

Über die Blutfarbstoffe.

Von

Dr. Richard v. Zeynek.

Vortrag, gehalten den 22. Januar 1902.

(Mit Experimenten.)

Mit 2 Tafeln.

Was immer man über das Blut erzählen möge, bewirkt beim Laien ein leichtes Unbehagen, das in erster Linie auf Egoismus zurückzuführen ist, indem sich jeder der Bedeutung des Blutes für das Leben bewusst ist und weiß, dass ein größerer Blutverlust gleichbedeutend ist mit einer schweren Schädigung des Organismus. Wir wollen uns heute aber von dieser Erwägung freihalten, uns mit einer Classe zwar aus dem Blute dargestellter, jedoch aus dem Zusammenhange des Lebens losgelöster Substanzen beschäftigen, den respiratorischen Farbstoffen, welche als die typischen Träger einer Anzahl der wertvollen Eigenschaften des Blutes zu gelten haben.

Nur als Einleitung sei erwähnt, dass alle Actionen der Organismen abhängig sind von einem Kraftverbrauch in den Organismen. Die Kräfte werden durch chemische Prozesse geliefert, deren Gesamtheit als Stoffwechsel bezeichnet wird. Als Kraftquelle dienen die Substanzen der Nahrung. Eine weitgehende Zersetzung derselben erfolgt im Organismus durch die Einwirkung des Sauerstoffes der Luft auf die Nahrungsstoffe, ein Vorgang, welcher dem der uns wohlbekannten Verbrennung brennbarer Materialien weitgehende Ähnlichkeit hat. Den Sauerstoff der Atmosphäre vermittelt nun das Blut bei der Athmung eben durch seinen Gehalt an respiratori-

schem Farbstoff, der schlechtweg als Blutfarbstoff bezeichnet wird.

Man hat durch sorgfältige Untersuchungen gefunden, dass jede Blutart nur je einen solchen Farbstoff enthält, dass aber die verschiedenen Thierarten von einander verschiedene Blutfarbstoffe besitzen.

Die Blutfarbstoffe gehören in die Gruppe der Eiweißkörper, wie ich in einem vor drei Jahren gehaltenen Vortrage ¹⁾ hier auszuführen die Ehre hatte. Es gilt für die Blutfarbstoffe das über Eiweißkörper Mitgetheilte: von allen übrigen, chemisch näher studierten Substanzen unterscheiden sie sich durch die enorme Größe ihres Molecüls. Sie sind infolge dessen auch Colloide, d. h. sie können die feinen Poren thierischer Membranen, wie Pergament, Rindsblase, ebensowenig wie die des künstlichen Pergamentpapieres, welches sich wie eine solche Membran verhält, passieren. Hier sei gleich darauf hingewiesen, dass die Blutfarbstoffe noch complicierter zusammengesetzt sind als die eigentlichen Eiweißkörper, indem sie bei der Wirkung schwacher Reagentien in eigentliche Eiweißkörper und sehr charakteristische Farbstoffe von geringerem Moleculargewicht zerfallen.

Die Blutfarbstoffe sind sämmtlich in Wasser löslich, als Eiweißkörper gegen Säuren und Laugen sehr empfindlich, ebenso gegen höhere Temperatur. Bei einer zwischen 60° — 70° liegenden Temperatur werden sie

¹⁾ Über die Eiweißkörper, Vortrag, gehalten den 1. März 1899.

in eine unlösliche Form übergeführt, ebenso durch Weingeistzusatz und noch durch eine Reihe wasserentziehender Mittel; man bezeichnet diese Veränderung, nach deren Eintritt die ursprünglichen Körper nicht mehr gewonnen werden können, als Gerinnung oder Coagulation.

Diese Blutfarbstoffe oder respiratorischen Farbstoffe lassen sich in mehrere von einander wesentlich verschiedene Gruppen bringen. Die erste und bestbekannte Gruppe ist die der Blutfarbstoffe schlechtweg oder Hämoglobine (sing. das Hämoglobin), jener Farbstoffe, die im Blute der Wirbelthiere vorkommen. Es sind intensiv purpurrothe Substanzen, sämmtlich eisenhaltig. Wenn sie den respiratorischen Sauerstoff aufgenommen haben, werden sie heller roth gefärbt.

Die zweite Gruppe umfasst die Blutfarbstoffe von Arthropoden und Mollusken (Krebsen, Schnecken, Muscheln u. dgl.), welche kupferhaltig sind, die Hämocyane. Sie sind farblos, nach der Aufnahme von Sauerstoff sind sie blau gefärbt.

Als dritte Gruppe fasst man violette bis purpurrothe Farbstoffe zusammen, welche sich bei niederen (wirbellosen) Thieren, insbesondere Meeresthieren finden und auch respiratorische Farbstoffe sind, wengleich man von einem eigentlichen Blute bei diesen Thieren nicht sprechen kann, die Floridine; sie sind noch wenig untersucht, da die Beschaffung des Materiales schwierig ist.

