil.

Im Jahre 1830 wurde in der russischen Militärmedizinischen Zeitschrift ein Artikel von W. Hotowizki veröffentlicht, in dem er schrieb, daß die Blutübertragung in vielen Fällen das einzige Mittel zur Rettung sei, wenn eine Wöchnerin viel Blut verloren habe. Damit wird im russischen medizinischen Schrifttum zum ersten Mal die Blutübertragung erwähnt. Zwei Jahre danach, also im Jahre 1832, wurde in

Rußland zum ersten Mal eine Bluttransfusion vorgenommen. Doktor Wolf, der diese erste Blutübertragung durchführte, schreibt darüber:

„In der ersten Hälfte meiner 34jährigen Praxis als Arzt und Geburtshelfer war ich häufig Zeuge der tödlichen Folgen großer Blutverluste, die besonders bei Geburten vorkommen. Diese Fälle überzeugten mich, daß es zur Lebensrettung eines verblutenden Menschen kein anderes Mittel gibt, als eine Blutübertragung von einem andern gesunden Menschen.“

Eine Blutübertragung, durch die das Leben der Frau gerettet wurde, beschreibt Wolf wie folgt: „Im Jahre 1832 wurde ich am Karfreitag zu einer armen Frau gerufen. Sie hatte vor einigen Stunden entbunden, kämpfte jedoch infolge des hohen Blutverlustes bereits mit dem Tode. Schon halb erkaltet, mit kaum fühlbarem Puls, warf sie sich unruhig von einer Seite auf die andere und sah aus wie jemand, der an der asiatischen Cholera stirbt. Der bei der Geburt anwesende Herr Hammelmann, einer der geschicktesten hiesigen Geburtshelfer, wandte alle möglichen Anregungsmittel an, sowohl innerlich wie äußerlich, einschließlich flüchtiger Stoffe. Alle Bemühungen blieben erfolglos und hatten nicht die gewünschte Wirkung. Mit Rücksicht auf die verzweifelte Lage dieser fast sterbenden Frau entschloß ich mich, sofort eine Blutübertragung vorzunehmen, und rettete dadurch der Mutter einer großen Familie das Leben.“

So glücklich verlief die erste Blutübertragung in Rußland; vier andere Bluttransfusionen jedoch, die Wolf kurze Zeit später bei anderen Wöchnerinnen durchführte, endeten tragisch, und die Frauen starben. Wolf ging der Ursache ihres Todes nach und sprach als erster die Vermutung aus, daß es unterschiedliche Blutgruppen gibt. Er schrieb: „Die durchgeführten Versuche haben die Frage über den Einfluß und das Verhältnis des Blutes bei Säugetieren unterschiedlicher Arten auf die Blutübertragung noch nicht gelöst.“

Im Jahre 1846 erscheint in der Militärmedizinischen Zeitschrift ein Artikel des zu seiner Zeit bekannten Arztes I. W. Bujalski über die Bedeutung der Blutübertragung:

„Ich meinerseits denke und bin davon überzeugt, daß die Blutübertragung früher oder später zu den erforderlichen praktischen Hilfsmitteln gehören muß und daß sie, nachdem mehr Erfahrungen gesammelt sind, endlich ihren Platz neben den übrigen Operationen einnehmen wird, zu denen man in Sonderfällen greift.“

Im Jahre 1848 erschien ein bemerkenswertes Buch über die Blutübertragung von einem Professor der Moskauer Universität, dem Physiologen Alexei Matwejewitsch Filomafitski, unter dem Titel: „Traktat über die Blutübertragung als dem einzigen Mittel in vielen Fällen zur Rettung eines erlöschenden Lebens, zusammengestellt in historischer, physiologischer und chirurgischer Beziehung.“

A. M. Filomafitski gehörte zu den hervorragenden Menschen seiner Zeit. Schon mit 28 Jahren leitete er den Lehrstuhl für Physiologie an der medizinischen Fakultät der Moskauer Universität. Die von ihm im Jahre 1826 für seine Hörer herausgegebene „Physiologie“ war eine Bestätigung der materialistischen Weltanschauung in der Medizin. Es war das Lehrbuch für zukünftige russische Ärzte und Physiologen; nach diesem Buch studierte auch der bekannte russische Physiologe Iwan Michailowitsch Setschenow.

Im Traktat über die Bluttransfusion berichtet A. M. Filomafitski die Ergebnisse seiner Versuche mit der Blutübertragung und gibt Zeichnungen der Apparate, die von ihm entwickelt wurden. Mit seinem Assistenten Orlowski hat er viele Versuche an Tieren durchgeführt, denen zuerst eine große Blutmenge entnommen und dann durch eine Portion des gleichen Blutes, jedoch nach Ausfällung des Fibrins, ersetzt wurde. Filomafitski schrieb der Desfibrinierung des Blutes große Bedeutung zu, da „die Verdickung des Fibrins, auch wenn nur sehr wenig Fibrin im Blut verblieben ist,

leicht zur Unterbrechung der Blutzirkulation in den Haar-gefäßien führen kann“.

