

Die Rolle
des
Eisens im menschlichen Blute.

Ein Beitrag zur Physiologie des Blutes.

Von

DR. JOHANN HAMMERSCHMIED,

Oberrechnungsrath, Vorstand des Sanitäts-Fachrechnungs-Departement im
k. k. Ackerbau-Ministerium.

Vortrag, gehalten am 20. December 1876.

I.

Kenntnisse vom Baue des menschlichen Körpers und von den Verrichtungen oder Functionen seiner einzelnen Organe gehören heutzutage zur Bildung, und verpflanzen sich, an Umfang und Tiefe zunehmend, in immer weitere Kreise des grossen Publikums.

In eben diesem Verhältnisse wächst auch der Nutzen, den solche Kenntnisse dadurch gewähren, dass sie über die Natur des Lebens, über das Wesen von Gesundheit und Krankheit aufklären, dass sie uns in den Stand setzen, die Gefahren, welche der Gesundheit drohen, bei Zeiten zu erkennen; endlich dass sie die Mittel an die Hand geben, eingetretene Gesundheitsstörungen zu beseitigen, insoweit dazu nicht unbedingt ein streng arzneiliches oder chirurgisch-operatives Einschreiten erforderlich ist.

Ueber diesen letzteren Punct kann nur der Arzt mit Sicherheit entscheiden, welcher heutzutage, wo er einem gebildeten Laienpublikum gegenüber steht, mehr als je bestrebt sein muss, über die den menschlichen Körper betreffenden neuesten Forschungen sich in steter Kenntniss zu erhalten.

Von unserem gesammten Körper ist es wohl in allererster Linie das Blut welches beim Nachdenken

über denselben unsere Aufmerksamkeit und unser Interesse am meisten erregt und in Anspruch nimmt.

Welche Wichtigkeit die alten Culturvölker dem Blute für das Leben beigelegt haben, davon geben unter anderem mehrere Stellen in den Büchern Moses genügendes Zeugniß. So heisst es im 3. Buche: „Des Leibes Leben ist in seinem Blute, so lange es lebet“; dann im 5. Buche: „Das Blut ist die Seele, darum sollst du die Seele nicht mit dem Fleische essen.“¹⁾

Für Hyppokrates (geb. 460 v. Chr.), den berühmtesten Arzt der Griechen, den Vater der Heilkunde, war das Blut der erste der vier Cardinalsäfte des Körpers, darauf folgten: der Schleim, die schwarze und die gelbe Galle. Nach Hyppokrates entsteht die Gesundheit durch das Gleichgewicht und die Harmonie der Mischung dieser Säfte, Krankheit durch das Gegentheil.

Auf dieser, von Hyppokrates aufgestellten Lehre beruht die bis in die neuere Zeit herrschende sogenannte Humoralpathologie, der zufolge das Leben und die Krankheit den flüssigen Theilen (humores) beigemessen wurde.

¹⁾ Dieser letzteren Vorschrift dürfte, wie so mancher anderen in der mosaischen Religion, eine sanitäre Rücksicht zu Grunde gelegen sein, und zwar die, dass blutreiches Fleisch schneller durch Faulniß verdirbt als blutarmes. Blutleer ist übrigens auch das Fleisch geschlachteter und möglichst ausgebluteter Thiere nicht. Die rothe Farbe des Fleisches rührt eben vom Blutroth her, von welchem auch die Fäulniß des Fleisches zuerst ausgeht.

Der Humoralpathologie wurde später die Solidar- oder Neuropathologie gegenübergestellt, welche das Leben, die Gesundheit und die Krankheit vorzüglich in die festen Theile (solida), worunter man die Nerven und Nervencentra verstand, verlegte.

Als aber in neuerer Zeit auf Grund der vor einigen Decennien durch Schleiden und Schwann durchgeführten Untersuchungen das Leben der Thiere, gleichwie das der Pflanzen auf die Zelle zurückgeführt wurde, war man bemüht, und hat namentlich Virchow das grösste Verdienst dabei, die Geschichte der Krankheit aus den veränderten Zuständen der Zellen, aus welchen sich sämtliche Gewebe des Thierleibes zusammensetzen, zu enträthseln. Hiemit war die Grundlage zu einer neuen Lehre von der Krankheit, zur sogenannten Cellularpathologie, geschaffen.

Jede der genannten drei Theorien: die Humoral-, Neuro- und Cellularpathologie, hat unstreitig ihre Berechtigung, jedoch nur innerhalb gewisser Grenzen, also keine ausschliessliche Geltung; alle-drei Lehren greifen vielmehr vielseitig ineinander über, bedingen sich gegenseitig und gewinnen erst in einer innigen Verbindung miteinander den vollen Werth, die volle Bedeutung für eine richtige Erkenntniss der Vorgänge im gesunden und kranken Organismus.

Eine solche combinative Betrachtung des Blutes, der Nerven und der Zellen lehrt uns nach den Ergebnissen der bisherigen Forschungen und zwar :

A. in Bezug auf die Zelle (Muskelzelle, Nervenzelle, Bindegewebszelle, Drüsenzelle, Knochenzelle, Fettzelle u. s. w.), dass jede Zelle zu ihrem Aufbau und zur Erhaltung ihres Leibes, ferner zur Erzeugung gewisser Stoffe (Secrete), wie: Speichel, Magensaft, Pancreas- oder Bauchspeicheldrüsensaft, Galle u. s. w., gewisser Stoffe bedarf; ferner, dass jede lebende Zelle behufs eines geregelten Ablaufes des in einer Stoffaufnahme und Stoffabgabe bestehenden Stoffwechsels den Sauerstoff benöthigt, der die Abfälle vom Stoffwechsel, die sogenannten Auswurfstoffe, durch Verbrennung entfernt.

B. Unser jetziges Wissen vom Blute sagt uns, dass dasselbe allen, welchen Namen immer führenden Zellen in den verschiedenen Organen unseres Körpers die zu ihrer Ernährung und zu ihren Verrichtungen (Functionen) nöthigen Stoffe in der genügenden Menge und in einer richtigen Mischung zuführen soll.

C. Die bisherigen Forschungen über die Thätigkeit der Nerven lehren uns endlich, dass diese Thätigkeit darauf gerichtet sein soll und dass ihr die Aufgabe zufällt, mit Hilfe des electrischen Stromes (Nervenstromes) den Zufluss von Blut mit Nährstoffen und mit Sauerstoff zu den Zellen der einzelnen Körperorgane (Gehirn, Rückenmark, Nervenganglien, Muskeln, Knochen, Magen, Leber, Milz, Gedärme, Lymphdrüsen, Speicheldrüsen u. s. w.), je nach ihrem Bedarf zu regeln, also zum Zwecke einer lebhafteren Thätigkeit der einzelnen Organe (Muskelcontraction, Drüsensecretion, Gedankenarbeit, Zellenbildung u. s. w.) den Blutzufluss

in diese Organe durch die muskulare Erweiterung der zu ihnen führenden Blutgefäße zu vermehren und für die Zeit der Ruhe dieser Organe die Blutzufuhr durch Verengung der betreffenden Gefäße mittelst Contraction ihrer Muskeln zu vermindern, kurz, die Blutvertheilung nach der Organthätigkeit im Körper zu regeln.

Störungen in der inneren Structur und äusseren Form, dann in der chemischen Zusammensetzung der Zellen der einzelnen Organe; Abweichungen des Blutes in seiner qualitativen (chemischen) und quantitativen Beschaffenheit von der durch das Bedürfniss der Zellen vorgezeichneten Norm; Störungen der Nervenleitung, nämlich excessive Hemmung oder gar gänzliche Unterbrechung (Lähmung) auf der einen Seite, oder eine excessive Verstärkung auf der andern Seite, werden wir als eben so viele Krankheiten: a) der Zelle, b) des Blutes, c) des Nervensystems bezeichnen müssen.

Daraus ersehen wir, dass die angedeuteten drei Hauptgruppen von Krankheiten in einer vielfachen Beziehung zu einander und Abhängigkeit von einander stehen.

II.

Nach diesen einleitenden allgemeinen Bemerkungen wollen wir nun auf den eigentlichen Gegenstand unserer Besprechung übergehen und versuchen, die Rolle des Eisens im menschlichen Blute darzulegen.

Wollen wir dieses mit Aussicht auf Erfolg thun, so müssen wir uns zuvor in das Wesen des Blutes eine möglichst klare Einsicht verschaffen.

Eine genauere Kenntniss vom Blute verdanken wir dem Mikroskope. Bis zur Erfindung desselben, also bis vor ungefähr zwei Jahrhunderten erschien das Blut bloss als ein Saft oder ein Gemisch von Säften von rother Färbung. Das Blut selbst dachte man sich nur in den sogenannten Blutadern oder Venen, im Körper von einem Orte zum andern hin- und herströmend, geleitet von irgend einer inneren Ursache, über die man sich die sonderbarsten Vorstellungen machte.