Wir wollen uns heute nur mit der ersten Gruppe dieser Körper, den Hämoglobinen, beschäftigen. —

Auch hier sei betont, was bei der Besprechung der Eiweißkörper im allgemeinen ausgeführt wurde, dass die Versuche und Arbeiten mit diesen Substanzen wegen ihrer Complicirtheit und Empfindlichkeit großen Schwierigkeiten unterliegen. Dass ich heute ein specielleres, sehr schwieriges Thema zur Erörterung gewählt habe, sei damit erklärt, dass sich an diesem zeigen lässt, wie die meisten Aufgaben in der physiologischen Chemie der Lösung zugeführt werden.

Vor den eigentlichen Eiweißkörpern bieten die Hämoglobine dem Forscher einen wesentlichen Vortheil, dass sie nämlich relativ leicht in reiner Beschaffenheit dargestellt werden können. Wir haben in der Chemie wenig Methoden, um einen Körper sicher als einheitlich und chemisch rein zu charakterisieren, und speciell bei so complicierten Substanzen, wie es die Eiweißkörper sind, bedarf es oft sehr großer Mühe, um eines ihrer Präparate als frei von Verunreinigungen zu erweisen.

Die Reindarstellung der Hämoglobine ist dadurch ermöglicht, dass jedes bisher untersuchte Hämoglobin krystallisierbar ist. Man kann die Krystalle in Wasser lösen, die Lösung wieder zur Krystallisation bringen und durch die Wiederholung dieses Vorganges die den Krystallen anhaftenden Verunreinigungen vollständig entfernen. Meist sind allerdings die Krystalle mikroskopisch klein, hie und da gelingt es bei einiger Sorgfalt, mit freiem Auge sichtbare Krystalle zu erhalten.

Diese Eigenschaft des Blutfarbstoffes ist im Ver-
gleiche mit anderen Eiweißstoffen so eigenartig, dass man

lange nicht glauben wollte, es seien dies wahre Krystalle. Schon in den Vierzigerjahren des vorigen Jahrhunderts hatten Zoologen und Physiologen gelegentlich solche Beobachtungen mitgetheilt; man dachte lange an alle möglichen Täuschungen: es seien irgendwelche Krystalle bloß mit Blutfarbstoff imprägniert u. dgl. Jetzt weiß man sicher, dass die Hämoglobinkrystalle echte Krystalle sind. Erst spät gelang es, auch andere Eiweißkörper in krystallisierter Form abzuscheiden, aber immer noch ist die Darstellung der letzteren umständlich und für größere Mengen schwierig.

Die Darstellung eines Hämoglobins aus dem Blute ist meist nicht sonderlich schwierig. Man trennt zuerst die rothen Blutkörperchen, die das ganze Hämoglobin enthalten, mittels einer Centrifuge von der Blutflüssigkeit: die Blutkörperchen werden zerstört, das geschieht durch Schütteln mit Äther, durch Gefrierenlassen und Wiederaufthauen der Blutkörperchen, durch Zusatz von Wasser, das auf 40° erwärmt ist. Dadurch tritt der Blutfarbstoff aus den rothen Blutkörperchen aus; er wird in einer hinreichenden Wassermenge gelöst und durch Filtration von dem unlöslich zurückgebliebenen Gerüste der Blutkörperchen befreit.

Die so erhaltenen Lösungen verhalten sich nach der Thierspecies etwas verschieden, da die verschiedenen Hämoglobine in verschiedenem Grade in Wasser löslich sind. So erweist sich das Hämoglobin aus dem Blute des Eichhörnchens, des Meerschweinchens, der Ratte, des Hundes, aus dem Blute der meisten Fische als in Wasser

schwer löslich und leicht krystallisierbar, das Hämoglobin vom Rind, vom Schwein, vom Haring, auch das des Menschen krystallisiert schwierig, weil diese Hämoglobine in Wasser außerordentlich leicht löslich sind. Auffallend ist auch der große Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit. Bei etwa 40 ° C. lösen sich alle Hämoglobine leicht in Wasser, während sie bei niederer Temperatur wesentlich schwerer löslich sind.

Aus den Blutfarbstofflösungen der erstgenannten Thiere scheiden sich daher die Krystalle in der Kälte ohneweiters aus; bei den später genannten muss zur Lösung ein Zusatz gegeben werden, welcher die Löslichkeit des Blutfarbstoffes verringert. Wir verwenden entweder einen geringen Weingeistzusatz, welcher noch keine Coagulation hervorbringt, oder Zusatz von schwefelsaurem Ammonium. Werden die so behandelten Lösungen in die Kälte gestellt, so tritt allmählich die krystallisierte Ausscheidung des Blutfarbstoffes ein.

Es wurde schon anfangs erwähnt, dass sämtliche Blutfarbstoffe die Fähigkeit haben, als respiratorische Farbstoffe Sauerstoff zu binden und denselben an sauerstoffbedürftige (oxydable) Substanzen wieder abzugeben. Wenn wir bei der Darstellung der Krystalle den Luftzutritt nicht ausschließen, erhalten wir dessen Sauerstoffverbindung, die man Oxyhämoglobin genannt hat. Das ist die biologische Function der Blutfarbstoffe; sie ist in allen Organismen die gleiche: nämlich Sauerstoff den Geweben zuzuführen. Daher hätte man gerne erklären mögen, dass die von einander verschiedenen

Eigenschaften der einzelnen Blutfarbstoffe noch auf Verunreinigungen zurückzuführen seien. Es ist dies nicht erfolgreich gewesen; thatsächlich bestehen relativ große Unterschiede zwischen den einzelnen Vertretern dieser Gruppe, wie die genaue chemische Analyse und auch die Beobachtung der Krystallformen ergibt. Die Unterschiede einzelner Hämoglobine in der chemischen Zusammensetzung zeigt die beistehende Tabelle, welche nach den verlässlichsten Analysen zusammengestellt ist.