Filomafitski ist nahe an die Erkenntnis von der großen Gefahr des Gerinnens bei der Bluttransfusion gekommen. Deshalb nahm er hierfür nur defibriniertes, vom Fibrin befreites Blut. Die weitere Entwicklung dieser Frage finden wir in den Arbeiten des Petersburger Arztes W. W. Sutugin (1839 bis 1900), der festgestellt hat, daß das Gerinnen vermieden und daß Blut für Transfusionen auf Eis aufbewahrt werden muß.

Sowohl in Rußland wie auch in anderen Ländern bestanden die Arbeiten auf dem Gebiet der Blutübertragung eigentlich nur aus einzelnen Versuchen ohne Zusammenhang. Der häufig ungünstige Ausgang der Bluttransfusionen führte zu einer durchaus verständlichen Zurückhaltung der Ärzte, obgleich sie die Bedeutung dieses Mittels im Kampf um das menschliche Leben durchaus begriffen. Um die Blutübertragung zu einer mächtigen Waffe für die Hand der Ärzte zu machen, mußte sie zunächst zuverlässig und gefahrlos werden, nicht mit Risiko verbunden bleiben und nur auf Vermutungen begründet sein, wie es noch der Fall war.

In vielen Laboratorien verschiedener Länder begannen die Ärzte und Biologen mit der Erforschung der Eigenschaften des Blutes. Ihre Arbeiten sollten die wichtigste Frage beantworten: Weshalb verläuft die Blutübertragung manchmal günstig und in anderen Fällen tragisch und war doch in allen Fällen in gleicher Weise durchgeführt worden? Alle bekannten Vorsichtsmaßnahmen waren eingehalten worden, und trotzdem gesundeten manche Patienten, und andere starben.

Die Antwort auf diese Frage wurde erst viel später gefunden. Im Jahre 1869 beobachtete Professor Kret unter dem Mikroskop „eigenartige Veränderungen, die die roten Blutkörperchen eines Tieres im Blutserum von Tieren einer anderen Art erleiden“. Sechs Jahre später hat ein anderer Forscher, Landois, genau beschrieben, wie „in einem fremden Serum

die Erythrozyten zu einzelnen Häufchen zusammenklebten, ihre normalen Konturen verschwanden, der rote Stoff heraustrat und nur die Stromata (Gerüste) verblieben“. Landois meinte, daß in diesen Veränderungen der Erythrozyten eine der Hauptursachen für die schweren Komplikationen bei der Übertragung von Tierblut auf einen Menschen bestanden. Dieses Zusammenkleben der roten Blutkörperchen in einem fremden Serum wurde damals als Agglutination bezeichnet. Die Stoffe im Serum jedoch, die die Agglutination hervorrufen, wurden Agglutinine genannt.

Bei weiterer Untersuchung des Blutes bemerkten die Forscher mit der Zeit, daß sich die gleichen Veränderungen der Erythrozyten auch dann ergaben, wenn ein Tropfen Blut von einem vollkommen gesunden Menschen in das Blutserum eines Schwerkranken kommt. Das Serum Typhus- und Scharlachkranker agglutiniert heftig die Erythrozyten im Blut gesunder Menschen. In den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde dann genau festgestellt, daß die Agglutination durchaus nicht nur dem Blut kranker Menschen eigen ist, sondern durchwegs auch im Blut vollkommen gesunder Menschen vorkommt, wobei die Agglutinationseigenschaften bei den einzelnen Menschen verschieden sind und das Blut aller Menschen nach diesen Eigenschaften in vier Gruppen aufgestellt werden kann.

Durch die gemeinsame Arbeit vieler Forscher wurden die vier verschiedenen Blutgruppen entdeckt; dadurch erklärte es sich auch, weshalb fremdes Blut so gefährlich sein kann. Sogar in einer Familie kann bei der Mutter und den Kindern sowie bei den einzelnen Geschwistern das Blut verschiedenen Gruppen zugehören.

Die vier „klassischen“ Blutgruppen, wie man sie gewöhnlich nennt, bezeichnet man meist mit den Zahlen I, II, III, IV oder den Buchstaben O, A, B, AB. Die erste Blutgruppe wird als universal bezeichnet; dieses Blut kann an alle übertragen werden, da die Erythrozyten nicht zusammenkleben und sich in fremdem Blut nicht auflösen.

Die Entdeckung der Blutgruppen hatte eine große und entscheidende Bedeutung für die erfolgreiche praktische Anwendung der Bluttransfusion.