Mit Hilfe des Mikroskops entdeckte ein italienischer Forscher, Marcello Malpighi, den Lauf des Blutes in den feinsten Gefässen, wozu alsbald die Entdeckung des Blutkreislaufes durch den Leibarzt der stuartischen Könige, William Harvey, kam, bis erst im jetzigen Jahrhundert von deutschen Forschern nachgewiesen wurde: dass das Blut überall in geschlossenen Röhren mit eigenen Wandungen fliesse, dass das Herz durch seine periodischen taktmässigen Zusammenziehungen und Ausdehnungen das Strömen des Blutes durch den ganzen Körper unterhalte, indem es in die Arterien (Schlagadern oder Pulsadern) immer neue Massen von Blut treibt oder pumpt, dieses Blut in den Arterien bis in ihre feinsten Verzweigungen, die Haargefässe oder Capillaren, und auch über diese hinaus bis in die Blutadern oder Venen fortschiebt, welche letztere das aus den Capillaren empfangene Blut wieder zum Herzen,

und zwar in die rechte Herzkammer zurückführen, aus der es in die Lunge gepumpt wird, um hier mit der eingeathmeten Luft in Berührung gebracht zu werden.

Aus der Lunge strömt das Blut in das Herz, und zwar in die linke Herzkammer zurück, aus der es, wie bemerkt, wieder in die Arterien gepumpt wird. Den Kreislauf des Blutes aus dem linken Herzen durch die Arterien, Capillaren und Venen zum rechten Herzen nennt man den grossen oder den Körperkreislauf; dagegen den Kreislauf des Blutes vom rechten Herzen durch die Lunge zum linken Herzen den kleinen oder den Lungenkreislauf.

Marcello Malpighi machte aber mit Hilfe des Mikroskops noch eine andere, für die Vorstellung über das Blut sehr wichtige Entdeckung, nämlich die Entdeckung kleiner Gebilde, kleiner Körperchen, der sogenannten Blutkörperchen. Man hielt dieselben längere Zeit für dem Blute ganz fremde Gebilde, für kleinste Thiere, für Infusorien, wie man sie im Sumpfwasser fand und welche nach damaliger Meinung in zahlloser Menge jeden Wassertropfen bevölkerten.

In Folge eingehender, der Neuzeit angehörender Forschungen hat sich das Urtheil über die Blutkörperchen ganz anders und sehr zu ihren Gunsten gestaltet, und es ist keine Uebertreibung, wenn man sie, nach Virchow, die fleissigsten Arbeiter, die grössten Wohlthäter des Leibes nennt.

Ich will nun dasjenige, was man gegenwärtig vom Blute weiss, in Kürze anführen, dabei das Eisen

und dessen Bestimmung im Blute stets im Auge behaltend.

Wenn man das Blut unter dem Mikroskope betrachtet, so bemerkt man eine grosse Menge kleiner Gebilde, die den Namen Blutkörperchen führen. Davon ist die Minderzahl farblos, von runder kugelige Form mit einem feinkörnigen Inhalte, in welchem sich ein Kern, wohl auch mehrere, 2, 3 und 4 Kerne befinden. Der Durchmesser dieser farblosen Blutkörperchen varirt zwischen $\frac{1}{120}$ und $\frac{1}{250}$ Millimeter. Diese farblosen Blutkörperchen wechseln häufig ihre Form, platten sich ab, ziehen sich wieder zusammen, strecken Fortsätze aus, ziehen sie wieder ein und gleichen in dieser Beziehung den unter der Bezeichnung Amöben bekannten niedersten thierischen Organismen. Sie haben mit diesen gemein, dass sie sich um den Gegenstand ihrer Nahrung, kleine Fetttröpfchen, kleine Eiweisspartikelchen, Pigmentkörner, ganz gewiss auch anorganische Stoffe in feiner Vertheilung, herumstülpen, gleichsam herumgiessen, oder dass sie diese Stoffe, wenn sie in einem sehr fein vertheilten Zustande sich befinden, einfach an sich ziehen und sie dann in sich aufnehmen. Die farblosen Blutkörperchen müssen vermöge ihres contractilen Protoplasmaleibes und vermöge des Kernes in demselben als Zellen im vollen Sinne des Wortes betrachtet werden. Wir werden auf diese farblosen Blutkörperchen wieder zurückkommen, wenn von der Abstammung der rothen Blutkörperchen die Rede sein wird.

Die rothen Blutkörperchen nun bilden weitaus die Mehrzahl und da sie auch die Träger des Eisens sind, dessen Rolle im Blute in das Klare gestellt werden soll, so werden wir uns mit den rothen Blutkörperchen auch eingehender beschäftigen müssen. Einzeln erscheinen sie unter dem Mikroskope von gelblich rother Färbung, zu mehreren zusammengehäuft in einer hellrothen Farbe, und verleihen dadurch dem Blute seine bekannte Farbe.

Dieselben haben die Gestalt von kreisrunden münzenförmigen Scheiben mit einem aufgetriebenen oder gewulsteten Rande, also an beiden Seiten mit einer Vertiefung in der Mitte, so dass sie die Form von biconcaven Linsen haben und im Querdurchschnitte die Biscuitform zeigen.

Der Flächen- oder Breitendurchmesser der rothen Blutkörperchen beträgt $\frac{1}{126}$ Millimeter oder $\frac{1}{300}$ Linie; ihr Dickendurchmesser beiläufig ein Fünftel des ersteren.

Die Zahl der rothen Körperchen im menschlichen Blute ist eine ungeheure; ein Cubik-Millimeter davon, also ein Volum von der beiläufigen Grösse eines mittelgrossen Stecknadelkopfes, enthält 5 Millionen rothe Blutkörperchen beim Manne und $4\frac{1}{2}$ Millionen bei der Frau. Im Gesamtblute eines gesunden, 140 Pfund wiegenden Mannes sind 60 Billionen rothe Körperchen enthalten, zu deren Abzählung, in der möglichst schnellen Weise (vier in der Sekunde), ein Zeitraum von 475.000 Jahren erforderlich wäre. Ein Verfahren, die Anzahl der Blutkörperchen in einem Menschen oder Thiere annähernd

zu bestimmen, besteht darin, dass man unter dem Mikroskope die Anzahl in einem ganz kleinen Blutquantum ermittelt und daraus die Anzahl im Gesamtblute berechnet, wobei letzteres (beim Menschen) mit $\frac{1}{13}$ des Körpergewichtes angenommen wird.

Da die Oberfläche eines Blutkörperchens 0.0001794 Quadrat-Millimeter beträgt, so berechnete man die Gesamtoberfläche von 60 Billionen Blutkörperchen mit 2800 Quadrat-Meter.

Sämmtliche Haussäugethiere und auch die jagdbaren Säugethiere besitzen kleinere Blutkörperchen als der Mensch; die kleinsten besitzt die Ziege mit $\frac{1}{253}$ Mm., die grössten der Hund mit $\frac{1}{139}$ Mm.; die des Schafes sind $\frac{1}{209}$, die des Rindes $\frac{1}{180}$ bis $\frac{1}{168}$ Mm. die des Pferdes, $\frac{1}{181}$ Mm., die des Schweines $\frac{1}{166}$ Mm. gross. Der im hohen Norden lebende Seehund besitzt Blutkörperchen von $\frac{1}{129}$ Mm. Durchmesser. — In ein und derselben Thierklasse steht die Grösse der Blutkörperchen im umgekehrten Verhältnisse zur Grösse des Thieres. So hat unter den Wiederkäuern der kleinste Wiederkäuer, Moschus javanicus, die kleinsten Blutkörperchen von $\frac{1}{483}$ Mm. Durchmesser. Der Elephant hat Blutkörperchen von $\frac{1}{108}$ Mm.

Bei den übrigen Wirbelthieren haben die rothen Blutkörperchen die Gestalt von elliptischen Scheiben, die in der Mitte etwas aufgetrieben, daher dicker als am Rande sind.

Die grössten Blutkörperchen besitzen die nackten Amphibien. So hat der Molch der Adelsberger Grotte,

der *Proteus anquineus*, Blutkörperchen von $\frac{1}{18}$ Mm. Breite und $\frac{1}{45}$ Mm. Dicke; der Frosch solche mit $\frac{1}{44}$ Mm. Breite und $\frac{1}{66}$ Mm. Dicke.

Kleiner sind die Blutkörper der beschuppten Amphibien, dann folgen die Knorpelfische, dann die Knochenfische, hierauf die Vögel, deren Blutkörperchen an Grösse jenen der Säugethiere am nächsten stehen.

Im Allgemeinen gilt es als Gesetz, dass die Anzahl der Blutkörperchen in einem Thiere abnimmt, je tiefer die Stellung der Thierclassen im Reiche ist; ferner dass die Anzahl der Blutkörperchen in einem Thiere im umgekehrten Verhältnisse zur Grösse der Blutkörperchen eben dieses Thieres steht, also die Anzahl der Blutkörperchen desto kleiner ist, je grösser sie in einem Thiere sind.

Während bei den Säugethiern $3\frac{1}{2}$ —18 Millionen rothe Blutkörper auf 1 Cubik-Mm. kommen, sind bei den Vögeln nur $1\frac{1}{2}$ —4 Millionen, bei den Knochenfischen nur 700.000 bis 2 Millionen und bei den Knorpelfischen gar nur 140.000—230.000 rothe Blutkörper in 1 Cub.-Mm. enthalten.

Die wirbellosen Thiere besitzen keine rothen Blutkörperchen in ihrem Blute und es können hier auch selbst die farblosen Blutkörperchen ganz fehlen.

Wie bei den Wirbelthieren das Eisen an den rothen Blutkörperchen haftet, so ist bei den wirbellosen Thieren das Eisen in der gesammten Blutflüssigkeit vertheilt.