100 Theile Blutfarbstoff vom	e n t h a l t e n P r o c e n t e					
	Kohlenst.	Wasserst.	Stickst.	Schwefel	Eisen	Sauerstoff
Pferd	54·40	7·20	17·61	0·65	0·34	19·80
Hund	54·57	7·22	16·38	0·57	0·34	20·92
Schwein	53·99	7·18	16·19	0·66	0·34	21·64
Meerschweinchen	54·12	7·36	16·78	0·58	0·48	20·68
Eichhörnchen . .	54·09	7·39	16·09	0·59	0·40	21·44
Huhn	52·47	7·19	16·45	0·86	0·34	22·49
						Phosphor 0·2

Man sieht aus dieser Tabelle, dass die Analysenzahlen nur näherungsweise gleich sind; die meisten dieser kleinen Unterschiede können nicht auf unvermeidliche Versuchsfehler zurückgeführt werden, sondern entsprechen einer verschiedenen Zusammensetzung.

Statt langer Erklärungen seien hier die Abbildungen (s. Tafel I) einiger Blutfarbstoffkrystalle beigelegt. Wenn man diese Bilder sieht, wundert man sich, wieso es so lange gedauert hat, bis die Überzeugung durchgedrungen ist, dass hier wirkliche Krystalle vorliegen.

Zum Vergleiche ist noch eine Abbildung von den Krystallen eines anderen Eiweißkörpers, der in den letzten Jahren krystallisiert erhalten wurde, des Serumalbumins, beigegeben. Die Reindarstellung einer halbwegs größeren Menge von Krystallen des letzteren macht jedoch große Schwierigkeiten, während Blutfarbstoff thatsächlich in beliebigen Quantitäten rein hergestellt werden kann.

Den Eiweißkrystallen, also auch den Blutfarbstoffkrystallen kommt eine merkwürdige Eigenschaft zu, die sie von allen anderen krystallinisch dargestellten Substanzen unterscheidet. In frischem Zustande sind sie weich und brüchig, sie kleben leicht aneinander, erst nach dem Trocknen werden sie hart und unterscheiden sich dann in nichts von den gewöhnlichen Krystallen. Will man die trockenen Krystalle wieder lösen, so sieht man das Umgekehrte: erst erweichen die spröden, harten Krystalle, die erweichten Theile lösen sich dann rasch auf. Man muss dieses seltsame Phänomen auch auf die Moleculargröße zurückführen. Man stellt sich dies so vor, dass die großen Hämoglobinmolecüle sich nicht so dicht aneinander legen können, als dass nicht die kleinen Wassermolecüle zwischen ihnen noch Raum fänden, selbst wenn das Krystallgefüge schon so dicht als möglich sich geschlossen hat.

Nun kommen wir zu der interessantesten Eigenschaft der Hämoglobine, die ihre biologische Wichtigkeit bedingt, nämlich zu ihrer Fähigkeit, mit einigen Gasen lockere Verbindungen einzugehen.

Von diesen Verbindungen sind uns zwei besonders

interessant: die Verbindung mit Sauerstoff, auf welcher die Athmung der Wirbelthiere basiert, und die Verbindung mit Kohlenoxyd, welche sich beim Athmen in kohlenoxydhaltiger Luft (Kohlendunst) bildet und die Ursache ist, dass dieses Gas für die Organismen ein Gift ist.

Die Verbindung mit Sauerstoff bezeichnet man, wie schon erwähnt, als Oxyhämoglobin, die Verbindung mit Kohlenoxyd als Kohlenoxydhämoglobin.

Beide Verbindungen bilden sich, wenn Hämoglobin mit den betreffenden Gasen zusammentrifft. Sie sind recht leicht zerlegbar, es genügt, sie in einen luftleeren Raum zu bringen, um die Gase wieder „abzuspalten“. Das Kohlenoxydhämoglobin ist in dieser Hinsicht etwas resistenter als das Oxyhämoglobin; das Kohlenoxyd ist sogar imstande, den Sauerstoff aus seiner Bindung mit Hämoglobin zu verdrängen, daher Oxyhämoglobin beim Schütteln mit Kohlenoxyd unter Freiwerden von Sauerstoff zerlegt wird.

Dieser Vorgang vollzieht sich gegebenenfalls auch in der Lunge; da das Kohlenoxydhämoglobin dem Organismus nur Ballast ist, erklärt sich die schwere Schädigung durch Einathmen dieses Gases. Nur langsam wird das Kohlenoxydhämoglobin beim Athmen in reiner Luft — respective im Laboratorium beim Schütteln mit Luft oder Sauerstoff — wieder zerlegt und das Hämoglobin seiner wichtigen Bestimmung zugeführt. Nebenbei sei erwähnt, dass das Kohlenoxyd ein geruchloses Gas ist; eben dadurch kommen recht häufig Vergiftungen mit demselben vor.