In der Sowjetunion begann die aktive Arbeit an der Blutübertragung erst nach der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution. Ein Pionier der Sache war der Arzt Wladimir Nikolajewitsch Schamow. Während des Bürgerkrieges stellte W. N. Schamow genormte Sera zur Bestimmung der Blutgruppen her. Er war ein eifriger Propagandist der Blutübertragung und hat in vier Jahren zehn Bluttransfusionen durchgeführt. Heute erscheint uns diese Zahl lächerlich gering, damals jedoch war es durchaus nicht wenig.

Im Jahre 1926 wurde in Moskau das Zentrale Wissenschaftliche Forschungsinstitut für Blutübertragung eröffnet, dessen Leitung schon seit vielen Jahren in den Händen von Prof. A. A. Bagdassarow liegt. Bald danach wurden in der Sowjetunion mehrere Institute für Bluttransfusionen eröffnet, und mit der Zeit entstand im ganzen Land ein weites Netz von Stationen für Bluttransfusionen.

Die Entdeckung der Bedingungen für die Eignung des Blutes zu Übertragungen bildete die Grundlage eines neuen Zweiges der Biologie und der Medizin, und zwar der Isoserologie, einer Wissenschaft, die aus der Lehre von den Blutgruppen entstand und die jetzt die Grundlage der praktischen Arbeit bei Blutübertragungen bildet.

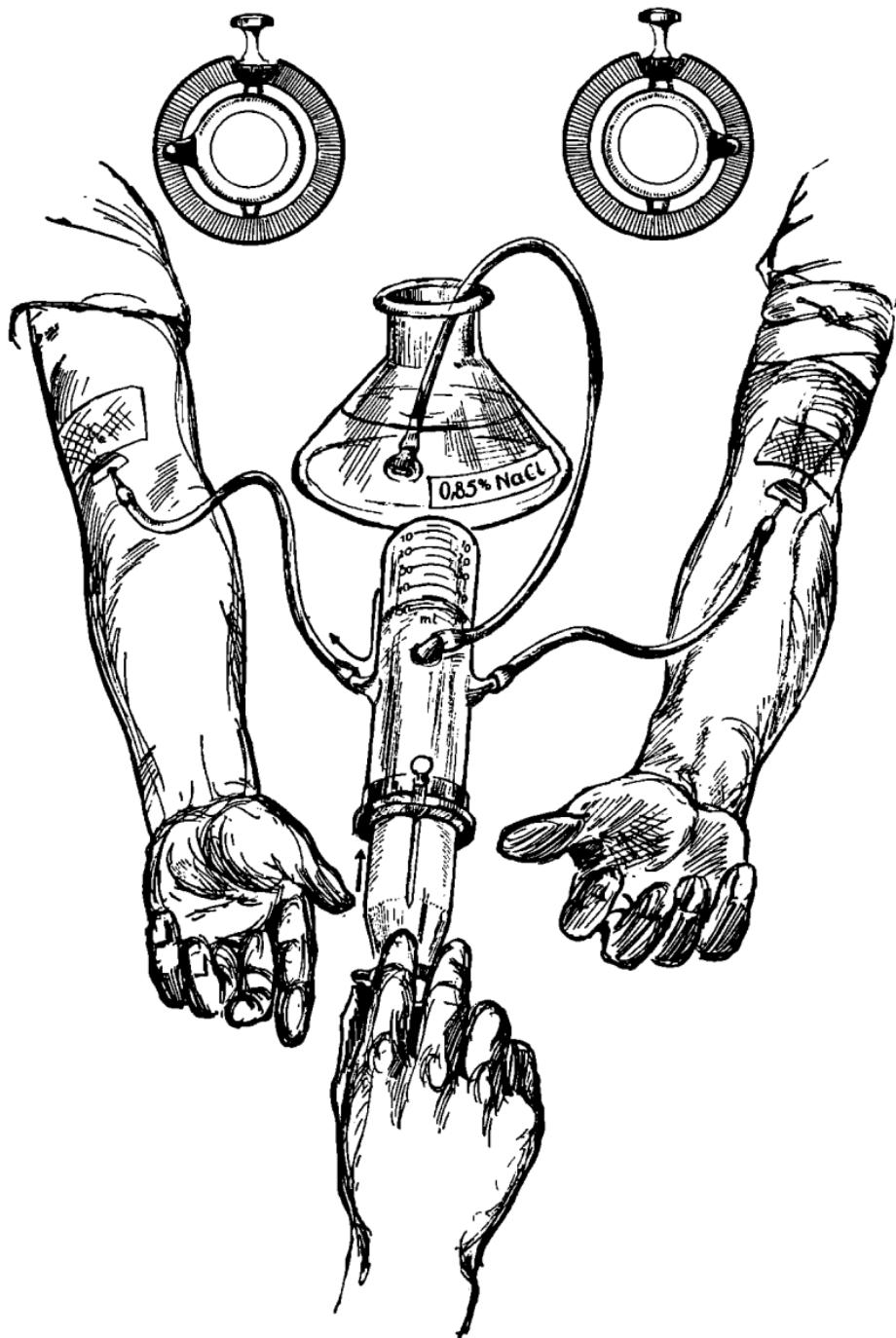
Während der vielen Jahre, die vergangen sind, seit die Forscher die Unterschiede in den Eigenschaften menschlichen Blutes entdeckten, sind noch weitere Unterschiede festgestellt worden, von denen es abhängt, ob sich das Blut verschiedener Menschen miteinander verträgt oder nicht. Diese Unterschiede können sogar im Blut der gleichen Gruppe auftreten und bildeten lange Zeit hindurch ein rätselhaftes Hindernis, das zu vielen unangenehmen Komplikationen auch dort führte, wo man sie allem Anschein nach nicht vermuten konnte.