III.

Die Blutkörperchen schwimmen in einer klaren Flüssigkeit, die das Blutplasma heisst. Um über dasselbe, noch mehr aber über die innere Structur und über die chemische Zusammensetzung der rothen Blutkörperchen etwas Näheres zu erfahren, muss man sie von dem Blutplasma trennen. Dazu bietet die Gerinnung des Blutes das Mittel.

Entzieht man durch einen Aderlass dem Körper eine Quantität Blut, so gerinnt dieses binnen 2 bis 10 Minuten. Es geschieht dieses in der Weise, dass das Blut unmittelbar an der Wand des Gefässes, in welchem es sich befindet, dann durch die ganze Masse gelatinös wird, dass diese gelatinöse Masse sich immer mehr und mehr zusammenzieht und fester, compacter, ähnlich einer Gallerte wird, wobei von dieser sich zusammenziehenden Masse eine dünne, schwach gelbliche oder röthlich gefärbte Flüssigkeit ausgestossen wird, die sich auf der Oberfläche ansammelt und die derbere Masse umspült. Der untere Theil dieser gallertartigen Masse schliesst die rothen und auch die weissen Blutkörperchen ein und heisst in dieser Form und Zusammensetzung der Blutkuchen (*Crassamentum sanguinis*). Geht das Gerinnen des Blutes langsamer vor sich, wie es beim Aderlassblute in entzündlichen Krankheiten, namentlich bei Lungenentzündungen der Fall ist, so haben die rothen Blutkörperchen, die specifisch schwerer als die übrige Blutflüssigkeit sind, Zeit, sich zu Boden

zu setzen, bevor die Gerinnung eintritt, und es bildet sich alsdann aus der klaren flüssigen Schicht über dem Bodensatze der rothen Blutkörper eine mehr weniger dicke und mehr weniger compacte durchscheinende Schichte von gelblich weisser Farbe, die man die Speckhaut und wegen ihres Auftretens bei Entzündungskrankheiten die Entzündungshaut (*Crusta phlogistica* oder *inflammatoria*) nannte. Auch hierbei wird, wie bei der ersten Gerinnung, eine dünne Flüssigkeit auf die Oberfläche von der gerinnenden Masse ausgepresst.

Der compact gewordene oder geronnene Theil des Blutes heisst das Blutfibrin oder der Blutfaserstoff, die von ihm ausgestossene Flüssigkeit heisst das Blutserum. Im lebenden Blute innerhalb des Körpers, in dessen Gefässen, ist das Fibrin und das Serum zu einer einzigen klaren Flüssigkeit vereinigt, die, wie bemerkt, den Namen Blutplasma führt, in welchem die Blutkörperchen frei und ungehindert ihre Bewegungen ausführen können.

Vom gerinnungsfähigen Faserstoffe lässt sich das Blut auch durch Quirln oder Schlagen mit einem Stabe befreien, wobei sich das gerinnende Fibrin in Form von Fasern und Fäden an den Quirl oder Stab anhängt. Ein derartig defibrinirtes oder von seinem Faserstoffe befreites Blut enthält nahezu sämtliche rothe Blutkörperchen und das Blutserum. Fügt man zu solchem defibrinirtem Blute hinreichend Wasser hinzu, so quellen anfangs die rothen Blutkörperchen auf, werden rundlich, nehmen allmählig an Volum ab, werden dabei

immer blässer und blässer, während sich das Serum röthet; es geht also der Blutfarbstoff in das Serum über, und von den rothen Blutkörperchen bleibt zuletzt ein äusserst blasses, ungefärbtes Flöckchen übrig, das sogenannte Stroma, d. i. die Grundsubstanz, in welcher der rothe Farbstoff eingelagert sich befand. Bei längerer Einwirkung des Wassers verschwindet endlich auch dieses Stroma.

Noch deutlicher ausgeprägt erhält man die Stromata getrennt vom rothen Blutfarbstoffe, wenn man defibriertes Blut mit dem zehnfachen Volum einer verdünnten Kochsalzlösung versetzt. Die Stromata sammeln sich, grossentheils noch von der Form der Blutkörperchen als heller Bodensatz.

Am deutlichsten lässt sich die Trennung der gefärbten Substanz von der ungefärbten nach Brücke's Verfahren beobachten. Dasselbe besteht darin, dass man die Blutkörperchen, am besten das Blut von Tritonen, ganz frisch in eine einprocentige Borsäurelösung hineintropfen lässt. Die Blutkörperchen senken sich darin wie hineingestreutes Ziegelmehl zu Boden. Bringt man von diesem Bodensatze etwas unter das Mikroskop, so sieht man, dass sich jedes Blutkörperchen in eine helle, ganz farblose durchsichtige Masse und in eine gefärbte Masse, welche beim Tritonenblute auch den Kern enthält, trennt. Diese gefärbte Masse mit dem Kerne im Innern drängt sich immer mehr nach der Seite hin und fängt an, den Rand des farblosen Stückes zu überragen und trennt sich endlich in vielen Fällen vollständig davon

ab. Brücke nennt den ungefärbten Theil Oekoid, den gefärbten Theil Zooid und hält ersteren für das Gehäuse des Zooid, welches er als den eigentlichen lebenden Leib des Elementarorganismus, wie er sich im ganzen Blutkörperchen darstelle, ansieht.

Das Stroma ist zusammengesetzt aus mehreren Eiweisskörpern, aus Lecithin (eine stickstoffhaltige Substanz in Verbindung mit Phosphor), aus Cholesterin (stickstofffrei) und aus Fett. Das Stroma enthält auch anorganische Körper, darunter jedoch kein Eisen. Das Eisen muss sonach an dem rothen Blutfarbstoffe haften.

Ueber diesen müssen wir uns daher zuvörderst nähere Aufklärung verschaffen. Hiezu bietet die Eigenschaft des Blutfarbestoffes, die Krystallform anzunehmen, das beste Mittel. Das einfachste diesbezügliche Verfahren im Kleinen besteht darin, dass man einen Blutropfen eintrocknen lässt und dieses eingetrocknete Blut mit ein wenig Wasser wieder aufweicht. Bei diesem Aufweichen werden die rothen Blutkörper vom Wasser in das Stroma und in den Farbstoff getrennt, welcher letztere vom Wasser aufgelöst wird. Man legt auf die aufgeweichte kleine Blutmasse ein Deckglas und nun kann man unter dem Mikroskope sehen, wie mit fortschreitender Verdunstung des Wassers der darin gelöste rothe Farbstoff in Form kleiner Krystalle, die dem rhombischen Systeme angehören, anschliessen.

Diese rothgefärbte Substanz der Blutkörperchen, ob nun in Lösung oder in Krystallform, heisst Häm-

globin oder Hämoglobin. Dieses in den rothen Blutkörperchen als färbender Bestandtheil enthaltene Hämoglobin ist ein zu den Eiweisskörpern in naher Beziehung stehender Körper, der das gesammte Eisen der rothen Blutkörperchen enthält.

Mit Säuren behandelt, zerfällt nämlich das Hämoglobin in einen Eiweisskörper, der den Namen Globulin (Globulus das Blutkörperchen) führt, und in Hämatin, eine tief roth gefärbte Substanz, die sich aus der sauern Lösung beim Abdampfen derselben als ein schwarzbraunes Pulver abscheidet. Das Hämatin enthält in 100 Theilen:

| | |
|-----------------------|-------|
| Kohlenstoff | 65.35 |
| Wasserstoff | 5.44 |
| Sauerstoff | 11.88 |
| Stickstoff | 10.70 |
| Eisen | 6.93 |

In diesem Hämatin findet sich das ganze Eisen des Hämoglobins und somit der rothen Blutkörperchen concentrirt vereinigt. Dieses Eisen macht 6.93 Procent vom ganzen Hämatin aus und erscheint beim Verbrennen des Hämatins als reines Eisenoxyd.

Das Hämatin in Verbindung mit Salzsäure krystallisirt ähnlich wie das Hämoglobin. Diese Krystalle, die sogenannten Teichmann'schen Krystalle, führen den Namen Hämin. Man erhält diese zierlichen nussbraunen Krystalle am leichtesten, wenn man zu Blutpulver, also auch zu einigen Fäden eines blutbefleckten Stoffes eine Spur Kochsalz hinzufügt und erwärmt.

Man kann dann unter dem Mikroskope das Anschliessen der Krystalle beobachten. Dieses Verfahren ist in forensischer Beziehung, nämlich für gewisse gerichtliche Untersuchungen von Wichtigkeit. Beim Erhitzen über 200° verglimmt das Hämin und hinterlässt ein Scelett von reinem Eisenoxyd.