Durch sehr genaue und schwierige Messungen hat es sich ergeben, dass ein Molecül Hämoglobin ein Molecül des betreffenden Gases bindet; da das Moleculargewicht des Hämoglobins etwas über 16.000 beträgt (das Gewicht eines Molecüls Wasserstoff = 2 gesetzt), so bindet 1 *g* Hämoglobin 1·34 *cm*³ Gas, Sauerstoff oder Kohlenoxyd, die Gasmenge gemessen bei 0⁰ und unter dem normalen Luftdruck.

Nach seinem Gewichte ist dies eine geringe Gasmenge. Da 1 Liter Sauerstoff bei 0⁰ und dem angegebenen Drucke etwa 1·43 *g* wiegt, so entsprechen die 1·34 *cm*³ 0·00189 *g* Sauerstoff (für Kohlenoxyd 0·00165 *g*), also nicht einmal zwei Zehntel-Procente von dem Hämoglobingewichte. Wenn man aber die enorme Raschheit des Blutlaufes bedenkt, so ändert sich das Bild. Zur Orientierung sei erwähnt, dass die Blutfarbstoffmenge des erwachsenen Menschen etwa $\frac{1}{2}$ *kg* beträgt; diese Menge könnte nur etwa 1 *g* Sauerstoff binden. Die Raschheit des Blutkreislaufes ist beim Menschen nicht zu messen, wohl aber ist sie für das Pferd und für den Hund bestimmt. Nach den Versuchen von Hering und von Vierordt braucht das Blut zur Vollendung seines ganzen Kreislaufes bei Pferden 25—31 Secunden, bei Hunden 15 Secunden; da die Zeit des Blutlaufes von der Größe des Organismus abhängig ist, kann man für den Menschen wohl eine Mittelzahl zwischen diesen beiden annehmen. Durch directe Versuche kennt man die Menge des von den Lungen aufgenommenen, also an Hämoglobin gebundenen Sauerstoffes. Sie beträgt beim

erwachsenen Menschen für 24 Stunden durchschnittlich 520 Liter. Es ist demnach erklärlich, warum das Blut, wie man durch Versuche weiß, hartnäckig seinen Blutfarbstoff festhält, nur ein geringer, wahrscheinlich abgenutzter Theil kommt zur Verbrennung, der Farbstoff gehört sozusagen zum Inventar des Organismus.

Dass eine solche Leistung sehr schwierig sein muss, wie die, Sauerstoff locker zu binden und, wo er gebraucht wird, ihn wieder abzugeben, geht wohl aus der Complicirtheit dieser Substanz hervor. Wir kennen keine Substanz, die etwas Ähnliches zu leisten vermag. Wenn es anders ohne Schädigung des Organismus möglich wäre, hätte Mutter Natur wohl etwas Einfacheres gefunden.

Über die Art und Weise, wie diese lockere Gasanlagerung erfolgt, kann man sich vorderhand noch keine exacte Vorstellung bilden. Dem Verständnis näher gerückt ist die Verwertung des Sauerstoffes dort, wo er gebraucht wird, durch die schon vor Jahren experimentell gefundene Thatsache, dass der locker gebundene Sauerstoff des Oxyhämoglobins auch im luftverdünnten Raume abgespalten wird. Man fand ferner, dass der Sauerstoff auch abgespalten wird, wenn der Gasdruck beliebig ist, aber der Sauerstoffgehalt des Gasgemisches sich verringert. So kam man zu dem Gesetze, dass die Intensität der Sauerstoffbindung lediglich von dem Sauerstoffdrucke abhängig ist, unter welchem das Oxyhämoglobin steht. Durch sehr sorgsame Versuche ist gefunden, dass die Sättigung des Hämoglobins mit Sauerstoff schon bei dem normalen Barometerstande

keine vollständige ist, dass bei dem normalen Luftdrucke überhaupt keine vollständige Sättigung des Blutfarbstoffes mit Sauerstoff eintreten kann. Auf die Details dieser Versuche kann hier nicht eingegangen werden; es ist das Verdienst Professors v. Hüfner, durch seine Studien eines der wichtigsten biologischen Gesetze gefunden zu haben, das wir kennen.¹⁾ Als Folgerungen aus diesem Gesetze ergeben sich höchst interessante Erklärungen für den Aufenthalt in verdünnter und in comprimierter Luft und für die Athemmechanik.

Darnach sind bei dem gewöhnlichen Barometerstande etwa 5 % des Blutfarbstoffes nicht mit Sauerstoff gesättigt (dissociiert), bei dem halben Luftdruck etwa 10 %, bei $\frac{1}{4}$ des Luftdruckes sind mehr als 18 % des Oxyhämoglobins dissociiert.