Wir wollen diese feinen und komplizierten Dinge nicht beschreiben, die schon in das Gebiet der Chemie des Lebens gehören. Wichtig ist nur, daß außer den Blutgruppen auch noch Bluttypen und Blutfaktoren vorhanden sind, die durch solche zusätzlichen Unterschiede bedingt werden.

Die Bestimmung der Blutgruppe erfolgt heute verhältnismäßig schnell und genau. Man benutzt dazu ein genormtes Serum. Auf ein Glasplättchen oder einen weißen Teller wird ein Tropfen Blutserum, das Testserum, aufgetragen und mit einem Tropfen des zu untersuchenden Blutes vermischt; jetzt braucht nur festgestellt zu werden, in welchem der Testsera ein Zusammenkleben der Erythrozyten erfolgt und in welchem es unterbleibt. Das Zusammenkleben kann man mit unbewaffnetem Auge sehen, da im Bluttropfen kleine Körnchen erscheinen. Die Unterscheidung der einzelnen Typen des Blutes freilich verlangt erheblich feinere und kompliziertere Analysen.

Vor der Blutübertragung von einem Menschen zu einem anderen, vom Spender zum Empfänger, wird nicht nur die Blutgruppe bestimmt, sondern in jedem einzelnen Falle noch eine zusätzliche Probe der individuellen Eignung durchgeführt. Hierzu gehört die biologische Probe, die darin besteht, daß die ersten 75 Kubikzentimeter Blut in drei Portionen zu je 25 Kubikzentimetern dem Kranken eingefüllt werden, mit Pausen von 2 bis 3 Minuten. Bei Durchführung der Probe wird der Puls, die Atmung und das Aussehen des Empfängers beobachtet und nach seinem Befinden gefragt. Bei nicht geeignetem Blut tritt eine starke Beschleunigung von Puls- und Atmungsfrequenz auf, die Haut wird blaß oder bläulich, und der Patient klagt über Schmerzen in den Gliedmaßen, im Kreuz und in der Brust sowie über Übelkeit. Beim Auftreten dieser Symptome wird die Blutübertragung unterbrochen, und es wird anderes Blut genommen.

Wenn wir bisher von Blutübertragungen sprachen, meinten wir die sogenannte direkte Übertragung, bei der das Blut



des Spenders unmittelbar in die Venen des Patienten kommt. Eine solche direkte Blutübertragung weist zwar viele Vorteile, aber auch viele Mängel auf. Alle biologischen und heilenden Eigenschaften bleiben dabei fast unverändert, möglichst vollkommen und ganz erhalten. In sehr vielen Fällen jedoch, in denen eine sofortige Bluttransfusion erforderlich ist, kann sich ergeben, daß kein Spender mit der nötigen Blutgruppe zur Hand ist, und selbst wenn ein Spender greifbar ist, wird viel Zeit zur Vorbereitung einer direkten Blutübertragung verlangt, und jede Minute und jede Sekunde Verzögerung kann über Tod und Leben entscheiden.

Die Notwendigkeit bildet den Anstoß für die Ärzte und Forster, Methoden der Blutübertragung zu entwickeln, bei denen die rettende Operation nicht unmittelbar vom Blutspender abhängt, sondern unter beliebigen Umständen möglich ist. Die Aufgabe bestand also darin, Verfahren zur Aufbewahrung des vom Spender erhaltenen Blutes zu finden, bei denen es seine biologischen und heilenden Eigenschaften nicht einbüßt.

Sie ist von sowjetischen Wissenschaftlern glänzend gelöst worden. Es wurde möglich, die Blutübertragung zu einem der zugänglichsten und überall anzuwendenden Verfahren zu machen. Worin bestand diese Lösung? Sie bestand darin, daß Stoffe, man nannte sie Stabilisatoren, entdeckt wurden, die ein Gerinnen des vom lebenden Organismus entnommenen Blutes verhindern. Sichere Stabilisatoren konnten aber erst gefunden werden, als die Forscher den ganzen Verlauf der Gerinnung des Blutes geklärt hatten.

