

Blutfarbstoff und Blattgrün.

Von

Dr. Theodor Panzer.

Vortrag, gehalten den 21. November 1906.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts scheint man den roten Farbstoff, dem das Blut des Menschen und der höheren Wirbeltiere seine Farbe verdankt, das Hämoglobin, und die Substanz, welche die Blätter der meisten Pflanzen grün färbt, das Chlorophyll, für Stoffe gehalten zu haben, welche ihrem chemischen Aufbau nach sehr ähnlich sind und in inniger Beziehung zueinander stehen. Hat ja noch in den sechziger Jahren ein Forscher sich sehr gewundert, als er konstatierte, daß man, wenn man weißes Licht (etwa Sonnenlicht) durch eine Lösung von Chlorophyll gehen läßt und dann durch ein Glasprisma zerlegt, eine andere Farbenercheinung erhält, als wenn man den Versuch mit rotem Blutfarbstoff anstellt, daß also, wie man sich kurz auszudrücken pflegt, den beiden Farbstoffen verschiedene Absorptionsspektren zukommen. Die äußerst schwierige und mühevollte Forschung der Folgezeit hat nun dargelegt, daß der chemische Aufbau dieser beiden Substanzen recht verschieden ist und daß auch die Aufgaben, welche diesen Stoffen im Organismus gestellt sind, weit auseinander gehen. Erst, als man in den letzten Jahrzehnten Einblicke in die chemische Konstitution zunächst des roten Blutfarbstoffes und in den letzten Jahren in die des Blattgrüns gewann, lernte man, daß gleichwohl

diese beiden Stoffe in gewisser Beziehung zusammen gehören, daß ihnen sozusagen ein gemeinsamer Kern inne-wohnt.

Diese Beziehungen nach dem heutigen Stande der Forschung darzulegen, soll nun der Zweck des Folgenden sein.

Das rote Blut des Menschen und der höheren Wirbeltiere ist keineswegs eine durchaus einheitliche homogene Lösung. Dies lehrt die mikroskopische Untersuchung eines Blutropfens. Betrachtet man einen Tropfen Blut durch das Mikroskop, so sieht man eine Flüssigkeit, in welcher eine große Zahl rötlichgelb gefärbter Scheibchen, die roten Blutkörperchen, und in weit geringerer Anzahl farblose Kügelchen, die weißen Blutkörperchen, schwimmen.

Wenn Blut aus den Adern austritt, so gerinnt es bekanntlich, das heißt, es wird zu einer gallertigen Masse. Durch gewisse Zusätze, z. B. durch den Zusatz einer geringen Menge von Ammoniumoxalat, kann man die Gerinnung des Blutes verhindern. Läßt man nun solches nicht gerinnendes Blut einige Tage ruhig stehen, so setzen sich die roten Blutkörperchen zu Boden und über dem Blutkörperchen steht eine klare, gelbe, nicht gefärbte Flüssigkeit, das Blutplasma. Aus diesem Versuche geht hervor, daß der rote Farbstoff nur in den roten Blutkörperchen enthalten ist, nicht aber in dem Plasma. Wenn der Versuch gelingt, so findet man auch mit scharfen Methoden im Plasma keinen Blutfarbstoff.

Die roten Blutkörperchen bestehen aus einer äußerst kompliziert zusammengesetzten, halbfesten Substanz, dem Protoplasma. Das Protoplasma ist ein Gefüge von Stoffen verschiedener Gruppen; weitaus überwiegen hier Stoffe, welche den Eiweißstoffen zuzuzählen sind. Die Eiweißkörper selbst sind noch außerordentlich kompliziert gefügte chemische Verbindungen. Diesem vielverzweigten Bau verdankt das Protoplasma die Fähigkeit, mannigfaltige chemische Reaktionen einzugehen und durchzuführen. Jede lebende Zelle enthält als Hauptbestandteil Protoplasma und dieses ist derjenige Stoff, welcher ihr die Lebensäußerungen vermittelt.

In dem Protoplasma befindet sich nun der rote Farbstoff, wahrscheinlich chemisch gebunden.