Damit mag die theoretische Erörterung erschöpft sein. Es sei erwähnt, dass noch mehrere andere Hämoglobinabkömmlinge, mit Stickoxyd, mit Blausäure, mit Schwefel etc. bekannt sind; wir wollen nur noch in Kürze eine Verbindung des Hämoglobins mit Sauerstoff besprechen, die bei gleicher Zusammensetzung wie Oxyhämoglobin sich in erster Linie von dem

¹⁾ Die letzte zusammenfassende Originalabhandlung v. Hüfners ist 1901 im Archiv für Anatomie und Physiologie (physiologische Abtheilung) erschienen. Hier sei nur erwähnt, dass bei gleichbleibender Temperatur das Verhältnis der Hämoglobinmenge zur Oxyhämoglobinmenge gleich ist dem Verhältnisse einer experimentell bestimmten Constanten zu dem Sauerstoffdruck, der über der Flüssigkeit herrscht.

selben unterscheidet, dass ihr Sauerstoff viel fester gebunden ist als der des Oxyhämoglobins, weder durch das Vacuum, noch durch schwache Reductionsmittel abzuspalten ist und daher auch im Organismus nicht verwertbar ist. Sie ist braun gefärbt wie englischer Porter und hat den Namen Methämoglobin bekommen. Die Umwandlung von Oxyhämoglobin in Methämoglobin sind wir imstande durch mehrere Reagentien durchzuführen, am besten durch Zusatz von rothem Blutlaugensalz oder von salpetrigsauren Salzen.

Das Methämoglobin ist eine viel stärkere Säure als das Oxyhämoglobin. Es bildet sich in geringer Menge bei vielen Krankheiten; eine traurige Berühmtheit, Methämoglobinbildung hervorzurufen, haben zwei Arzneimittel erlangt: das chlorsaure Kalium, welches zu Gurgelwässern viel gebraucht wird, und das als Fiebermittel bekannte Antifebrin. Beide bilden, in größerer Menge eingenommen, aus Oxyhämoglobin Methämoglobin und können dadurch schwere Gesundheitsstörungen, selbst den Tod bewirken.

Nun wollen wir uns einer anderen interessanten Eigenschaft der Blutfarbstoffe zuwenden, nämlich ihren optischen Erscheinungen. Es ist allbekannt, dass das Blut ein sehr großes Färbevermögen besitzt; Blutfarbstofflösungen, welche 1 Theil Oxyhämoglobin auf 10.000 Wasser enthalten, sind noch immer deutlich roth gefärbt. Man hat sich gerne mit der Vorstellung befasst, dass die Blutfarbe für den Organismus von Bedeutung sei, ist aber jetzt von solchen Ideen ganz abgekommen.

Die schönste Farbe aller Hämoglobinabkömmlinge zeigt das Kohlenoxydhämoglobin. Man bemerkt auch bei Vergiftungsfällen durch den sogenannten Kohlendunst, dass nach eingetretener Bewusstlosigkeit die Fleischfarbe auffallend rosa aussieht.

Die Farbenerscheinungen der Blutfarbstoffe sind so auffallend und charakteristisch, dass schon allein durch solche Beobachtungen der Nachweis von Blut erbracht werden kann, insbesondere wenn das Licht nach dem Passieren der Blutfarbstofflösung mittels eines Prismas in seine Lichtstrahlen zerlegt wird. Für solche Zwecke sind eigene Apparate construiert, die Spectroskope, denen zugrunde liegt, dass eine Linie des betreffenden Lichtes durch Prismen in seine Bestandtheile zerlegt wird. Dadurch, dass die einzelnen Lichtstrahlen verschieden stark durch das Prisma abgelenkt werden, sieht man ein buntes Lichtband (Spectrum).

Die Farbe eines jeden nicht selbst leuchtenden Körpers beruht nun darauf, dass derselbe Licht verschiedener Strahlengattungen (verschiedener Wellenlänge) absorbiert. So gibt es Körper, welche die ganzen blauen Lichtstrahlen verschlucken, sie sehen dadurch orange aus u. s. w. Die rothen Farben der Blutfarbstoffe beruhen darauf, dass vorwiegend einzelne Lichtstrahlen vom grünen Lichte absorbiert werden. Die einzelnen Blutfarbstoffabkömmlinge verhalten sich diesbezüglich verschieden; da diejenigen Stellen des Spectrums, in welchen die größte Absorption stattgefunden hat, dunkel erscheinen, kann man nach der Lage der

dunklen Linien entscheiden, welcher Blutfarbstoffabkömmling im gegebenen Falle vorliegt. Umgekehrt kann mit dieser Methode der Nachweis von Blutfarbstoff erbracht werden, da es leicht ist, die einzelnen Abkömmlinge desselben in einander überzuführen. Thatsächlich wird die spectroskopische Untersuchung zu medicinischen und gerichtlichen Zwecken oft verwendet, ja mit Hilfe geeignet gebauter Apparate (Spectrophotometer) können genaue quantitative Bestimmungen von Blutfarbstoffen vorgenommen werden.

Die Tafel II enthält die wichtigsten Absorptionsspectren, nämlich das Spectrum des Hämoglobins, des Oxyhämoglobins und des Methämoglobins. Von letzterem wurde schon mitgetheilt, dass es einen sehr entschiedenen Säurecharakter besitzt; dies sieht man auch bei der Spectraluntersuchung, indem auf Zusatz von Alkalien dessen Spectrum sich ändert. Die Spectren sind von verdünnten Lösungen dargestellt.

Es ist sehr auffallend und wichtig, dass sämtliche Blutfarbstoffe der verschiedensten Thiere, ebenso wie sie sich gegen Gase ganz gleich verhalten, auch spectroskopisch ganz gleich sind.