Blutübertragung, rechts Spender, links Empfänger

Der Kolben wird nach der Seite des Spenders gedreht und herausgezogen, darauf nach der Seite des Empfängers und hineingeschoben. Der Arm des Spenders wird meist etwas gestaut, um den Druck zu erhöhen, und der Spender hilft durch Pumpen der Hand. Bei größeren Mengen wird der Kolben zwischen-durch auf die Mitte gestellt und mit verdünnter Kochsalzlösung gespült. Oben die Kolbenstellung bei Entnahme und Spende.

In der Blutgerinnung sind zwei Perioden zu erkennen. Anfangs verwandelt sich unter dem Einfluß der in Wechselwirkung zueinander tretenden Kalziumsalze und der Thrombokinase das Prothrombin des Blutes in Thrombin; in der zweiten Etappe wird das Fibrinogen durch das Thrombin in Fibrin verwandelt. Ein Klumpen geronnenen Bluts ist nichts anderes als ein Fibrinklumpen.

Nachdem der Ablauf der Blutgerinnung bekannt war, suchten und fanden die Forscher solche Stoffe, die erstens eine Bildung von Thrombin verhindern und zweitens dem Fibrinogen keine Möglichkeit geben, sich in Fibrin zu verwandeln. Der beste dieser Stoffe, mit dessen Hilfe beide Ziele gleichzeitig erreicht wurden, war zitronensaures Natrium, Natriumzitrat.

Zitronensaures Natrium ist zwar das beste, jedoch nicht das einzige Mittel, das eine stabilisierende Fähigkeit aufweist. Die gleiche Fähigkeit weisen oxalsaures Natrium, schwefelsaures Magnesium, salizylsaures Natrium und folgende biologische Präparate auf: das Heparin, ein aus der Leber gewonnener Stoff, und das Synantrin, ein von sowjetischen Gelehrten 1933 entwickeltes Präparat, und in den letzten Jahren haben sowjetische Wissenschaftler einen sehr wichtigen Stabilisator des Blutes entwickelt und erforscht, das Natrog.

Das Zentrale Institut für Hämatologie und Bluttransfusion in Moskau sowie die vielen Institute und Blutübertragungsstationen in anderen Städten führen eine umfangreiche Arbeit durch, um die Wirkung der Stabilisatoren zu erforschen. Im gleichen Institut sind Apparate und Geräte entwickelt worden, mit deren Hilfe das stabilisierte Blut dem Patienten übertragen wird. Im Unterschied zur direkten Blutübertragung wird dieses Verfahren als das indirekte bezeichnet. Die Entdeckung der Stabilisatoren hatte etwas sehr Wichtiges zur Folge, und zwar die Konservierung des Blutes, eine Schaffung von Blutvorräten. Zum ersten Mal hat den Gedanken einer Konservierung des Blutes der russische Ge-

lehrte Sutugin im Jahre 1865 ausgesprochen. Er wollte Blut rechtzeitig vorbereiten, um es in eiligen Fällen bei Kranken oder auch Verwundeten im Kriege zu verwenden. Sutugin führte auch die ersten Versuche der Bluttransfusion mit konserviertem Blut durch. Obgleich er in vielem die neueren Arbeiten über die Blutkonservierung vorweggenommen hatte, mußte er weitere Versuche aufgeben, da es ihm nicht gelang, das Blut länger als 7 bis 8 Tage aufzubewahren. Im Jahre 1867 hat Rautenberg, ein anderer russischer Wissenschaftler, versuchsweise kohlensaures Natrium als Stabilisator zur Konservierung des Blutes benutzt, doch haben seine Arbeiten keine praktische Verwirklichung gefunden. Erst der 1914 ausgebrochene Krieg bewog die Ärzte, auf sie zurückzugreifen. In der Zeit von 1915 bis 1916 wurden wissenschaftliche Arbeiten veröffentlicht, in denen die Aufbewahrungsmöglichkeit konservierten Blutes bewiesen wurde; wohl zum ersten Male begann die praktische Anwendung von Blutkonserven im Felde. Freilich konnte das Blut höchstens 4 bis 7 Tage lang aufbewahrt werden.

In der Sowjetunion begann die Bearbeitung aller mit der Blutkonservierung verbundenen Fragen in großem Maßstab in den dreißiger Jahren; auch in dieser Frage hatte das Zentrale Institut für Hämatologie und Bluttransfusion die führende Rolle übernommen. Als Ergebnis der großen Arbeit, die vom Institut im ganzen sowie von einzelnen Wissenschaftlern, zum Beispiel Akademiemitglied S. I. Spassokukozki, A. A. Bagdassarow, D. N. Belenki, H. H. Wlados, F. R. Winograd-Finkel, P. S. Wassiljew u. a., durchgeführt wurden, wurden Verfahren zur Konservierung, längerer Aufbewahrung und für den Transport des Blutes ausgearbeitet.