Das Protoplasma eines jeden Blutkörperchens ist mit einer Hülle umgeben, welche aus einer fettigen Substanz (Cholesterin und Lecithin) besteht. Wendet man nun Mittel an, welche einerseits die fettige Hülle lösen, andererseits das Protoplasma angreifen, wie z. B. Äther, so tritt der Blutfarbstoff aus den Blutkörperchen aus und kann dann in Wasser gelöst werden. Wenn man daher Blut mit Äther schüttelt, so erhält man eine klare rote Flüssigkeit, sogenanntes lackfarbenes Blut. Hier sind die eben besprochenen Bedingungen gegeben, der Blutfarbstoff löst sich in der wässrigen Plasmaflüssigkeit auf, die farblosen Reste des Protoplasmas der Blutkörperchen sind kaum mehr wahrzunehmen.

Auch das Chlorophyll durchtränkt nicht etwa die ganzen grünen Organe der Pflanzen, auch dieser Farb-

stoff ist an körperliche Elemente gebunden. Diese kleinen Körperchen, welche den Farbstoff führen und Chlorophyllkörper genannt werden, können ebenfalls leicht mit dem Mikroskop wahrgenommen werden.

Bei den meisten Pflanzen sind diese Chlorophyllkörper kleine Körnchen, einzelne Pflanzen führen den Farbstoff in kleinen ringförmigen, schraubenartigen oder sternförmigen Gebilden, in Körnchen, die perlschnurartig aneinandergereiht sind, oder in kleinen Scheibchen usw. In den Chlorophyllkörpern befindet sich ein fettiges Öl, welches das Chlorophyll aufgelöst, vielleicht auch chemisch gebunden enthält. Auch das Chlorophyll kann aus diesen Formelementen durch geeignete Lösungsmittel herausgelöst werden. Zieht man z. B. grüne Blätter mit Weingeist aus, so erhält man eine prächtig grüne Lösung des Farbstoffes, welche beim Auffallen des Lichtes rotes Licht zurückwirft. Diese Lösung enthält selbstverständlich außer dem Chlorophyll noch viele andere Substanzen.

Roten Blutfarbstoff rein herzustellen ist heute keine besonders schwierige Aufgabe mehr. Zweckmäßigerweise verwendet man hierzu Blutkörperchenbrei, den man in der beschriebenen Weise sich herstellen kann. Dieser Brei wird zunächst durch sorgfältiges Waschen von dem noch anhaftenden Plasma befreit, dann in Wasser verteilt und mit Äther geschüttelt. Man erhält so, wie bereits dargetan wurde, eine wässrige Lösung, welche man, um die Protoplasmareste zu entfernen, filtriert, darauf etwa zu einem Fünftel mit Alkohol vermischt und in den Eiskasten stellt. Gewöhnlich schon über Nacht hat sich

dann roter Blutfarbstoff abgeschieden, und zwar, wie man oft schon mit freiem Auge sieht, jedenfalls aber unter dem Mikroskop wahrnehmen kann, in Form kleiner Kristalle.

Das Kristallisieren dieses Stoffes und die Untersuchung vor dem Spektralapparate bieten dem Chemiker die Gewähr, daß hier eine reine, einheitliche Substanz, ein chemisches Individuum vorliegt. Die Mengen von Blutfarbstoff, die man auf diesem Wege erhält, sind nicht gering; man braucht nicht Fabrikseinrichtungen, wenn man sich etwa ein Kilogramm davon darstellen will, sondern kann das ganz wohl auch mit den Mitteln eines besser eingerichteten Laboratoriums erreichen.

Die so erhaltenen Kriställchen gehören dem rhombischen Kristallsystem an, sie sind durchsichtig dunkelrot gefärbt und seideglänzend.

Sie bestehen aus folgenden Grundstoffen (Elementen): Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel, Eisen und Sauerstoff.