Hier sei gleich hinzugefügt, dass sich die Blutfarbstoffe nur in Bezug auf das in ihnen enthaltene Eiweiß verschieden verhalten können. In der Einleitung wurde schon erwähnt, dass die Blutfarbstoffe noch complicierter zusammengesetzt sind als die eigentlichen Eiweißkörper, und dass bei vorsichtiger Spaltung das Eiweiß derselben unzersetzt und farblos von einem Farbstoff, der etwa 4⁰/₀

des Hämoglobingewichtes ausmacht, zu trennen ist. Dieser Farbstoff ist aus den Blutfarbstoffen der verschiedensten Thierarten dargestellt worden und hat sich immer als derselbe erwiesen.

Die Spaltung des Blutfarbstoffes in seine Componenten ist leicht ausführbar, die Loslösung des Eiweißantheiles vom Farbstoffantheile erfolgt schon beim Zusatz sehr verdünnter Säuren. Eine gleiche Zerlegung ist uns allen wohl bekannt: die braune Farbe des Braten-saftes stammt, soweit sie nicht durch Röstproducte von Fett bedingt ist, von dieser Zersetzung her. Wir wollen uns um die Eiweißcomponente heute nicht bekümmern und uns nur mit der Farbstoffcomponente beschäftigen.

Wird Hämoglobin auf die angegebene Weise zerlegt, so erhält man lockere braune Flocken, die Hoppe-Seyler als Hämochromogen bezeichnet hat, d. h. als die Substanz, die als die chromophore Gruppe aufzufassen sei, von welcher man annimmt, dass sie die Ursache ist, warum der Blutfarbstoff seine rothe Farbe besitze. Wird Oxyhämoglobin oder Methämoglobin der Spaltung unterworfen, so erhält man eine etwas dunklere, aber der erstgenannten sonst sehr ähnlich aussehende Substanz, die Hämatin genannt wurde.

Hämochromogen und Hämatin correspondieren mit Hämoglobin und Oxyhämoglobin; nur ein verschiedener Sauerstoffgehalt unterscheidet die beiden Substanzen. Die Intensität der Sauerstoffbindung ist aber eine sehr verschiedene; um Hämatin unter Sauerstoffabspaltung in Hämochromogen zu verwandeln, bedarf es energisch

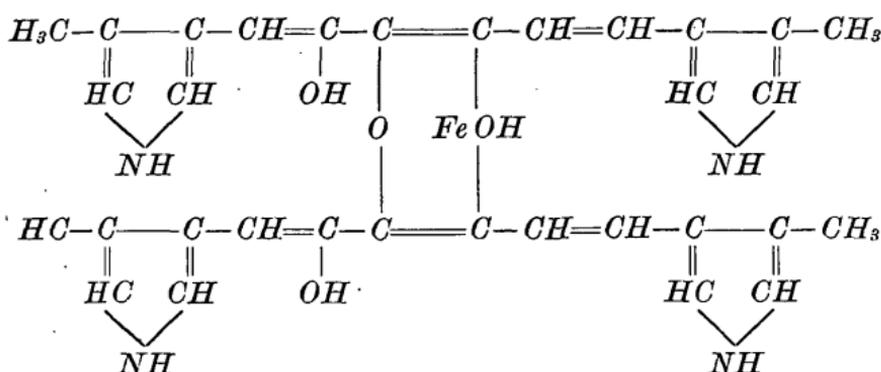
wirkender Substanzen, die sich des Sauerstoffes bemächtigen. Andererseits ist die Begierde, mit welcher sich Hämochromogen mit Sauerstoff sättigt, eine außerordentlich große, so dass das letztere nur unter Anwendung extremer Vorsichtsmaßregeln dargestellt werden kann. Beide Körper sind in Alkalien leicht löslich und geben in diesen Lösungen charakteristische Spectralerscheinungen, die sich in der Tabelle der Blutspectren notiert finden. Das Hämochromogen ist dadurch auch interessant, dass aus ihm leicht Eisen abgespalten werden kann; dabei entstehen in optischer Beziehung wenig charakteristische Farbstoffe, die zweifellos den Farbstoffen der Galle nahe stehen.

Man nimmt an, dass im Organismus aus defect gewordenem Blutfarbstoff Hämochromogen abgespalten wird, und dass dieses dann weiter, indem der Organismus sich des für ihn wertvollen Eisens zum Aufbau neuen Hämoglobins bemächtigt, in Gallenfarbstoffe zerfällt, die als „Schlacke“ ausgestoßen werden.

Nur um eine Vorstellung darüber zu ermöglichen, mit was für Körpern wir es hier zu thun haben, sei die Zusammensetzung des Hämatins nach den Analysen des jüngst verstorbenen Petersburger Chemikers Nencki mitgetheilt. Es ergab sich die Formel $C_{32} H_{32} N_4 Fe O_4$, also einer noch immer sehr compliciert zusammengesetzten Substanz entsprechend. Nencki, dem wir auch den Beweis verdanken, dass bei der Spaltung sämtlicher Oxyhämoglobine das gleiche Hämatin entsteht, hat auch versucht, die Vertheilung der einzelnen Atome in dem

Hämatinmolecül, gestützt auf Arbeiten seiner und der Tübinger Schule, schematisch darzustellen.