Das Hämatin und das Hämoglobin besitzen die höchst bemerkenswerthe Eigenschaft, Sauerstoff locker zu binden, ihn mit einer gewissen Stärke festzuhalten und ihn wieder abzugeben, wenn leicht verbrennliche oder leicht oxydirbare — sogenannte reducirende Substanzen — mit dem Hämatin und dem Hämoglobin in Berührung gebracht werden. Eine solche energisch reducirende Substanz ist z. B. das Schwefelammonium (Schwefelwasserstoff in Verbindung mit Ammoniak). Ebenso lassen das Hämoglobin und das Hämatin unter dem Recipienten der Luftpumpe beim Auspumpen (evacuiren) der darin befindlichen Luft den von ihnen gebundenen Sauerstoff fahren, nehmen aber wieder Sauerstoff auf, wenn sie mit demselben wieder in nähere Berührung gebracht, ja selbst nur in atmosphärischer Luft geschüttelt werden. Temperaturerhöhung beschleunigt die Abgabe des Sauerstoffes. Eine ähnliche Eigenschaft, jedoch bei Weitem nicht in diesem Grade, besitzen die Eisenoxydulsalze, von denen man weiss, dass sie den Sauerstoff zu ozonisiren, das ist ihn zu verdichten und an andere oxydable Körper zu übertragen vermögen (Ozonüberträger).

Gleichzeitig mit der Aufnahme und Abgabe von Sauerstoff geht am Hämatin und Hämoglobin und deren Lösungen eine charakteristische Farbenwandlung vor sich in der Art, dass die rothe Farbe mehr weniger dunkel wird, sobald sich der Sauerstoff von den Hämoglobinkrystallen oder Hämoglobinlösungen, sowie vom Hämatin entfernt, und dass solche dunkel geröthete Lösungen des Hämoglobins und des Hämatins, die ihres locker gebundenen Sauerstoffes verlustig wurden, in zwei Farben erscheinen, nämlich Grün (Bouteillengrün) in dünnen und dunkelroth in dicken Schichten, während die sauerstoffhaltigen Lösungen die rothe Farbe in dünnen Schichten, natürlich etwas blässer, behalten. Diese Eigenschaft der doppelten Färbung bezeichnet man als Dichroismus. Endlich zeigen die hinreichend verdünnten Lösungen des mit Sauerstoff verbundenen Hämoglobins und Hämatins vor dem Spalt eines Spektralapparates im Spektrum des Sonnenlichtes oder auch einer Petroleumlampe zwei dunkle Absorptionsstreifen (Blutbänder), während das seines Sauerstoffes beraubte Hämoglobin und Hämatin nur einen Absorptionsstreifen erzeugt.

Das Hämoglobin in Verbindung mit Sauerstoff nennt man Oxyhämoglobin, das Hämoglobin ohne locker gebundenen Sauerstoff heisst das reducirte Hämoglobin.

IV.

Ganz dieselben Eigenschaften der Sauerstoffbindung und der Sauerstoffabgabe, dann der damit einhergehenden Farbenveränderung zeigen sich am arteriellen und venösen Blute.

Das arterielle Blut ist bekanntlich jenes, welches aus der Lunge, nachdem es hier mit der atmosphärischen Luft in Wechselwirkung getreten war, in die linke Herzkammer strömt und aus dieser, in Folge ihrer Zusammenziehung, durch die Schlagadern oder Pulsadern, oder Arterien in die sämtlichen Körpertheile getrieben wird. Dieses arterielle Blut ist hellroth, scharlachroth, jedoch nur bis in die feinsten Verzweigungen der Arterien, bis in die sogenannten Haargefäße oder Capillaren. Hier in diesen Capillaren wird das Blut sozusagen wie mit einem Schlage dunkelkirschroth, purpurfarben, und bleibt in dieser Färbung auf seinem ganzen Rücklaufe zum rechten Herzen und aus diesem in die Lunge, wo es nach der Berührung mit der atmosphärischen Luft wieder hellroth wird. Das dunkelrothe, aus den Capillaren zum Herzen und von diesem zur Lunge zurückströmende Blut ist das venöse Blut. Bringt man hellrothes, also arterielles Blut, unter den Recipienten einer Luftpumpe und pumpt man aus, so erhält man eine bedeutende Quantität Sauerstoffgas, das sich aus dem arteriellen Blute entwickelte, und eben dieses Blut nimmt dabei eine dunklere Färbung an: es wird venös. Schüttelt

man dieses dunkel gewordene Blut mit Sauerstoff oder mit atmosphärischer Luft, so wird es wieder hellroth und nimmt wieder Sauerstoff auf: es wird wieder arteriell.

Das venöse Blut gibt unter der Luftpumpe wohl auch Sauerstoff ab, aber viel weniger als das arterielle, dafür entwickelt das venöse unter der Luftpumpe eine grössere Menge Kohlensäure, als das arterielle, und ist es erwiesen, dass der grösste Theil dieser auspumpbaren Kohlensäure am Blutplasma, also nicht an den rothen Blutkörperchen haftet, die an Kohlensäure arm, dagegen an Sauerstoff reich befunden worden sind. Arteriellcs Blut wird auch nach Hinzugabe leicht reducirender Substanzen, wie Schwefelammonium, venös, ganz sowie das Oxyhämoglobin. Auch beim Stehen wird das hellrothe arterielle Blut dunkel, und zwar in Folge der dabei stattfindenden Oxydationsprocesse im Blute, wobei der locker gebundene Sauerstoff der rothen Blutkörperchen aufgezehrt wird.

Ferner zeigt das dunkle venöse Blut die Erscheinungen des Dichroismus, d. i. es erscheint in dünnen Schichten bouteillengrün, in dicken Schichten aber dunkelroth, während das arterielle Blut auch in dünnen Schichten roth, wenn auch blässer roth erscheint. Dasselbe gilt vom Hämoglobin ohne locker gebundenen Sauerstoff, während das Oxyhämoglobin nur in rother Farbe erscheint.

Man benützt die Eigenschaft des Dichroismus vom venösen Blute dazu, um Blut auf eisernen rostigen Mordwerkzeugen sicher zu erkennen. Man schabt

etwas von solchem verdächtigem Eisenroste ab, übergiesst ihn in einer Eprouvette mit verdünnter Kalilauge und kocht ihn. Wenn Blut dabei war, nimmt die Kalilauge das Hämatin auf und bildet damit eine dichroitische Lösung, die in dünnen Schichten grün, wie Galle, in dicken Schichten aber, wenn man durch sie nach einer Lichtquelle sieht, roth erscheint.

Endlich zeigt sich noch im spektroskopischen Verhalten zwischen dem arteriellen und venösen Blute ein Unterschied, wie er in gleicher Weise auch zwischen dem Oxyhämoglobin und dem Hämoglobin besteht. Das arterielle Blut zeigt nämlich bei hinreichender Verdünnung mit Wasser vor dem Spalte eines Spektralapparates im Sonnenspektrum zwei dunkle Absorptionsstreifen (Blutbänder); das venöse Blut dagegen zeigt nur einen dunklen Streifen.

Noch eine charakteristische Eigenschaft des Blutes, und zwar seiner rothen Körperchen, ist zu erwähnen, nämlich die, dass schon eine kleine Quantität Blut die Quajatinktur blau zu färben vermag. Das Blut ozonisiert also, wie ein Eisenoxydulsalz, den Sauerstoff und überträgt ihn auf andere Körper. Ganz dasselbe bewirkt das Oxyhämoglobin durch seinen locker gebundenen Sauerstoff.

Somit ist es nach allen Richtungen erwiesen:

1. dass die rothen Blutkörperchen Sauerstoff absorbiren und ihn in die verschiedenen Gefässprovinzen transportiren, also die eigent-

lichen Athmer oder Respiratoren und die Frächter des Sauerstoffes im Blute sind;

2. dass bei diesem Geschäfte das Eisen in den rothen Blutkörperchen in einer sehr hervorragenden Weise mitwirkt.

Ich sage: „in einer hervorragenden Weise mitwirkt“, womit ich andeuten will, dass ausser dem Eisen auch noch andere mineralische Stoffe in den rothen Blutkörperchen bei der lockeren Bindung des Sauerstoffes thätig sind und mitwirken. Ich will damit auf das Kalium, Calcium das Magnesium, den Schwefel und den Phosphor hingewiesen haben, welche Stoffe mit dem Eisen zu den constanten anorganischen oder mineralischen Bestandtheilen der Blutkörperchen gehören.

Es ist wohl richtig, dass das Eisen in seiner Verwandtschaft zum Sauerstoffe unter den genannten Stoffen obenan steht; allein auch das Kalium, das Calcium, das Magnesium und der Phosphor besitzen eine sehr kräftige Verwandtschaft zum Sauerstoffe.

Ja, ich halte die Mitwirkung dieser Stoffe bei der Bindung des Sauerstoffes durch die rothen Blutkörperchen geradezu für unerlässlich, für unbedingt nothwendig; denn nur bei einer von diesen Stoffen mit dem Eisen auf den Sauerstoff ausgeübten combinirten gemeinschaftlichen Anziehung ist es möglich, dass dieser Sauerstoff nicht ausschliesslich der Anziehung eines dieser Körper, also auch nicht ausschliesslich der Anziehung des Eisens

folge und sich nicht mit diesem fester, nämlich chemisch verbinde. Einer solchen festen Verbindung zwischen Eisen und beziehungsweise zwischen dem Hämoglobin, welches das Eisen enthält, und dem Sauerstoff kann nur durch die gleichzeitige Anziehung derselben Sauerstoffmoleküle durch die genannten anderen Stoffe des Hämoglobins entgegengewirkt werden, sowie, um nur ein Gleichniss zu gebrauchen, jeder Himmelskörper in der Annäherung an einen andern Himmelskörper (gemäss ihrer gegenseitigen Anziehung) durch die gleichzeitig von anderen Himmelskörpern auf ihn ausgeübte Anziehung gehindert wird.