In verhältnismäßig kurzer Zeit hat die Übertragung konservierten Blutes in der medizinischen Praxis eine weite und vielfältige Anwendung gefunden, von der man früher kaum zu träumen wagte. Die Wissenschaftler stellen an das konservierte Blut drei Forderungen: unbedingte Sterilität, keine

Hämolyse, d. h. keine Zerstörung der Erythrozyten, und biologische Vollwertigkeit. Die Sterilität der Blutkonserven, d. h. völlige Mikrobenfreiheit, wird auf einem komplizierteren Wege erreicht. Die Behälter werden sorgfältig sterilisiert, und die Blutentnahme vom Spender erfolgt in besonderen Operationsräumen bei Verwendung spezieller Apparatur. Das vom Spender kommende Blut wird sofort in ein konservierendes Medium gebracht. Als Medium dient gewöhnlich das Zitrat. Um die Gebrauchsdauer der Blutkonserven zu erhöhen, werden dem Zitrat Glukose und Antiseptika zugesetzt. In diesem konservierenden Medium ist das Blut für eine bestimmte Zeit von Hämolyse geschützt. Die Suche nach den besten Konservierungsmitteln dauert ununterbrochen an, denn diese Lösungen bedeuten das ganze Geheimnis der Blutaufbewahrung.

Auch die besten dieser konservierenden Medien schützen das Blut nicht vor Veränderungen, die es nach 30 bis 35 Tagen unbrauchbar für eine Transfusion machen.

Innerhalb dieser Zeit ist das konservierte Blut durchaus brauchbar für eine Blutübertragung; dies bedeutet jedoch nicht, daß sich das Blut in diesem Zeitraum nicht verändert. Viele Beobachtungen haben gezeigt, daß sich Zusammensetzung und Eigenschaften der Blutkonserven mit der Zeit ändern. Diese Veränderungen finden wir sowohl bei den Blutzellen als beim Plasma, jedoch werden hauptsächlich die Erythrozyten davon berührt. Infolge vieler Umstände, die wir hier wegen ihrer Kompliziertheit nicht berühren können, quellen die roten Blutkörperchen im konservierten Blut allmählich auf, verlieren ihr Hämoglobin und verwandeln sich in blasse Schatten der früheren Zellen. Auch ihre Sinkfähigkeit verlangsamt sich, die agglutinierenden Eigenschaften werden schwächer usw. Bei zu langer Aufbewahrung tritt letzten Endes eine völlige Hämolyse ein, d. h. eine Zerstörung und ein Austritt des Hämoglobins.

Viele Veränderungen der Erythrozyten kann die Glukose verhindern; deshalb wird sie auch den Stabilisatoren zugesetzt.

Die Blutübertragungsstationen bewahren die Blutkonserve in besonderen Räumen bei genau festgelegter Temperatur in Glasbehältern oder Ampullen auf, die mit der Blutgruppe und dem Entnahmedatum beschriftet sind.

Die Reihen der Blutbehälter auf den Regalen der blitzblanken und schneeweißen Kühlräume erinnern uns an die alten Volksmärchen vom Lebenswasser, das Sterbenden das entfliehende Leben zurückgibt.



Blutkonserve in der zur Spende bereiten Transfusionsflasche

In der Sowjetunion hat die Sorge um die Volksgesundheit eine Höhe erreicht, von der die Werktätigen der kapitalistischen Länder nicht einmal zu träumen wagen. Alles, was mit dieser edlen und verantwortungsvollen Arbeit verbunden ist, erfährt die besondere Fürsorge des Staates.

Deshalb steht nach Organisation und Durchführung auch der „Blutdienst“, wie in der Sowjetunion alles genannt wird, was mit der Bluttransfusion zusammenhängt, an erster Stelle unter allen Ländern der Welt.

Das mit dem Leninorden ausgezeichnete Zentrale Institut für Bluttransfusion ist in seiner Arbeit mit der großen Zahl der im ganzen Lande verstreuten Institute und Blutübertragungsstationen eng verbunden und bildet den Mittelpunkt für die vielfältige wissenschaftliche Arbeit an der unausgesetzten Vervollkommnung der Technik und Praxis der Blutübertragung.