Bringt man in eine Lösung dieses Blutfarbstoffes leicht oxydierbare Substanzen, d. h. Substanzen, welche leicht Sauerstoff aufnehmen, so gibt der Blutfarbstoff einen Teil seines Sauerstoffes ab, er wird reduziert und nimmt dabei eine mehr bläulichrote Farbe an. Läßt man auf diesen mehr bläulichroten Farbstoff wieder Sauerstoff einwirken, etwa so, daß man seine Lösung mit Luft schüttelt, so nimmt er wieder Sauerstoff auf und erhält seine hellrote Färbung wieder zurück. Man hat den sauerstoffreicheren Farbstoff, wie man ihn bei der eben beschriebenen Dar-

stellungsmethode erhält, als Oxyhämoglobin bezeichnet, während man beim sauerstoffärmeren von Hämoglobin schlechtweg oder reduziertem Hämoglobin spricht.

So leicht das reduzierte Hämoglobin, wie schon erwähnt, in Oxyhämoglobin übergeht, ebenso leicht gibt dieses wieder seinen Sauerstoff ab. Man braucht dazu gar nicht einmal leicht oxydierbare Substanz, sondern es genügt, wenn man die Lösung des Oxyhämoglobins mit einem indifferenten Gase, das ist ein Gas, welches das Oxyhämoglobin chemisch nicht angreift, schüttelt. Solche Gase wären z. B. Stickstoff, Wasserstoff, Kohlendioxyd (Kohlensäure), ja noch mehr, das Oxyhämoglobin gibt auch Sauerstoff ab, wenn man seine Lösung unter verminderten Druck, etwa unter die Glocke einer Luftpumpe bringt.

Die Eigenschaft des Blutfarbstoffes, leicht Sauerstoff abzugeben und dann wieder leicht Sauerstoff chemisch zu binden, befähigt ihn nun, seiner lebenswichtigen Aufgabe im Organismus gerecht zu werden. Gelangt nämlich das Blut in die Lungen, so hat es dort Gelegenheit, mit Luft ausgiebig in Berührung zu kommen; es belädt sich mit dem Sauerstoffe der Luft, indem der Blutfarbstoff zu Oxyhämoglobin wird. Aus den Lungen wird so der Sauerstoff mit dem Blute in andere Organe transportiert. In diesen Organen kommt das Oxyhämoglobin mit Stoffen in Berührung, welche ihm den Sauerstoff wieder abnehmen und dabei oxydiert werden. Diese Oxydationen sind nun aber die Kraftquellen der meisten Lebensprozesse, sie sind das, was das Verbrennen der Kohle bei

einer Dampfmaschine ist. Der Blutfarbstoff, der seinen Sauerstoff abgegeben hat und dadurch zu reduziertem Hämoglobin geworden ist, gelangt nun wieder in die Lungen, wo er neuerdings zu Oxyhämoglobin wird. Der Blutfarbstoff wirkt so als Transportmittel für Sauerstoff und als Sauerstoffüberträger.

Das Blut enthält gewöhnlich Oxyhämoglobin und reduziertes Hämoglobin nebeneinander. Findet sich im Blute mehr Oxyhämoglobin, so erscheint es hellrot, wiegt dagegen das reduzierte Hämoglobin vor, so ist seine Farbe dunkler, mehr bläulichrot.

Während die Darstellung des Oxyhämoglobins in reinem, kristallisiertem Zustande keine besonderen Schwierigkeiten mehr bietet, ist es noch nicht geglückt, Kristalle von reinem Chlorophyll zu erhalten. Alle die Stoffe, welche in der Fachliteratur als kristallisiertes Chlorophyll beschrieben worden sind, haben sich nachträglich schon als Zersetzungsprodukte des Chlorophylls entpuppt. Ja, es ist bisher noch nicht einmal gelungen, das Chlorophyll von den Stoffen, welche zugleich mit ihm durch Lösungsmittel (wie Weingeist) den Pflanzen entzogen werden, vollständig zu befreien.

