

PHYSIOLOGIE.

I. Ueber den Farbenunterschied des arteriellen und venösen Blutes.

Von Prof. C. BRUCH.

(Vorgetragen den 14. Sept. 1852.)

Seit langer Zeit hat man den Farbenwechsel, welchen das Blut der Wirbelthiere beim Durchgang durch die Respirationsorgane erleidet, mit den chemischen Vorgängen des Athmungsprocesses in Verbindung gebracht, und durch die mannigfaltigsten Erklärungsversuche ist man immer wieder zur Annahme einer, nach unseren dermaligen Schulbegriffen freilich räthselhaften Beziehung zwischen Sauerstoff der Atmosphäre und Blutfarbestoff hingedrängt worden. Räthselhaft deswegen, weil die präsumtive chemische Verbindung, auf welche das Hellrothwerden des Blutes hinzudeuten scheint, durch blosse Absorption von Kohlensäure, Wasserstoff oder Stickgas, durch Entfernung des Sauerstoffs mittelst der Luftpumpe, ja freiwillig bei längerem

Stehen des Blutes (wobei sich Kohlensäure bildet) wieder aufgehoben wird.

Unter den zahlreichen physicalischen Erklärungsversuchen, die man, um dieser Schwierigkeit zu entgehen, eronnen hat, war gewiss derjenige der bestechendste, welcher die Veränderung der Farbe durch eine Einwirkung der Gase, nicht auf den Farbstoff, sondern auf die Form und Beschaffenheit der Blutkörperchen zu erklären suchte, in ähnlicher Weise, wie man verschiedene Farbennuancen des Blutes durch Verdünnen mit Wasser oder Zusatz concentrirter Salzlösungen hervorbringen kann, die stets von sehr charakteristischen Formveränderungen der Blutkörperchen begleitet sind. Eine solche Erklärung musste besonders ansprechend erscheinen, nachdem Magnus (Poggend. Ann. 40. S. 583, 66. S. 177) die reichliche Anwesenheit freier Gase in beiden Blutarten experimentell festgestellt und das Absorptionsvermögen sowohl für Sauerstoff als für Kohlensäure bestimmt hatte. Da damit die Lavoisiersche, schon durch andere Versuche erschütterte Lehre, wornach die Verbrennungen in den Lungen unmittelbar beim Eintritt des atmosphärischen Sauerstoffs stattfinden sollten, definitiv widerlegt, und dargethan war, dass die Oxydationsprocesse während der Circulation stattfinden müssen, so konnte die in den Lungen schon stattfindende, so zu sagen momentane Farbenveränderung als etwas rein Zufälliges und Unwesentliches erscheinen und namentlich eine chemische Beziehung zum absorbirten Sauerstoff geläugnet werden.

Dass indessen auch diese physicalische Erklärung nicht Stich halte, ist bereits in einer früheren Sitzung (X. Bericht S. 199) erörtert worden, und es sind die von mir angestellten Versuche, welche die Einwirkung der Gase auf den freien Blutfarbestoff ausser Zweifel stellten, nunmehr von allen Seiten bestätigt worden. (Ja man ist in neuerer Zeit so weit gegangen, einen Einfluss der Form und Ge-

stalt der Blutkörperchen auf die Farbe des Blutes überhaupt in Abrede zu stellen,*) was mir jedoch nicht gerechtfertigt scheint). Es ist ferner durch H. Rose, Magnus und Marchand (Erdmanns Journal 35. S. 389) in dem Natronbicarbonat ein Körper kennen gelehrt worden, der einen Theil seiner chemisch gebundenen Kohlensäure sowohl beim Durchleiten von Wasserstoffgas durch die wässrige Lösung, als im luftleeren Raum verliert, und Liebig hat dieses merkwürdige Verhalten schon vor längerer Zeit (Handwörterbuch S. 900) mit dem des Blutes verglichen. Endlich ist in neuerer Zeit von Lehmann (Lehrbuch der physiol. Chemie II, S. 217) und von Liebig (Annalen der Chemie III, 1851, S. 112) mit überzeugenden Gründen von neuem die Unabweislichkeit einer chemischen Beziehung zwischen Sauerstoff und Farbestoff des Blutes erörtert worden. Liebig stützt sich namentlich auf die von Magnus ermittelten Zahlen, nach welchen Kalbsblut zwar nicht viel mehr Kohlensäure (sein $1\frac{1}{2}$ Vol.), aber 10—13 Mal mehr Sauerstoff zu absorbiren vermag als reines Wasser; sowie auf die Thatsache, dass die Absorptionsfähigkeit des Was-