In der Sowjetunion ist die Bluttransfusion jetzt zu einem ganz geläufigen Heilverfahren geworden. Sie ist angebracht bei starken Blutverlusten, bei Schock durch Unfälle, bei akuter Erschöpfung durch Verwundungen, bei Blutarmut, bei Ernährungsdystrophie und vielen andern Krankheiten. Bei starken Blutverlusten dient die Transfusion zum Auffüllen des Blutbestandes; eben deshalb erinnert uns der Effekt der Übertragung an ein Märchen.

Vor uns liegt ein schwer verwundeter Mensch im Sterben — ein medizinisch hoffnungsloser Fall. Es erscheint unmöglich, ihm das Leben zu erhalten. Die Transfusion erfolgt, und schon sehen wir, wie der Patient buchstäblich unter unseren Augen wieder auflebt. Die drohenden Anzeichen baldigen Todes, die tödliche Blässe, die spitze Nase, die kalten Gliedmaßen, verlieren sich. Es ist, als ob das Leben selbst wieder in den Körper eingefüllt worden wäre.

Eine Bluttransfusion wird auch angewandt, um Kranke oder Verwundete operationsfähig zu machen, und nach Operationen wird eine anregende Blutübertragung vorgenommen zur schnelleren Wiederherstellung der Kräfte.

Mit der Zeit, als mehr Erfahrungen gesammelt und Beobachtungen ausgewertet worden waren, wurde die Blutübertragung bei einer immer größeren Zahl von Krankheiten angewandt.

Heute verordnet sie der Arzt auch bei Geschwüren im Magen oder im Zwölffingerdarm, bei Erkrankungen der Leber und der Nieren, bei Infektionskrankheiten, bei Malaria und Rheuma sowie bei eitrigen Prozessen.

Die Blutübertragung wird in vielen Fällen mit der Anwendung bewährter Mittel verbunden, wie des Chinins, des Penicillins und von Sulfonamiden. Wie viele Menschen, die schon dem Tode geweiht waren, sind durch eine Blutübertragung gerettet worden, wie viele Fälle sind bekannt, in denen alle andern Mittel machtlos waren und nur die Bluttransfusion noch dem Patienten und dem Arzt geholfen hat!

Da wird ein Mann in die Klinik gebracht, der von der Lokomotive erfaßt wurde. Bewußtlos, mit zerschlagenem Kopf und zerschmetterten Beinen liegt er in schwerem Schockzustand da; der Schock ist so schwer, daß die Wunden nicht einmal bluten. Der Blutdruck beträgt 77 mm, der Puls ist kaum fühlbar.

Eine Soforttransfusion von 450 Kubikzentimetern Blut erhöht den Blutdruck auf 102 mm; die Wunden beginnen zu bluten. Der Gesamtzustand des Verwundeten bessert sich so weit, daß mit der schwierigen und langen Operation begonnen werden kann. Die Blutübertragung war für ihn die einzige mögliche Rettung.

Dann wieder rettet die Transfusion einem jungen Mädchen das Leben, das mit starken Verbrennungen an Brust, Kopf, Rücken, Armen und Beinen ins Krankenhaus eingeliefert wird.

Und solcher Beispiele gibt es unendlich viele; sie alle zeigen uns noch einmal, welch starkes und wirksames Mittel die Blutübertragung ist, gefährdete Leben zu retten.

In der Anwendung steht die Sowjetunion an erster Stelle; hier ist die Bluttransfusion ein hervorragendes humanes Mit-

tel zur Rettung von Gesundheit und Leben. Bei allen, die sie brauchen, erfolgt sie kostenlos. In welchem entfernten Winkel der riesigen Sowjetunion sich auch der Kranke befindet, in einem fernen Taigeldorf oder in schwer zugängigem Gebirge, auf die erste Anforderung hin fliegt ein Arzt mit der Blutkonserve dorthin ab.

Sowjetische Wissenschaftler haben auch viele neue Verfahren zum Ersatz des Blutes durch Transfusion von Blutserum, Blutplasma oder besonders vorbereiteten kolloiden Lösungen entwickelt.

Um den Transport und die Aufbewahrung bequemer zu machen, wird das Blutplasma eingefroren. Im Zentralen Institut für Bluttransfusion sind außerdem Verfahren entwickelt worden zur Herstellung von Trockenplasma und Trockenserum, die ihre Eigenschaften auch bei Zimmertemperatur unbegrenzt lange beibehalten.

In der letzten Zeit hat das Einspritzen der Eiweiße aus dem Blutplasma zur Aufrechterhaltung der Ernährung eine weite Verbreitung gefunden. Bei vielen Krankheiten kann der Patient nicht auf normale Weise ernährt werden, z. B. bei Krebs oder bei Verbrennungen der Speiseröhre und des Magens. Manchmal muß nach Operationen am Magen-Darm-Kanal das operierte Organ für eine Weile in Ruhe gelassen werden. In solchen und einigen andern Fällen können Eiweiße, Glukose und andere Stoffe unmittelbar in die Blutbahn eingespritzt werden. Die Eiweiße aus dem Blutplasma nehmen unter den andern Eiweißarten die erste Stelle ein, da sie in bezug auf den Zustand der Kranken die günstigsten Ergebnisse erzielen.