Diesem Umstande sowie dem, daß man bei den verschiedenen Darstellungs- und Reinigungsverfahren immer nur geringe Ausbeuten an diesem Stoffe erhält, mag es wohl hauptsächlich zuzuschreiben sein, daß die Chlorophyllforschung gegenüber unseren Kenntnissen über den Blutfarbstoff noch weit zurück ist. Kennen wir ja doch noch nicht einmal mit Sicherheit alle Elemente, welche

an dem Aufbaue des Chlorophylls beteiligt sind. Sicher enthält das Chlorophyll Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, höchstwahrscheinlich ist auch Phosphor darin vorhanden. Ob das Chlorophyll eisenhaltig ist oder nicht, darüber wurden seinerzeit verschiedene Meinungen laut; heute weiß man, daß es frei von Eisen ist. Und doch spielt das Eisen auch beim Chlorophyll eine wichtige Rolle. Soll sich nämlich Chlorophyll in der Pflanze bilden, so ist die Gegenwart von Verbindungen des Eisens vonnöten.

Auch das Chlorophyll nimmt leicht Sauerstoff auf, doch findet diese Sauerstoffaufnahme nur bei Zutritt des Lichtes statt. Läßt man eine alkoholische Lösung von Chlorophyll am Tageslichte stehen, so nimmt die Lösung, je nach der Intensität des Lichtes schneller oder langsamer, eine braune Färbung an und entfärbt sich schließlich; dabei wird Sauerstoff aufgenommen und der Prozeß findet nur statt, wenn Sauerstoff oder Luft ungehindert zur Lösung treten kann. Andererseits geht das Chlorophyll aus einem sauerstoffreicheren Farbstoff, dem Etiolin (Xanthophyll), durch Sauerstoffabgabe hervor. Das Etiolin ist ein gelber Farbstoff; es begleitet ständig das Chlorophyll und ist jener Farbstoff, der die gelbe Farbe von Pflanzen verursacht, welche vom Lichte abgeschlossen gewachsen sind.

Die erwähnten Beziehungen von Etiolin und Chlorophyll erinnern vielfach an das Verhältnis zwischen Oxyhämoglobin und reduziertem Hämoglobin.

Die Rolle des Chlorophylls im Organismus der Pflanze ist aber gänzlich verschieden von der des Blut-

farbstoffes bei den Tieren. Das Chlorophyll bereitet nämlich unter gewissen Bedingungen aus der Kohlensäure der Luft und aus Wasser Stoffe, wie z. B. die Stärke, welche dann weiter von der Pflanze beim Wachstum verwendet werden; vielleicht spielt bei dieser Tätigkeit auch die Fähigkeit, leicht Sauerstoff aufzunehmen, eine wichtige Rolle. Das Chlorophyll baut somit aus sehr einfach zusammengesetzten Stoffen, Wasser und Kohlensäure, kompliziert gefügte chemische Verbindungen wie die Stärke auf. Bei den früher erwähnten Oxydationen im Tierleibe werden aus sehr hoch zusammengesetzten Verbindungen, wie z. B. den Eiweißstoffen, ganz einfache: Kohlensäure, Wasser und Harnstoff; und bei diesem Zerstückwerk hilft der Blutfarbstoff redlich mit.

Es wurde schon eingangs darauf angespielt, daß beim Studium des chemischen Aufbaues, der Konstitution, von Hämoglobin und Chlorophyll eine gewisse Zusammengehörigkeit der beiden Farbstoffe erkannt wurde. Allerdings, wenn man die chemische Natur dieser beiden Substanzen in Betracht zieht, kommt man zu dem Resultate, daß sie zwei gänzlich verschiedenen Gruppen von organischen Verbindungen angehören.

Das Hämoglobin ist zweifellos den Eiweißstoffen anzureihen, jenen hochzusammengesetzten Stoffen, welche am Aufbau des Protoplasmas hervorragend beteiligt sind. Im Chlorophyll vermutet man eine etwas komplizierter gebaute fettartige Substanz, ein sogenanntes Lecithin.

Interessant sind die Beziehungen der beiden Farbstoffe zu den Medien, in welchen sie sich im lebenden

Organismus finden, die Beziehung der Eiweißnatur des Hämoglobins zum Protoplasma der roten Blutkörperchen einerseits, des fettartigen Chlorophylls zu dem fettigen Öl der Chlorophyllkörper andererseits.