*) Moleschott (Illustr. mediz. Zeitschr. 1853) schliesst dieses daraus, dass Blut, mit verschiedenen Salzen gemischt, „nach einiger Zeit“, bis 48 Stunden, Färbungen zeigte, die dem Grade der Runzelung und Gestaltveränderung der Blutkörperchen nicht entsprachen, und ferner, dass eine sehr verdünnte Salzlösung ohne Formveränderungen hellroth mache. In den ersteren Fällen ist jedoch die unvermeidliche Zersetzung und Kohlensäureentwicklung, in dem letzten die Verdünnung des Blutes nicht in Anschlag gebracht. Nicht glücklich scheint mir auch die schon früher (Physiol. des Stoffwechsels S. 483) versuchte Anknüpfung, dass die hellere oder dunklere Färbung, als eine Eigenschaft des arteriellen und venösen Blutes, so wenig einer Erklärung bedürfe, als die Farbe des Chlorophylls, des Carmins u. s. w. Hier scheint mir nicht scharf unterschieden zwischen Eigenschaft und Erscheinung; denn man fragt nicht, warum das Blut roth sei, sondern warum es seine Färbung während der Circulation ändert. Dass übrigens auch die sogen. Eigenschaften und insbesondere die Farben der Körper schlechthin für die Analyse der fortschreitenden Wissenschaft zugänglich sind, haben Schönbeins Untersuchungen über diese Materie in überraschender Weise gelehrt.

sers für viele Gase durch Zusätze von Materien, die zu dem Gas eine wenn auch noch so geringe chemische Verwandtschaft besitzen, beträchtlich erhöht werden kann, so durch 1% phosphorsaures Natron für Kohlensäure um das Doppelte, eine Lösung von Eisenvitriol bis zum vierzigfachen für Stickoxydgas. Aus beiden Flüssigkeiten entweichen die Gase im luftleeren Raum, ja sie lassen sich aus jener Lösung durch blosses Schütteln mit Luft, aus dieser durch Schütteln mit Kohlensäure austreiben. „Niemand denkt daran, sagt Liebig, dieses Verhalten, welches dem des Blutes so ähnlich ist, als einen Beweis anzusehen, dass die Kohlensäure in der Lösung des phosphorsauren Natrons oder das Stickoxydgas in der des Eisenvitriols nur absorhirt und nicht in einer chemischen Verbindung enthalten sei, weil man weiss, dass das Auflösungsvermögen des Wassers in diesen Fällen abhängig ist von der Menge des aufgelösten Salzes.“

Ehe mir die zuletzt erwähnten Thatsachen bekannt geworden waren, wurde meine Aufmerksamkeit durch Herrn Prof. Schönbein im vergangenen Winter auf das eigenthümliche Verhalten der Guajakinctur gegen ozonisirte Luft hingelenkt, worüber derselbe bereits früher (IX. Bericht S. 1) der Gesellschaft Mittheilung gemacht. Die blaue Färbung, welche beim Schütteln mit ozonisirter Luft eintritt, verschwindet nach einiger Zeit von selbst wieder, kann aber durch abermaliges Schütteln mit ozonhaltiger Luft aufs Neue erzeugt werden und geht erst bei wiederholter Behandlung mit Ozon, ohne Zweifel in Folge bleibender chemischer Veränderung des Guajakharzes, gänzlich verloren. Man mag diese Thatsache auf verschiedene Weise erklären und namentlich hervorheben, dass der bei der Respiration eingeathmete Sauerstoff wesentlich nicht ozonisirter, sondern der gewöhnliche atmosphärische ist, aber man wird zugeben, dass die Aehnlichkeit mit der Einwirkung des