Von zwei einander ähnlichen Formelbildern, die Nencki für wahrscheinlich hält, sei eines hier mitgetheilt:



Dieses Schema müsste man sich nun eigentlich im Raume vorstellen; es soll nicht so sehr zum Studium auffordern, sondern eigentlich nur verdeutlichen, wie schwierig diese Gebiete sind.

Nur eines soll an Hand des Formelbildes hervorgehoben werden: man ersieht aus demselben, dass das Eisenatom in diesem Complexe eine sehr geschützte Stellung einnimmt. Im Einklange damit ist die That- sache, dass man mit Hilfe der gewöhnlichen Reagentien, welche zum Eisennachweis verwendet werden, weder im Hämatin, noch im Hämochromogen, noch auch im unzer- setzten Blutfarbstoff Eisen nachweisen kann.

Wird das Eisen mittels kräftig wirkender Reagentien, z. B. concentrirter Schwefelsäure, Bromwasserstoffsäure, aus dem Hämatin abgespalten, so erhält man als Zer- setzungsproduct des Hämatins einen Körper, der auch

noch unser Interesse verdient, da er bei vielen Krankheiten sich im Harn vorfindet, in großen Mengen auch bei unvorsichtigem Gebrauche einiger Schlafmittel, z. B. Sulfonal, das Hämatoporphyrin. Dieses ist eine in rothen Nadeln krystallisierende Säure, die ein charakteristisches Spectralbild zeigt.

Hämatin und Hämochromogen konnten bisher noch nicht krystallisiert erhalten werden, wohl aber ist eine Verbindung des Hämatins mit Salzsäure bekannt, welche sich durch eine besondere Krystallisationsfähigkeit auszeichnet. Sie wird als Hämin bezeichnet und ist eben wegen ihrer Krystallisationsfähigkeit ein wertvolles Ausgangsmaterial für Studien in diesem Zweige der physiologischen Chemie. Andererseits ist das Hämin wichtig für die gerichtliche Chemie, in der seine Darstellung oftmals zur sicheren Identificierung von Blutspuren ausgeführt wird. Hämin wird am besten aus Blut erhalten, indem das Blut mit concentrirter Essigsäure und etwas Kochsalz auf etwa 100° erwärmt wird. Nach dem Erkalten finden sich dann zahlreiche dichroitische, einerseits braungelb, andererseits schwarz erscheinende mikroskopische Krystalle von Hämin, wie die Abbildung solche zeigt. Hier sei bemerkt, dass auch die Blutfarbstoffe einen geringen Dichroismus zeigen (das Oxyhämoglobin Grün-Roth); dieser findet sich also ausgesprochenener beim Hämin.

Mit der Blutchemie haben sich in großer Zahl Physiologen und Chemiker beschäftigt. Begreiflicher Weise auch Ärzte, da bei einer größeren Zahl von Krankheiten

der Gehalt des menschlichen Blutes an Blutfarbstoff verringert und dadurch die Functionen des Organismus geschädigt sind. Leider haben die Versuche, Eisen in Form von Arzneimitteln mit der Nahrung einzuführen, keine sonderlichen Resultate gehabt. In allen diesen Mitteln ist entweder das Eisen sehr locker gebunden, dann werden sie im Magen zerlegt in anorganische Eisenverbindungen, die unter Umständen recht ungünstig wirken, woher auch die vielen Klagen stammen, das Kind vertrage die Pillen etc. nicht, oder es ist das Eisen in Verbindungen enthalten, die überhaupt nicht resorbiert werden. Das letztere gilt merkwürdigerweise von Blutpräparaten. Sie werden, wie sorgsame Versuche ergeben haben, überhaupt nicht verdaut.

Die einzigen Mittel, von denen wir sicher wissen, dass sie im Organismus zur Blutfarbstoffbildung verwendet werden können, sind eisenhaltige Eiweißkörper, wie sich solche im Eidotter, im Spinat, in den gelben Rüben finden.

Es ist also wohl zu entnehmen, dass die Fragen über die Blutchemie nach den verschiedensten Richtungen Interesse verdienen.

Aus dem heute mitgetheilten Materiale ist zu ersehen, dass das Streben der einzelnen Forscher darauf hinausläuft, Substanzen darzustellen, die als Individuen charakterisierbar sind. Wenn auch jeder Organismus ein untheilbares Ganze darstellt, so ist dieses für unsere Kenntnisse noch weitaus zu compliciert; man hat auf lange hinaus wenig Aussicht, dieses ernsthaft zu ergründen.

Die Chemie versucht also, Bruchstücke aus Organismen darzustellen und die Beziehungen derselben zum Gesamtorganismus zu studieren. Da hatte man denn auch, wenngleich oft bescheidene Erfolge.