Bei einer derartigen gemeinschaftlichen Anziehung der Elemente des Eisens, des Kaliums u. s. w. auf die Sauerstoffmoleküle versteht es sich von selbst, dass die unmittelbar an den Blutkörperchen anliegenden Sauerstoffmoleküle unter einer stärkeren Anziehung seitens der Blutkörperchen stehen, daher in einem Zustande stärkerer Verdichtung sich befinden, als die übrigen, nach aussen von diesen Sauerstoffmolekülen sich anlagernden Sauerstoffmoleküle. Auf diese Weise muss sich um jedes Blutkörperchen eine Sauerstoffhülle, oder Sauerstoffatmosphäre bilden, deren Dichtigkeit von innen nach aussen abnimmt. Eine derartige Condensirung oder lockere Bindung von Gasen durch feste Körper, als welche die rothen Blutkörperchen anzusehen sind, ist eine allgemeine physikalische Thatsache; es wirken sogar Flüssigkeiten condensirend auf Gase. Jedes kleinste Wassertröpfchen im

Nebel ist von einer Hülle verdichteter (condensirter) Luft umgeben, die es momentan vor dem Zusammenfließen mit seinen Nachbarn schützt.

Die Hülle oder Atmosphäre vom Sauerstoffgas ist auch das einzige wirksamste Mittel, die einzelnen Blutkörperchen an ihrer unmittelbaren gegenseitigen Berührung, an ihrer gegenseitigen Verklebung zu verhindern und ihnen die freie Beweglichkeit im Blutplasma zu ermöglichen, sowie ihnen eine gewisse Selbstständigkeit gegenüber dem sie umgebenden Plasma, insbesondere aber die freie Beweglichkeit in demselben zu wahren.

Die in den rothen Blutkörperchen enthaltenen mineralischen Stoffe: Eisen, Kalium, Calcium, Magnesium, Phosphor, Schwefel, Chlor (in Verbindung mit Kalium) muss man sich im elementaren, d. i. chemisch-einfachen Zustande in das Stroma der Blutkörperchen eingelagert und eingefügt sich denken; man muss sich ferner vorstellen, dass die genannten anorganischen Stoffe mit den Eiweissstoffen und den Kohlehydraten der Blutkörperchen ein wohlgegliedertes organisches Gefüge, einen wohlgeordneten Bau darstellen, der bei der bekannten chemischen Verwandtschaft zwischen den genannten Mineralkörpern und den Eiweisskörpern ein ziemlich solider, fester sein wird, wenn nämlich alle dabei betheiligten Stoffe als Bausteine in dem richtigen Verhältnisse in den rothen Blutkörperchen vertreten sind.

Dieser nicht abzuweisenden Vorstellung vom Baue der rothen Blutkörperchen zufolge müssen wir die beim

Verbrennen der rothen Blutkörperchen oder des Häoglobins in der zurückbleibenden Asche vorfindigen Oxyde oder Salze wie: Eisenoxyd, phosphorsaures Eisen, phosphorsaures Kali, phosphorsaurer Kalk, phosphorsaure Magnesia, schwefelsaures Kali, Chlorkalium, als die Verbrennungsproducte jener einfachen Körper ansehen.

Dasselbe gilt vom Zerfalle der rothen Blutkörperchen, sei dieser nun ein physiologischer oder ein pathologischer.

Der bei einem solchen Zerfalle sich entbindende und freiwerdende, bis dahin locker gebundene Sauerstoff der zerfallenden Blutkörperchen oxydirt in statu nascendi (Entstehungszustand), also ausgerüstet mit den Eigenschaften des Ozons, die in denselben rothen Blutkörperchen enthaltenen einfachen Mineralkörper in ähnlicher Weise wie der atmosphärische Sauerstoff beim Verbrennen; nicht minder greift der sich entbindende Sauerstoff auch die organischen Substanzen, die Eiweissstoffe und Kohlehydrate der rothen zerfallenden Blutkörperchen an und oxydirt sie, woraus mannigfache organische Verbindungen, durchgehends höhere Oxydationsstufen, hervorgehen, welche wir als Umsetzungs- oder Zersetzungsproducte von Blut und Geweben kennen.

Dem Eisen in den rothen Blutkörperchen müssen wir schliesslich gegenüber den übrigen darin vorkommenden Mineralkörpern die Eigenschaft eines Kittes für die letzteren zuerkennen, welche Aufgabe das Eisen vermöge seiner starken chemischen Verwandtschaft zu

allen diesen Körpern zu erfüllen vermag. (Mein Vortrag im XVI. Bande über die Rolle des Eisens im pflanzlichen und thierischen Organismus.)

Wir können uns auf Grund dieser ganz berechtigten Vorstellung erklären, warum das Hämoglobin durch eine Kochsalzlösung aus den rothen Blutkörperchen ausgezogen wird. Das Chlor des Chlornatriums ist es, welches vermöge seiner grossen Verwandtschaft zum Eisen des Hämoglobins dieses Eisen und mit ihm einen ganzen Complex von mineralischen Stoffen, die in den rothen Blutkörperchen vorkommen, und dazu auch einen Theil der organischen Substanzen derselben aus den rothen Blutkörperchen herauszieht.

Aehnliches gilt vom Bor in der Borsäurelösung. Hier zieht das Bor zunächst das Chlor, dieses das Kalium, Eisen etc. aus den rothen Blutkörperchen heraus.

Nur in weiterer Verfolgung dieses Ideenganges können wir die Wirkung so vieler fremder Stoffe, seien diese nun Arzneikörper oder Gifte, auf die Blutmasse und durch diese auf die Nerventhätigkeit und auf die Drüsensecretionen etc. begreiflich finden, ja selbst erklären.

Diese Wirkungen treten in folgenden Richtungen auf:

1. Beschränkung der Sauerstoffbindung durch die rothen Blutkörperchen bis zur gänzlichen Vernichtung dieser Sauerstoffabsorption. Hierher gehören: die Kohlensäure, das Kohlenoxydgas, das Stickoxydgas, die doppelt-kohlensauren Alkalien, welche im Magen und im Blute durch stärkere Säuren zerlegt werden und Kohlensäure

abgeben, die dann wie freie Kohlensäure wirkt; ferner das Chinin, das Morphinum, das Digitalin etc.

2. Zerstörung der Blutkörperchen. Hierher gehören z. B. der Phosphor und das Chlor, welche beide eine sehr starke chemische Verwandtschaft zum Eisen besitzen und dieses den rothen Blutkörperchen entreissen, somit diese zerstören. Auch wenn es nicht bis zu einer solchen Zerstörung kommt, vermögen die hierher gehörenden Stoffe, indem sie vom Eisen gebunden werden, dieses in seiner Sauerstoff bindenden Kraft zu schwächen und daher nach Punkt 1 schädlich zu wirken.

3. Vorübergehende stärkere Bindung des Sauerstoffes seitens der rothen Blutkörperchen, vorausgesetzt, dass nur sehr geringe Mengen von den diesfälligen Substanzen in das Blut einverleibt wurden. Hierher gehören z. B. das Eisen selbst, der Arsenik, wohl auch der Phosphor etc.

4. Beschränkung der Ausscheidung der Kohlensäure aus dem Blute in der Lunge. Hierher gehören alle Substanzen im Blute, welche für die Aufnahme und lockere Bindung der aus den Verbrennungsprocessen in den Geweben und im Blute selbst sich entwickelnden Kohlensäure schlecht geeignet sind; ferner solche Substanzen, welche diese Kohlensäure zwar leicht an sich ziehen, aber zugleich auch so fest an sich binden, dass die Ausscheidung in der Lunge erschwert ist. Zu letzteren gehören: die Kalisalze ohne Unterschied u. a.

5. Herabsetzung der oxydirenden Kraft der rothen Blutkörperchen in Folge rascher Aufzehrung ihres Sauer-

stoffes. Hierher gehören alle in das Blut gelangten, leicht verbrennlichen, stark reducirenden Substanzen, wie: der Alkohol, die Aetherarten, das Chloroform (vermöge seines Aethers, während das Chlor in anderer Richtung wirkt, Punkt 2), alle organischen und alle Pflanzensäuren, Zucker in Substanz und in grösserer Menge. In Folge der raschen Verbrennung dieser Substanzen wird auch das Blut rasch mit Kohlensäure im Ueberflusse geschwängert und es treten dann die Wirkungen dieser ein (Punkt 1).

6. Chemische Wirkungen nach Punkt 2 und 5. Hierher gehören: der Arsenwasserstoff, der Schwefelwasserstoff, der Phosphorwasserstoff, der Kohlenwasserstoff, der Cyanwasserstoff, das Cyankali etc.

Die Grösse der Wirkung der zuvor angedeuteten Stoffe, in einer gewissen Menge, auf das Gesamtblut eines Individuums wird abhängen: erstens von der Anzahl der rothen Blutkörperchen in der ganzen Blutmasse jenes Individuums; zweitens von der chemischen Constitution, d. i. von der chemischen Zusammensetzung und von der davon abhängigen Festigkeit des Baues der rothen Blutkörperchen.