Sauerstoffs auf den Blutfarbestoff sehr in die Augen fällt und die Vornahme einer Untersuchungsweise von einem neuen Gesichtspunkte aus rechtfertigen konnte. Es darf übrigens hinzugefügt werden, dass die verhältnissmässig niedrige Temperatur, bei welcher die Verbrennungen im thierischen Körper erfolgen, wie schon Ludwig (Physiol. I, S. 17) hervorgehoben hat, kaum eine andere Annahme gestatten, als dass hier jener eigenthümliche Zustand des Sauerstoffs, in welchem er ein so ausgezeichnetes Oxydationsvermögen besitzt, eine Rolle spielt; auch halte ich es keineswegs für gewagt, wenn Schönbein glaubt, dass im Blute oder in den Geweben Stoffe vorhanden seien, welche den Sauerstoff zu diesen eigenthümlichen Wirkungen disponiren.

Unter den bisherigen Hypothesen über die Wirkung der Gase auf den Farbstoff sind einige gewesen, welche der Kohlensäure einen dunkelmachenden Einfluss zuschrieben, der durch den Eintritt des Sauerstoffs gemildert oder aufgehoben würde, wobei die natürliche helle Farbe des Farbstoffs hervorträte. Bei weitem die meisten Schriftsteller glaubten jedoch beiden Gasen eine active und directe Wirkung auf die Farbe zuschreiben zu müssen, welche sich gleichsam bekämpften und gegenseitig ausschlossen; ja Marchand glaubte nach einigen Versuchen eine indifferente Mittelfarbe als die natürliche des Farbstoffs annehmen zu müssen, die nach Entziehung aller Gase hervorträte (a. a. O. S. 279). Darnach müsste also mit Sauerstoff imprägnirtes Blut im leeren Raum dunkler, das mit Kohlensäure geschwängerte aber heller werden, was Marchand auch gefunden zu haben glaubte. Das Letztere habe ich jedoch in einem schon früher angeführten Versuche nicht bestätigt gesehen; das kohlensäurehaltige Blut blieb unter der Luftpumpe dunkel. Gestützt auf diese Erfahrung, auf die grosse Absorptionsfähigkeit für Sauerstoff und auf das Verhalten

der Guajaktinctur, glaubte ich daher damals die Vermuthung aussprechen zu dürfen, dass nur der Sauerstoff activ auf den Farbstoff einwirke, die Kohlensäure, der Wasserstoff, der leere Raum u. s. w. nur durch Austreibung des absorbirten Sauerstoffs wirke und die dunkelste Farbe die natürliche des Farbstoffs sei.

Entscheidende Versuche hierüber konnten auf verschiedene Weise angestellt werden. Ich konnte Blut durch durchgeleiteten Wasserstoff oder Stickstoff von den übrigen Gasen, namentlich von absorbirtem Sauerstoff, befreien und prüfen, ob die erzeugte Farbe durch durchgeleitete Kohlensäure verändert werde; ich konnte einfach arterielles und venöses Blut auspumpen und sehen, ob sich durch Entfernung aller Gase die gleiche Farbe (die natürliche des Farbstoffs) erzeugen lasse, wobei zu entscheiden war, ob diese eine Mittelfarbe oder vielmehr eine noch unter die venösen herabsinkende sein würde, oder endlich, ich konnte durch Kohlensäure den vorhandenen Sauerstoff beliebigen Blutes austreiben und prüfen, ob sich durch Auspumpen der Kohlensäure diese tiefste Farbe verändern würde. Aus leicht ersichtlichen Gründen wählte ich den letzteren, einfachsten und schlagendsten Versuch, in welchem etwa störende Beimischungen möglichst vermieden werden konnten und eine absolute Befreiung vom Gase, die im leeren Raum nicht zu erzielen ist, nicht erfordert wurde. Herr Prof. Schönbein hatte die Güte, mir die erforderlichen Apparate des physicalischen Cabinets zur Verfügung zu stellen und mich bei einem Theile der Versuche selbst zu unterstützen.