Wenn der Chemiker die Konstitution einer chemischen Verbindung vermitteln will, so baut er sie schrittweise ab. Eine solche Methode des Abbaues ist die Spaltung, das heißt es wird eine komplizierte Verbindung in zwei oder mehrere einfachere Verbindungen zerlegt, jede dieser einfacheren in wieder einfachere und dies wird solange fortgesetzt, bis man zu bereits bekannten chemischen Verbindungen gelangt. Unterwirft man nun das Oxyhämoglobin einer solchen schrittweisen Spaltung, so kann man diesen Farbstoff durch gelinde Mittel, z. B. durch schwächere Säuren oder durch künstliche Verdauung mit Magensaft in zwei Komponenten zerlegen: in einen farblosen Eiweißkörper, das Globin einerseits, in einen Farbstoff, das Hämatin andererseits, welcher mit den Eiweißstoffen nichts mehr gemein hat. Es ist also damit die Eiweißnatur des Oxyhämoglobins von dem färbenden Prinzip getrennt. In die Elemente, welche das Oxyhämoglobin ursprünglich gebildet hatten, teilen sich die beiden Spaltungsprodukte derart, daß das Globin den Schwefel aufnimmt, während das Hämatin das Eisen zurückbehält. Die vier übrigen Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff sind alle vier sowohl im Globin, als auch im Hämatin enthalten. Unterzieht man nun das Hämatin der Einwirkung starker Säuren, so gibt es das Eisen ab und wird zu einem neuen Farbstoff, dem

Hämatoporphyrin. Alle diese Farbstoffe kristallisieren und sind durch bestimmte Spektralerscheinungen charakterisiert.

Wenn man durch einen Spektralapparat gegen weißes Licht blickt, so sieht man ein farbiges Band, ein sogenanntes kontinuierliches Spektrum, in welchem folgende Farben der Reihe nach allmählich ineinander übergehen: rot — orange — gelb — grün — blau — violett. Bringt man aber zwischen die Lichtquelle und den Spektralapparat die Lösung eines solchen Farbstoffes, etwa eine Lösung von Oxyhämoglobin, so fehlen gewisse Farbennuancen; an ihrer Stelle befinden sich dunkle Streifen, sogenannte Absorptionsstreifen. Ein solches Spektrum heißt dann Absorptionsspektrum. Die genannten Farbstoffe zeigen im Spektralapparate verschiedene Absorptionsstreifen, aber jedem Farbstoff kommen immer gewisse Streifen von ganz bestimmter Lage gegenüber den einzelnen Farbennuancen des Spektrums zu. So zeigt das Oxyhämoglobin immer zwei dunkle Streifen, von denen einer an der Grenze zwischen Gelb und Grün und der andere im Grün liegt. Es würde aber hier zu weit führen, auf alle diese wie auch auf die im folgenden noch zu erwähnenden Absorptionsspektren einzugehen.

Nicht so klar und durchsichtig wie beim Blutfarbstoff sind die mit dem Chlorophyll angestellten Abbauversuche, zumal da nur immer eines der jeweiligen Spaltungsprodukte, nämlich das gefärbte, studiert werden konnte. Der Grund hiefür ist der, daß man, da noch kein reines Chlorophyll dargestellt werden konnte, mit un-

reinem Ausgangsmaterial arbeiten mußte. Die Farbstoffe, welche beim Abbau des Chlorophylls erhalten wurden, sind hingegen größtenteils wohlcharakterisierte Verbindungen, welche kristallisieren und bestimmte Spektren zeigen. Die Verhältnisse in der Literatur werden aber noch komplizierter dadurch, daß jeder Forscher dem von ihm dargestellten Abbauprodukt einen neuen Namen gegeben hat, so daß in der Literatur für ein und denselben Farbstoff mehrere Namen zirkulieren. Ich folge hier der Nomenklatur von Schunck und Marchlewski.

Unterwirft man Chlorophyll der Einwirkung starker Salzsäure, so erhält man einen blaugrünen Farbstoff, das Phyllocyanin. Dieser liefert beim Behandeln mit ätzender Lauge einen dunkelstahlblauen Farbstoff, das Phyllo-taonin, welches beim Erhitzen mit einer Lösung von Ätzkali in Alkohol auf 190°C in einem verschlossenen Rohre in einen roten Farbstoff, das Phylloporphyrin, übergeht.