Wenn also z. B. ein Mensch eine grössere Quantität alkoholischer Getränke verträgt, ohne davon beerauscht zu werden, als ein Anderer von ähnlicher Körperconstitution, so muss man schliessen, dass bei ersterem die Zahl der rothen Blutkörperchen eine grössere ist, oder dass sie vermöge ihrer chemischen Constitution kräftigere Sauerstoffträger sind, als bei letzterem: denn

je grösser diese Zahl und je kräftiger ihre Absorption für den Sauerstoff, desto mehr und desto kräftigere Oxydatoren oder Verbrenner sind in einer Blutmasse vorhanden oder, was dasselbe sagt, desto mehr Sauerstoff ist für den, zu Kohlensäure und Wasser zu verbrennenden Alkohol zur Verfügung, und desto mehr bleibt ausserdem noch übrig zur Unterhaltung der normalen Functionen der Nervencentra und der Muskeln, namentlich der in diesem Falle so wichtigen Athemmuskeln und der Herzmuskulatur, welche beide durch eine kräftige Entfaltung ihrer Thätigkeit auf die möglichst rasche Entfernung der aus der Verbrennung des Alkohols hervorgegangenen Kohlensäure aus dem Körper durch die Ausathmungsluft zu sorgen haben.

Und wenn wieder z. B. das Chloral in einer Dosis von 1.5 Gramm bei einem Erwachsenen tödtlich wirkt, worüber Fälle vorliegen, während es zu 2 Gramm für einen Andern als eine mässige, blos Schlaf erzeugende Gabe erscheint; so kann der Grund dieser verschiedenen Wirkung vorzüglich nur in der chemischen Constitution, dann aber auch zugleich in der Anzahl der rothen Blutkörperchen liegen, welche Constitution, im ersteren Falle der tödtlichen Wirkung, viel lockerer, der zerstörenden Wirkung des Chlors im Chloral viel zugänglicher sein muss, als im zweiten Falle.

So liesse sich der oben ausgesprochene Satz durch eine Menge anderer Beispiele noch weiter illustriren und begründen.

V.

Die schlimmste **Zerstörung an den rothen Blutkörperchen** richten die sogenannten **Bakterien** an. Es sind dies ungemein kleine Organismen von beiläufig $\frac{1}{40000}$ Zoll im Durchmesser, also nur ein Zwölftel vom Durchmesser der rothen Blutkörperchen. Diese Bakterien leiten immer die Fäulniss eiweisshältiger Substanzen, woran, wie bekannt, die Blutkörperchen reich sind, ein, indem sie jene Substanzen in Ammoniak, welches von den Bakterien als Nahrung assimiliert wird, und in andere Körper, welche als Nebenproducte der Fäulniss auftreten, spalten. In dieser Weise fault auch das Fleisch.

Bei einer Reihe contagiöser Krankheiten: Blattern, Cholera, Typhus, Scharlach, Ruhr, Diphtheritis etc., ist in neuester Zeit das Auftreten von Bakterien im Blute oder in verschiedenen Secreten nachgewiesen worden, so dass es im hohen Grade wahrscheinlich ist, dass sie die Träger der Infection und die Erreger jener pathologischen (krankhaften) Processe sind. Vermuthlich gelangen diese Körperchen mit dem Speichel, an welchem sie beim Athmen haften bleiben, oder mit den Speisen und mit dem Trinkwasser in das Blut, wo sie Verheerungen verschiedenen Grades bis zur Zerstörung der ganzen Blutmasse anrichten können, je nachdem die Widerstandsfähigkeit der rothen Blutkörperchen gegen die Angriffe dieser frem-

den Eindringlinge eine grössere oder geringere ist. Diese Widerstandsfähigkeit hängt hauptsächlich von der chemischen Constitution, von der Festigkeit des Baues der rothen Blutkörperchen ab.

In diesem Umstande ist vorzüglich die sogenannte individuelle Disposition zu irgend einer contagiösen Erkrankung begründet. Den eingedrungenen Feinden, den Bakterien gegenüber sind die rothen Blutkörperchen keineswegs machtlos; sie besitzen vielmehr eine sehr kräftige Waffe gegen jene, nämlich den in ihren Hüllen angehäuften, locker gebundenen und dabei dennoch verdichteten Sauerstoff, der in diesem Zustande der Verdichtung alle Eigenschaften des Ozons, also auch die der kräftigen Oxydirung besitzt. (Hierüber mein Vortrag im XIV. Bande der Vereinsschriften.) Ist dieser Blutkörperchen-Sauerstoff in genügender Menge und von der genügenden Stärke vorhanden, was natürlich von der chemischen Constitution und von der Anzahl der rothen Blutkörperchen abhängt, so ist auch das Mittel im Blute vorhanden, den feindlichen Eindringling chemisch anzugreifen, und ihn durch Oxydation, durch Verbrennung (nicht figürlich gesprochen) zu vernichten.

Auch das Miasma des Wechselfiebers und der mit demselben verbundenen Malaria-Krankheiten besteht aus kleinsten lebenden Organismen. Nach den jüngsten Untersuchungen von Lanzi und Terrigi über das Sumpfmiasma der römischen Campagna und der pontinischen Sümpfe sind es winzig kleine dunkel-

farbige Körnchen, die sich in den absterbenden Algenzellen finden und zwar um so zahlreicher, je mehr die Fäulniss in diesen Zellen vorwärts schreitet, wobei sich ein Gestank entwickelt. Auch in anderen verwesenden Vegetationsproducten jener Sümpfe, nachdem sie in der wärmeren Jahreszeit ausgetrocknet sind, finden sich jene Körnchen. Ganz gleiche Eigenschaften wie die fermentartigen Körnchen besitzen die Pigmentkörnchen, welchesich in der Milz und der Leber solcher Individuen finden, die an Malaria litten. In der That ist es schon lange bekannt, dass vorzüglich die Milz, als ein sehr blutreiches Organ, der Ort ist, wo das Malaria-Contagium seine Zerstörungsarbeit an den rothen Blutkörperchen ausführt.

Künstlich kann man die rothen Blutkörperchen zerstören, wenn man Sauerstoff oder Kohlensäure durch das Blut leitet, ferner wenn man zum Blute Säuren oder Alkalien hinzufügt. Durch alle diese Stoffe, im Ueberschuss dem Blute zugeführt, werden chemische Verbindungen zwischen ihnen und den einzelnen Bestandtheilen der rothen Blutkörperchen eingeleitet, die nothwendigerweise mit der Zerstörung der letzteren enden müssen.

Chlorgas entfärbt das Blut und verwandelt es in einen grünlichgelben schmierigen Brei; Schwefelwasserstoffgas macht es ebenfalls missfarbig und zersetzt es unter Verdickung und grünlicher Weissfärbung. Ersteres, das Chlorgas, hat sowohl zum Eisen als auch zum Kalium und Calcium eine sehr kräftige

Verwandtschaft und entreisst daher diese Stoffe den Blutkörperchen; ebenso verbindet sich der Schwefel des Schwefelwasserstoffgases auch leicht mit dem Eisen, dem Kalium und Calcium u. s. w. der rothen Blutkörperchen, während der Wasserstoff durch den Sauerstoff der rothen Blutkörperchen zu Wasser oxydirt wird.

Arsenwasserstoff färbt das Blut ockerbraun; die starke Verwandtschaft des Arsen zum Eisen ist bekannt.

Gallensaure Salze zerstören die rothen Blutkörperchen, weil diese Säuren bei ihrer leichten Verbrennlichkeit sehr rasch den Blutkörperchen den Sauerstoff entziehen, während die aus dieser Verbrennung hervorgehende Kohlensäure sich mit der Basis (Natron) jener Salze verbindet, daher nicht an die Stelle des Sauerstoffes zu den rothen Blutkörperchen treten kann, diese also vollkommen entgast sind.

Die Entgasung des Blutes, also die vollständige Beseitigung der Gashülle um die rothen Blutkörperchen hat aber, nach den hierüber angestellten Versuchen, das Zusammenfliessen dieser Blutkörperchen, ihre Zerstörung zur unausbleiblichen Folge.

Ein durch das Blut geleiteter starker elektrischer Strom zerstört ebenfalls die rothen Blutkörperchen, weil er den Sauerstoff in der Hülle derselben in heftige Bewegung versetzt, diese Sauerstoffhülle erschüttert und zerstört, so dass ihre hierbei in Freiheit gesetzten Moleküle, ohnedem im Zustande des Ozons (Verdichtung), sich fester, d. i. chemisch, mit den übrigen Blutbestand-

theilen, also auch mit jenen der Blutkörperchen verbinden können.

Es ist begreiflich, dass im stehenden, aus der Ader gelassenen Blute der Sauerstoff der Blutkörperchenhüllen von den im Blutplasma enthaltenen, leicht oxydirbaren Stoffen (Eiweissstoffe und Kohlehydrate) in kurzer Zeit aufgezehrt sein wird, worauf diese, ihrer Sauerstoffhülle entkleideten Blutkörperchen unter einander und mit dem Blutplasma selbst in eine innigere Berührung und in einen mechanisch-festeren gegenseitigen Zusammenhang treten können, in Folge dessen eine Stockung in dem ganzen Blute, die zur Gerinnung desselben führt, eintreten muss.