Eine Quantität frischen, geschlagenen und defibrinirten Ochsenblutes wurde mit der gleichen Quantität Wasser verdünnt, ein Theil in wohlverschlossenen Flaschen mit atmosphärischer Luft, ein anderer anhaltend und wiederholt mit Kohlensäure geschüttelt, bis sich dort die hellste, hier

die tiefste Farbe fixirt hatte. Es wurde dabei wiederholt die bekannte Erfahrung gemacht, dass eine ungleich grössere Quantität Kohlensäure zur Austreibung des Sauerstoffs erfordert wird, als umgekehrt, da der Sauerstoff viel fester im Blute haftet und eine einzige Luftblase hinreichend ist, das Resultat einer ganzen Flasche voll Kohlensäure zu stören. Gewiss beruhen auf solchen Verunreinigungen eine grosse Anzahl früherer Versuche, namentlich solcher, in welchen man auch beim Schütteln mit Kohlensäure eine hellere Farbe erhalten haben wollte.

Von diesen so bereiteten Blutarten wurden in gleich beschaffenen Gläsern je zwei gleich grosse Quantitäten abgemessen, die eine zur Vergleichung zurückgestellt, die andere der Luftpumpe ausgesetzt. Das Auspumpen wurde so lange fortgesetzt, als noch eine Gasentwicklung bemerkt wurde. Auch hier zeigte sich der Unterschied des kohlenensäure- und sauerstoffhaltigen Blutes, indem jenes längst zu schäumen aufgehört hatte, als dieses noch fortwährend Gasblasen entwickelte. Das sauerstoffige Blut wurde, wie dies von allen Beobachtern übereinstimmend angegeben wird, entschieden dunkler, doch bei weitem nicht so dunkel, als das kohlen-saure von Anfang war, obgleich es beträchtlich unter die Farbe gewöhnlichen Körperblutes herabging. Es musste dies nothwendig der Unmöglichkeit zugeschrieben werden, allen vorhandenen Sauerstoff auf diesem Wege zu entfernen. Gänzlich unverändert blieb aber auch in diesen Versuchen das kohlen-säurehaltige Blut, obgleich die Gasentwicklung hier viel vollständiger und reichlicher ausfiel; und nur weil über diese Thatsache nicht der mindeste Zweifel blieb, wurde der Controleversuch unterlassen, es noch einmal mit Kohlensäure zu schütteln und die Indifferenz dieses Gases auch auf diese Weise darzuthun. Es war also die dunkelste Farbe, welche durch Schütteln mit Kohlensäure erhalten worden

war, nichts anderes, als die natürliche des Farbstoffs, bedingt durch die möglichst vollständige Abwesenheit des Sauerstoffs, zu dessen Austreibung die Kohlensäure gedient hatte.

Durch diese Versuche scheint mir in dem Gewirre sich widersprechender Versuche und Ansichten eine Thatsache gewonnen, welche als ein sicherer Haltpunkt für dies Verhalten der Blutgase bei ihrem Ein- und Austritt aus dem Blute, sowie während der Circulation, betrachtet werden kann. Dass an die Anwendung des Diffusionsgesetzes bei dem Austausch zwischen Lungenluft und Blutgasen nicht zu denken sei, ist von Vierordt, Ludwig u. A. zur Genüge erörtert worden; die eminente Absorptionsfähigkeit des Blutes für den Sauerstoff, so wie die unzweifelhafte Beziehung desselben zum Blutfarbstoff lassen keinen Zweifel über die Unabhängigkeit der Sauerstoffaufnahme von der Kohlensäureausgabe, die sich vielmehr aus der Differenz des Druckes, unter welchem das kohlensäure geschwängerte Blut in den Parenchymen und das der Atmosphäre ausgesetzte in den Lungen strömt, erklären dürfte. Wohl aber ist es begreiflich, wie die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure, deren Bildung von der Menge des aufgenommenen Sauerstoffs einer- und der verbrennlichen Stoffe andererseits bedingt ist, im einzelnen Falle dem Diffusionsgesetze factisch entsprechen mag. Auch daran kann gedacht werden, dass bei der ersten Aufnahme des Sauerstoffs in das Blutserum und ehe er von den Blutkörperchen in Beschlag genommen wird, ein Diffusionsgesetz im Spiele wäre, das jedoch für den Austausch zwischen freien und absorbirten Gasen durch eine feuchte thierische Membran hindurch überhaupt erst zu ermitteln wäre und überdies bei der Respiration durch die eigenthümliche Eigenschaft des Blutfarbstoffs beträchtlich modificirt würde.