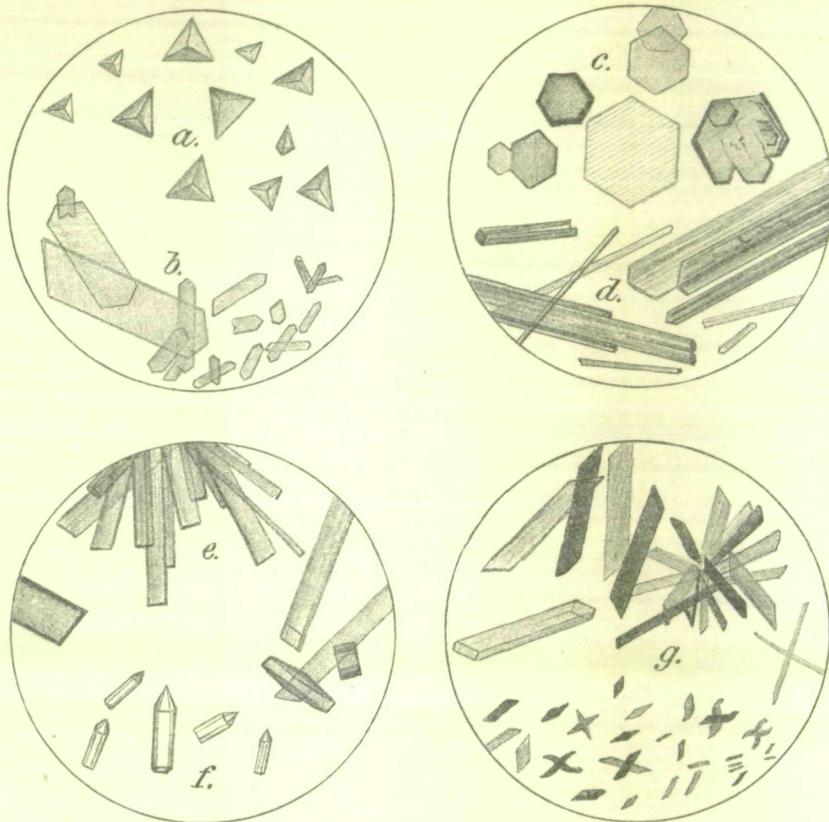
Weit entfernt sind wir aber, nach Art der Alchemisten zu glauben, dass der „Homunculus“ oder irgend ein Organismus selbst aus der Retorte entstehen könne, und können daher die trefflichen Spottverse, welche Goethe dem unverdrossenen Wagner in den Mund legt, zurückweisen.

Was man an der Natur Geheimnisvolles pries,
Das wagen wir verständig zu probieren.
Und was sie sonst organisieren ließ,
Das lassen wir krystallisieren.

Ob aber auch Mephistos Wort obsolet ist:

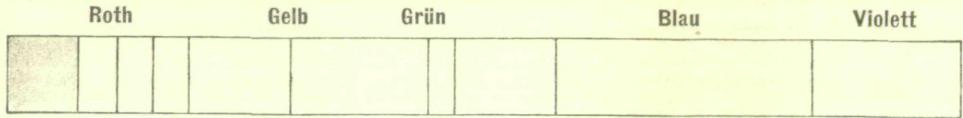
Ich habe schon in meinen Wanderjahren
Krystallisiertes Menschevolk geseh'n —

sei lieber nicht entschieden.



Vergrößerung circa 300fach.

- a*) Oxyhämoglobin vom Meerschweinchen (rhombische Tetraëder).
- b*) Oxyhämoglobin von der Ratte (flache rhombische Tafeln).
- c*) Hämoglobin vom Pferde (sechseckige Tafeln).
- d*) Oxyhämoglobin vom Pferde (Prismen).
- e*) Oxyhämoglobin vom Menschen (copiert nach Funke).
- f*) Serumalbuminkrystalle.
- g*) Häminkrystalle; die hellen Krystallindividuen sind rehbraun, die dunkel gezeichneten braunschwarz; dieser Farbenunterschied rührt vom Dichroismus der Krystalle her. Bei gerichtlichen Untersuchungen von Blutflecken werden meist nur kleine Krystalle, wie sie in der unteren Hälfte des Gesichtsfeldes dargestellt sind, erhalten.



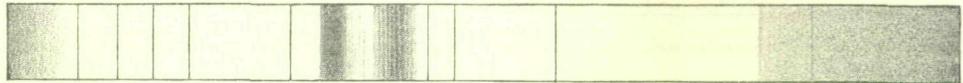
Sonnenspectrum mit den auffallendsten Fraunhofer'schen Linien.



Spectrum des Oxyhämoglobins.



Spectrum des Hämoglobins.



Spectrum des Kohlenoxydhämoglobins.



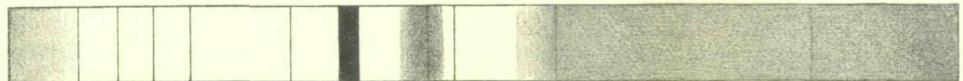
Spectrum des Methämoglobins.



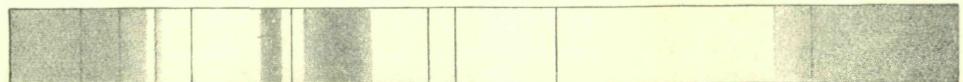
Spectrum des Methämoglobins in alkalischer Lösung.



Spectrum des Hämatins in alkalischer Lösung.



Spectrum des Hämochromogens in alkalischer Lösung.



Spectrum des Hämatoporphyrins in saurer Lösung.

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: 1902

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Zeynek Richard Ritter von

Artikel/Article: [Über die Blutfarbstoffe. 183-205](#)