Ist in der Gashülle der einzelnen Blutkörperchen ein grösserer Theil des Sauerstoffes oder der ganze Sauerstoff durch Kohlensäure vertreten, so wird sich diese letztere Gashülle länger erhalten als die einer Sauerstoffhülle, die fortwährend einer Veränderung, nämlich einer Reducirung durch die sie umgebenden, leicht reducirenden Substanzen unterliegt. Ein solches kohlen-säurereiches, venöses Blut gerinnt daher viel später als ein sauerstoffreiches. Kohlensaure Alkalien verzögern die Gerinnung, weil aus denselben die Kohlensäure durch die beim Stehen des Blutes durch Oxydationsprocesse sich bildenden stärkeren Säuren (Harnsäure, Milchsäure) ausgetrieben wird, welche ausgetriebene Kohlensäure zu den rothen Blutkörperchen an Stelle des abgezogenen Sauerstoffes tritt und die Gashülle um dieselbe wieder ergänzt. Zucker

verzögert aus ähnlichem Grunde die Blutgerinnung; denn er wird durch den Sauerstoff der Blutkörperchenhüllen zu Kohlensäure verbrannt, welche ebenfalls die Gashülle um die rothen Blutkörperchen wieder herstellt.

Innerhalb der Gefässe finden die rothen Blutkörperchen für den ihnen aus ihrer Gashülle entrissenen Sauerstoff alsbald wieder Ersatz in dieser Hülle durch Zuzug von Kohlensäure, so dass sie nie einer Gashülle gänzlich verlustig werden sollten. Allein sowohl der Sauerstoff als auch die Kohlensäure in dieser Gashülle ist nicht ganz indifferent gegen die rothen Blutkörperchen, gegen ihre Stoffe; diese müssen vielmehr von beiden Gasen immer mehr angegriffen werden und das Endresultat davon wird die Zerstörung, der Zerfall oder der Tod dieser rothen Blutkörperchen sein, besonders wenn, wie es in der Milz thatsächlich der Fall ist, eine grosse Menge lebender Zellen, nämlich die farblosen oder weissen Blutkörperchen oder die Lymphkörperchen auf die rothen Blutkörperchen einstürmen und ihnen zuerst den Sauerstoff entreissen und dann aus den ihrerschützenden Hülle beraubten rothen Blutkörperchen selbst sich die nöthigen Nährstoffe, vorzüglich die anorganischen Körper und unter diesen das Eisen verschaffen.

So lässt sich das Zugrundegehen der rothen Blutkörperchen in der Milz als ein wahres Verzehrtwerden derselben durch die weissen bezeichnen. (Brücke.) Diesem Schicksale eines natürlichen Todes

werden die von der Arbeit am meisten erschöpften rothen Blutkörperchen vor den noch jüngeren und kräftigeren verfallen. Diese Arbeit besteht, wie wir gesehen haben, in einem ununterbrochenen Transporte von Sauerstoff hin in die Körpergewebe und von Kohlensäure zurück aus jenen Geweben; sie ist also mit einem Wechsel dieser Gase auf dem Leibe den rothen Blutkörperchen verbunden, welcher Gaswechsel in häufiger Wiederkehr endlich den Bau, das Gefüge der rothen Blutkörperchen angreift, ihn lockert, an ihm Lücken oder Substanzverluste hervorbringt, wodurch dem endlichen Zerfalle, dem Tode der Blutkörperchen zugesteuert und vorgearbeitet wird.

In diesem Kampfe um das Dasein gehen natürlich auch weisse Blutkörperchen zu Grunde und zwar durch Oxydation oder Verbrennung. Dennoch haben in dem aus der Milz austretenden Blute die weissen Blutkörperchen im Vergleiche zu dem in die Milz eintretenden Blute an Zahl ungemein zugenommen. Im eintretenden (arteriellen) Blute ist das Verhältniss von weissen zu rothen wie 1 : 2000, im austretenden (venösen) Blute aber wie 1 : 70. Anders ist es in der Leber. Hier wird der Sauerstoff der rothen Blutkörperchen vorzugsweise zur Bildung der gallensauren Salze, namentlich des Glyko- und Taurocholsauren Natron verwendet, während der Blutfarbestoff in die Gallenfarbestoffe verwandelt wird. Auch hier gehen viele rothe Blutkörperchen zu Grunde, so dass in dem aus der Leber austretenden Blute (venöses) 1 farbloses oder weisses auf 136 rothe kommt, während in dem in die Leber eintretenden Blute 1 farb-

loses auf 524 rothe kommt. Den sichersten Gradmesser für den Zerfall rother Blutkörperchen bietet der in den Nieren zur Ausscheidung kommende Harnstoff, welcher mit jenem Zerfalle steigt und sinkt. Der Harnstoff geht eben aus zerfallenden Gewebselementen, aus der Umsetzung des Protoplasma des absterbenden Zellenleibes hervor. Da der Harnstoff in allen fieberhaften Krankheiten und bei allen ausge dehnteren Entzündungen vermehrt erscheint, so kann man mit allem Grund auf einen stärkeren Gewebs- und Blutkörperchenzerfall schliessen. Aehnliches gilt von der Schwefelsäure, die in Verbindung mit Kali, steigend und fallend mit der Harnstoffmenge, durch den Urin ausgeschieden wird. Diese Schwefelsäure rührt von der Oxydation des Schwefels her, der ein constanter Bestandtheil aller eiweisshaltigen Gewebeist, also auch im Protoplasma jeder Zelle, und somit auch in den Blutkörperchen enthalten ist. Je mehr nun Gewebselemente (Zellen) und Blutkörperchen zerfallen, desto grösser ist die Menge des dabei ausgeschiedenen und frei gewordenen Schwefels, der sofort zur Schwefelsäure oxydirt wird, die sich mit dem Kali im Blute verbindet, und mit diesem in den Nieren ausgeschieden wird. Von den übrigen Blutsalzen, namentlich von den phosphorsauren Alkalien und Erden und vom Eisen lässt sich ein Gleiches nicht sagen, diese werden vielmehr, selbst bei massenhafterem Zerfalle von Blutkörperchen und anderen zelligen Elementen, mit einer besonderen Zähigkeit im Körper zurückge-

halten, und zwar zum Zwecke des Aufbaues neuer Blutkörperchen und neuer Gewebsbestandtheile entweder aus der Nahrung oder in Ermangelung derselben aus den Eiweissstoffen und Kohlehydraten des Körpers selbst, wie bei länger andauernder Nahrungsentziehung, wo der Körper auf seine eigenen Kosten lebt, an seiner eigenen Substanz zehrt. Der Schwefel wird den neu sich bildenden Blutkörperchen aus allen Eiweiss haltigen Geweben, die zum Aufbaue der Blutkörperchen im Falle der Nahrungsentziehung in Anspruch genommen werden, in genügender Menge zugeführt; dagegen sind die phosphorsauren Salze und das Eisen vorzugsweise die Bestandtheile der rothen Blutkörperchen und bemächtigen sich nach Zerfall derselben die jungen Blutkörperchen, die farblosen, wovon bereits wiederholt die Rede gewesen, der bei jenem Zerfalle frei werdenden anorganischen Stoffe, nämlich des Phosphors, des Kaliums, des Kalkes, des Natriums, der Magnesia und des Eisens.

VI.

Was nun die **Abstammung** und die **Bildung der rothen Blutkörperchen** anbelangt, so ist es erwiesen, dass sie sich aus den farblosen (weissen) Blutkörperchen oder Lymphkörperchen, oder allgemeiner ausgedrückt, aus lymphoiden Zellen entwickeln und dass als die Bildungsstätten oder als die Muttergebilde der farblosen Blutkörperchen die Lymphdrüsen, welche in der Bahn

der Lymph- und Chylusgefäße eingeschaltet sind, und als deren Vorbild die Mesenterial- oder Gekrösdrüsen gelten können, ferner die Milz und das adenoide (drüsenartige) Gewebe des Knochenmarkes angesehen werden müssen.

Die Substanz der Lymphdrüsen-Elemente besteht aus einem zarten Bindegewebe, welches zugleich ein Keimlager für lymphoide Zellen ist. Dieses Keimlager ist in Gestalt eines Netzwerkes von vielfach mit einander verbundenen Balken angeordnet, welche man wegen der grossen Menge von Zellen, welche sie enthalten, Zellenbalken nennt. Diese Balken bilden das Gerüst der Drüsen und enthalten auch die Blutgefäße, durch welche dieses Gerüst ernährt wird, und durch welche ein Theil des Materials zur Bildung der lymphoiden Zellen herbeigeschafft wird, nicht minder auch der Sauerstoff, welcher zur Anregung und zur Instandhaltung des Stoffwechsels in den neu entstehenden jungen Zellen unbedingt nothwendig ist.