In der Herstellung von Plasmaeiweißen zur direkten Einspritzung ins Blut sind in der Sowjetunion erhebliche Erfolge erzielt worden. Es gelang, ein Verfahren zu entwickeln, bei dem nicht nur die flüssigen Eiweiße aus menschlichem Blut, sondern auch aus Rinderblut ohne irgendwelche ungünstigen Folgen für den Patienten in die Blutbahn eingeführt werden können.

In dieser kurzen Darstellung der Arbeit und des Kreislaufs unseres Blutes konnten wir das umfangreiche Thema nicht allseitig erfassen. Eine so große Aufgabe lässt sich nicht im Rahmen eines kleinen Büchleins bewältigen.

Mit der Erforschung des Blutes, seines komplizierten Aufbaus und seiner vielfältigen Eigenschaften befassen sich ständig viele Ärzte und Wissenschaftler der verschiedensten Fachgebiete. Noch haben sie nicht alle Rätsel des Blutes gelöst, doch wird uns die Zukunft auch den letzten Lösungen näherbringen.

ERLEBTE WELT

- BAND 2 Heinz Geiler, „Fische in Bach und Teich“
BAND 3 Ludwig Hinterthür, „Hallimasch und Butterpilz“
BAND 4 Herbert Schönebaum, „Aber der Wagen rollt“
BAND 5 Heinrich Dathe, „Kleines Käferbüchlein“
BAND 6 Rudolf Haupt, „Von Schlangen, Echsen und Lurchen“
BAND 7 Conrad Vollmer, „Am Tümpel vor der Stadt“
BAND 8 Ludwig Hinterthür, „Herbstliches Tischleindeck-dich“
BAND 9 Jean Henri Fabre, „Von Heuschrecken, Grillen und Gottesanbeterinnen“
BAND 10 Conrad Vollmer, „Die großen Schwingen“
BAND 11 Heinz Geiler, „Buntes Schmetterlingsbüchlein“
BAND 12 Conrad Vollmer, „Buntes Gefieder an Bach und See“
BAND 13 Jan Zabinski, „Die seltsame Wiege“
BAND 14 Karl-Heinz Roszak, „Kräuterbüchlein“
BAND 15 Gerhard Schmidt, „Wunderwelt der Steine“
BAND 16 Margot Abt, „Wasser, nichts als Wasser“
BAND 17 Conrad Vollmer, „Kleine Welt am Meerstrand“
BAND 18 W. J. Gromow, „Was vor Millionen Jahren auf der Erde war“
BAND 19 B. Ljapunow, „Geschichten von der Atmosphäre“
BAND 20 Dietmar Riedel, „Silberne Ernte“
BAND 21 Robert Gerber, „Gefiederte Sänger“, erster Teil
BAND 22 Robert Gerber, „Gefiederte Sänger“, zweiter Teil
BAND 23 Suse Vogel, „Bringt alle Instrumente mit“
BAND 24 Alfred Lehmann, „Tiere kamen zu uns“
BAND 25 Helmut Stapf, „Erz wird Stahl“
BAND 26 Conrad Vollmer, „Flinke und heimliche Gesellen“
BAND 27 Herbert Schönebaum, „Anker auf“
BAND 28 Friedrich Lieber, „Aus der Werkstatt der Kunst“
BAND 29 Helmut Stapf, „Baumeister Kalk“

- BAND 30 Robert Gerber, „Fledermäuse Eulen und andere Nachtgeister“
- BAND 31 Walter Illing, „Langer Weg zur kurzen Welle“
- BAND 32 Gerhard Schmidt, „Wolken und Wetter“
- BAND 33 Ludwig Hinterthür, „Bedrohte Schönheit“
- BAND 34 G. A. Aristow, „Vom Aufbau des Sonnensystems“
- BAND 35 Conrad Vollmer, „Kleine Baumchronik“
- BAND 36 Walther Winkler, „Vom vielbegehrten Zucker“
- BAND 37 Alfred Lehmann, „Kleine Völkerschau“
- BAND 38 Naliwkin/Petrow, „Erdöl“
- BAND 39 N. Wersilin, „Die Pflanze und Du“
- BAND 40 Helmut Lindner, „Weite Welt des Schalls“
- BAND 41 Helmut Stapf, „Salz überall“
- BAND 42 Friedrich Lieber, „Blick hinter den Vorhang“
- BAND 43 Robert Gerber, „Rufer im Federkleid“
- BAND 44 Christian Grunert, „Blumen am Bergpfad“

Die Reihe wird fortgesetzt