Dieses Phylloporphyrin zeigt nun große Ähnlichkeit mit dem zuletzt genannten Spaltungsprodukte des Oxyhämoglobins, dem Hämatoporphyrin.

Hämatoporphyrin und Phylloporphyrin zeigen nahezu dieselbe Spektralerscheinung, sie haben sehr ähnliche chemische Zusammensetzung (chemische Formeln), sie zeigen gegen Reagentien ein sehr ähnliches Verhalten.

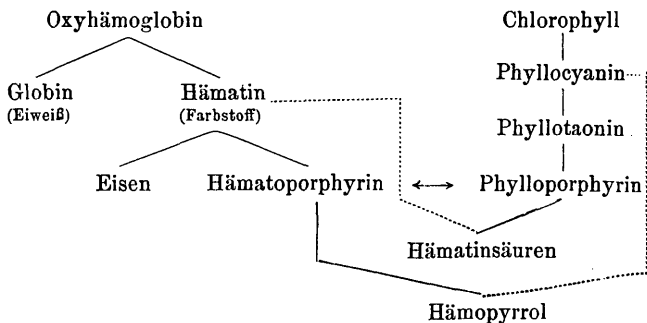
Hat es sich aber bisher nur um Ähnlichkeiten gehandelt, so haben Abbauversuche in anderen Richtungen zu vollkommen gleichen Produkten geführt.

Zwingt man Hämatin, Sauerstoff aufzunehmen (durch Einwirkung von Chromsäure), so geht es in zwei

farblose, kristallisierende Substanzen mit der Natur von Säuren über, welche Hämatinsäuren genannt wurden. Zu denselben Hämatinsäuren gelangte man, als man Phylloporphyrin ebenso behandelte.

Umgekehrt: Nimmt man dem Hämatoporphyrin allen Sauerstoff weg (durch Einwirkung von Jodwasserstoff und Jodphosphonium), so entsteht eine aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff bestehende Substanz; das Hämopyrrol; auf dem gleichen Wege liefert das Phyllocyanin das gleiche Hämopyrrol.

Das Hämopyrrol ist auch bereits auf synthetischem Wege, das heißt durch Aufbauen aus einfachen chemischen Verbindungen, dargestellt worden, so daß über seine Konstitution kein Zweifel mehr besteht.



So haben denn diese Versuche ergeben, daß, wenn sich auch die im Blutfarbstoff und im Chlorophyll mit dem Farbstoffkomplexe verbundenen Stoffe ganz verschiedenen Gruppen einfügen, doch diese Farbstoffkom-

plexe innig zu einander gehören, da sie auf demselben Kern, dem Hämopyrrol, aufgebaut sind.

Die alte Erfahrung der Ärzte, daß man bei gewissen Fällen von Blutarmut die Bildung von rotem Blutfarbstoff sehr begünstigen kann, wenn man dem Patienten neben Eisenpräparaten grüne Gemüse zuführt, findet hier ihre Begründung. Der Organismus bekommt damit wenigstens den zur Bildung der Farbstoffkomponente nötigen Kern.

Der menschliche sowie der tierische Organismus braucht solche Kerne; denn er kann zwar aus hochzusammengesetzten Verbindungen noch höhere zusammenfügen, aber er scheint aus einfachen nicht hochzusammengesetzte aufbauen zu können. Diese liefert ihm, wenn auch oft auf dem Umwege durch mehrere Tierleiber, schließlich und endlich doch die Pflanze, welche sie aus den einfachsten chemischen Verbindungen bildet.

Ja sie gibt ihm auch noch den Stoff darauf, der ihr selbst diesen Aufbau besorgt hat, nämlich das Chlorophyll, zur Bildung des Zerstörers ihrer Werke, des roten Blutfarbstoffes. Sie gleicht darin dem treuen Diener, der seinem Herrn nicht nur Hab und Gut zum Verprassen, sondern sogar seine Person und sein Leben gibt.

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: 1907

Band/Volume: [47](#)

Autor(en)/Author(s): Panzer Theodor

Artikel/Article: [Blutfarbstoff und Blattgrün. 33-48](#)