Bezüglich der Bildung der farblosen Blutkörperchen in den Lymphdrüsen bemerkt Brücke (in seinen physiologischen Vorlesungen, S. 198) Folgendes:

„Die Lymphkörperchen entstehen in den Lymphdrüsen. Dafür kann man einen einfachen und sehr schlagenden Beweis liefern. Bei den reissenden Thieren sind alle Lymphdrüsen des Mesenteriums in eine grosse Lymphdrüse gesammelt, in das sogenannte Pankreas Asellii, die halbmondförmig an der Wurzel des Mesen-

teriums liegt. Wenn man nun Lymphe aus den Lymphgefässen des Mesenteriums nimmt, welche als Vasa inferentia in die Drüse hineingehen, so findet man in dieser Lymphe fast gar keine Lymphkörperchen. Es ist gut, das Thier — (man wählt am liebsten eine Katze) — mit möglichst fettfreiem Fleische zu füttern, weil dann der Chylus der Vasa inferentia (einführende Lymphgefässe) klar, wasserhell ist. Wenn man zu derselben Zeit den Chylus der Vasa efferentia (ausführende) untersucht, so findet man, dass er trübe ist, dass er opalisirt und unter dem Mikroskope sieht man, dass diess nur herrührt von einer sehr grossen Menge von Lymphkörperchen, die darin enthalten sind. Wenn also die Vasa inferentia diese Lymphkörperchen nicht enthalten, so müssen sie offenbar aus der Drüse gekommen sein. Wir sind auch nicht in Verlegenheit zu sagen, woher sie kommen: denn wenn wir die ganzen Zellenmassen, von den Drüsen-elementen der Corticalsubstanz an bis an die Oberfläche der einzelnen Zellenbalken hin, betrachten, so finden wir lauter lymphoide Zellen, von ihrem ersten Anfange als ein kleines Körnchen, bis zu ihrer vollständigen Ausbildung mit einem vollkommen entwickelten Protoplasma-leibe, und diese am meisten entwickelten Zellen liegen an der Oberfläche der Zellenbalken und begrenzen unmittelbar die tiefen Lymphbahnen. Es unterliegt also keinem Zweifel, dass diese Zellen hier, nachdem sie ihre volle Reife erlangt haben, abfallen, dass sie vom Strome der Lymphe fortgespült und nunmehr in den Vasa efferentia als Lymphkörperchen gefunden werden.“

Als Orte der unmittelbaren Umbildung der farblosen Blutkörperchen in gefärbte rothe Blutkörperchen wurden die Milz, in neuester Zeit aber vorzugsweise das Knochenmark bezeichnet.

Dr. Kusnetzow beobachtete direct das Hineinwandern rother Blutkörperchen in die aus der Milz (Milzpulpa) stammenden farblosen (weissen) Zellen, welche man mit vollem Grunde als Lymphkörper bezeichnet, wornach also die ersteren durch die letzteren verzehrt werden, in diesen in Stücke zerfallen und zu Grunde gehen. Dem Schicksale des Zugrundegehens müssen natürlich alle rothen Blutkörperchen, nachdem sie durch einige Zeit fungirt haben, verfallen. Je stärker die rothen Blutkörperchen durch den Sauerstofftransport in Anspruch genommen werden und je weniger fest ihr Bau ist, desto früher wird sie dieses Schicksal ereilen. Auch wird eine übermässige Lymphkörperchen-Entwicklung, eine Ueberproduction der Milz an weissen Lymphkörperchen, die alle als Angreifer auf die rothen Blutkörperchen auftreten, letzteren ein frühzeitiges Ende bereiten. Nach den bisherigen Beobachtungen über das Verzehrtwerden der rothen Blutkörperchen durch die farblosen Zellen der Milzpulpa dürfte es vorzüglich das Hämoglobin der gefärbten Blutkörperchen sein, welches verzehrt wird, und zwar vorzüglich das Eisen des Hämoglobins, welches zur Umwandlung der farblosen Blutkörperchen in rothe unbedingt nothwendig ist. Als den Stoff, welcher in den farblosen Blutkörperchen anziehend auf das Eisen des Hämoglobins wirkt,

können wir nur den Phosphor in den Kernen der farblosen Zellen (Lymphkörperchen) ansehen; denn dieser besitzt eine ausserordentlich starke Verwandtschaft zum Eisen. (Hierüber meine Abhandlung über die Rolle des Eisens im pflanzlichen und thierischen Organismus.)

Und indem das Eisen des Hämoglobins und mit diesem noch andere, an ihm fester haftende anorganische Stoffe (Kalium, Chlor, Calcium, Magnesium) zu dem Phosphor des Zellkernes sich hinbegeben und der Phosphor des Zellkernes diesen Stoffen entgegenwandert, aus dem Zellkerne also austritt, um sich mit den eintretenden Stoffen in das molekulare Gleichgewicht zu setzen und mit ihnen sich zu neuen Stoffcomplexen zu gruppieren, zerfällt der Zellkern in Trümmer und verschwindet derselbe und damit das wichtigste Attribut der Zelle. (Meine obige Abhandlung über die Zelle.)

Mit dem Eintritte des Eisens in den Zellenleib des weissen Blutkörperchens hat dieses sein eigentliches Zellenleben abgeschlossen, und ist dasselbe in der Gestalt des rothen Blutkörperchens zum passiven Arbeiter für die Arbeitsmaschine des Körpers geworden, indem es von nun an die höchst wichtige Rolle der Sauerstoffbindung und des Sauerstofftransportes übernimmt, bei welcher Arbeit sich das eisenhaltige Blutkörperchen auch äusserlich durch seine rothe Färbung kennbar macht. Auch die Gestalt des rothen Blutkörperchens ist mit dem Eintritte des Eisens in dasselbe eine andere geworden, nämlich die einer biconcaven

Linse. Die Gestaltveränderung der weissen Blutkörperchen von der runden in die scheibenförmige oder münzenförmige Form mit einer Concavität oder Vertiefung auf jeder der beiden einander gegenüberstehenden breiten Flächen mag auch nur auf dem Acte der Einwanderung des Eisens und seiner Begleiter in das weisse runde Blutkörperchen beruhen und die Vertiefung, die Delle auf jeder dieser beiden Breitseiten, scheint eben den Ort jener Einwanderung anzudeuten, bei welcher sich der Zellenleib des weissen Blutkörperchens, dem Zuge seines phosphorhaltigen Kernes auf das ausserhalb befindliche Eisen folgend, sich zusammenzog, sich gleichsam einstülpte und so die bemerkte Vertiefung an beiden Seiten erzeugte, die dem rothen Blutkörperchen anhaften blieb.

Diese Vorstellung von der Umwandlung farbloser Lymphkörperchen in (kernlose) gefärbte Blutkörperchen dürfte wohl die plausibelste sein.

Im Knochenmarke scheint bei der Abspaltung des Kalkes durch die Knochenzellen (Knochenkörperchen) zur Knochenbildung das Eisen, welches jeder Kalk enthält (meine Abhandlung über das Eisen im pflanzlichen Organismus), frei zu werden, welches Eisen in der geschilderten Weise in die farblosen Zellen des Drüsengewebes im Knochenmarke wandert. Da bei jedem Zerfalle rother Blutkörperchen, wie man ihn in dem drüsenartigen (adenoiden) Knochengewebe, ähnlich wie in der Milz, annehmen muss, auch Sauerstoff, nämlich der von

ihnen locker gebundene frei wird, so kann dieser Sauerstoff im Knochenmarke gleich zur Bildung des phosphorsauren Kalkes für die Knochensubstanz verwendet werden.

In der Milz wird der beim Zerfalle der rothen Blutkörperchen frei werdende Sauerstoff zu mannigfachen Oxydationen stickstoffhaltiger und stickstofffreier Verbindungen sowohl der Blutkörperchen selbst als auch des Blutplasma verwendet, wie die verschiedenen Zersetzungsproducte im Milzblute zeigen.

Folgende Stoffe fand man in wässerigen, sauer reagirenden Auszügen der Milz von Menschen und Thieren (Ochsen):

Lösliches Albumin, — ein durch Essigsäure fällbarer stark eisenhaltiger Eiweissstoff, — verschiedene eisenhaltige Pigmente, — Fette, worunter ein halbfestes, — Cholesterin, — flüchtige Fettsäuren: Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Milchsäure, Bernsteinsäure; — Inosit, — Harnsäure, — Hypoxanthin, — Xanthin, — Leucin, — Tyrosin, — Taurin, — anorganische Stoffe: Kalium, Natrium, Magnesium, Calcium, Eisen und Mangan, gebunden an Chlor, Phosphorsäure, Schwefelsäure; — Kieselerde und nicht selten Spuren von Kupfer und Blei. Die Milz ist also nicht nur eine reiche Geburtsstätte für weisse Blutkörperchen, die zu rothen Blutkörperchen umgewandelt werden, sondern sie ist auch eine grosse Grabstätte für die alten abgenützten und schadhaf gewordenen, oder sonst wie kranken rothen Blutkörperchen,

welche dem Dienste der Sauerstoffbindung und des Sauerstofftransportes nicht mehr vorstehen können.

Von den aufgezählten Zersetzungsproducten dürften sich manche erst während der chemischen Untersuchung gebildet und bereits vorhandene vermehrt haben.

Schlusswort.

Die bisherigen Auseinandersetzungen über die Rolle des Eisens im menschlichen Blute lassen sich als eine chemisch-physikalische Grundlage zu weiteren Betrachtungen benützen, die zu einem gründlicheren und tieferen Einblicke in das Blutleben führen dürften, als es bisher möglich war.

Diese Betrachtungen werden Gegenstand einer besonderen Abhandlung sein, die demnächst im Buchhandel (bei Carl Gerold's Sohn) erscheinen wird, auf welche ich diejenigen der geehrten Leser, welche sich für diesen Gegenstand näher interessiren, aufmerksam zu machen, mir hier erlaube.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1877

Band/Volume: [17](#)

Autor(en)/Author(s): Hammerschmied Johann

Artikel/Article: [Die Rolle des Eisens im menschlichen Blute. Ein Beitrag zur Physiologie des Blutes. 157-203](#)