Interessant wäre es auch, zu untersuchen, ob sich durch verschiedene indifferente Gase, namentlich durch Wasserstoff und Stickgas, genau dieselbe Farbe (durch Austreibung des Sauerstoffs) erzeugen lässt, wie durch die Kohlensäure, oder ob die Absorption eines Gases an und für sich, wie Magnus für möglich hielt, die Färbung, Durchsichtigkeit und Lichtbrechung einer Flüssigkeit verändert. Für die Kohlensäure müsste ich das letztere nach meinen Versuchen in Abrede stellen.

Was endlich die vorhandenen Angaben über den entscheidenden Versuch betrifft, so scheint man sich die Frage, um die es sich handelt, gar nicht bestimmt gestellt, und namentlich nicht mit solchem Blute operirt zu haben, welches vor dem Auspumpen so viel als möglich nur mit einem einzigen Gase gesättigt wurde. Doch finde ich in der dritten Auflage der Müller'schen Physiologie S. 319 angegeben, dass „Venenblut unter der Luftpumpe nicht merklich heller werde“; auch „das mit Kohlensäure künstlich inprägnirte Blut wurde, in einem Uhrgläschen der Luftpumpe ausgesetzt, nicht hellroth“. Dies ist nach Müller im Widerspruch mit einem Versuche von Magnus (a. a. O. 40. 602), der eine geringe Veränderung der Farbe wahrnahm, „ohne dass jedoch das Blut so hellroth wie arterielles geworden wäre,“ und vielleicht sind aus diesem Grunde diese Versuche in der folgenden Auflage weggeblieben. Die Stelle bei Magnus lautet jedoch etwas unbestimmt. Magnus fand die hellere Farbe, wenn die Kohlensäure aus dem venösen Blute mittelst Wasserstoff ausgeschieden wurde; unter der Luftpumpe jedoch, wo der Versuch jedenfalls reiner stattfand, nur in so geringem Maasse, „dass er es nicht mit Bestimmtheit auszusprechen wage.“ Ich führe diese Stelle an, weil es mir zu einer grossen Genugthuung gereicht, mich mit einem so ausgezeichneten Forscher in keinem Widerspruch zu wissen. So bliebe also, als ein direct widersprechender,

nur der Marchand'sche Versuch (a. a. O. S. 278), und auch dieser scheint mir einer Interpretation fähig. Wenn er nämlich das beschriebene Ausgiessen des Blutes in gleich weite, etwa 4 Linien, Reagenzylinder, zum Behufe der besseren Vergleichung bei auffallendem und durchfallendem Licht nach dem Auspumpen vorgenommen haben sollte, so würde ich nicht zweifeln, dass das ausgepumpte Blut, welches mit Begierde Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft aufnimmt, in Folge dessen sich wieder etwas geröthet habe. Ich muss daher dringend empfehlen, die ausgepumpten, wie die zur Vergleichung bereitstehenden, Gläser entweder sogleich nach dem Auspumpen zu verschliessen, oder wenigstens in keiner Weise zu rütteln oder lebhaft zu bewegen, Schaum wegzublasen u. dgl. m.

Schliesslich darf ich wohl nach der Mühe, die ich auf diesen Gegenstand verwendet, darauf hinweisen, dass alle meine ersten Versuche (Zeitschr. f. rat. Med. I, S. 440), mit Ausnahme des V., den ich auf Marchands Gründe hin als einen nicht beweisenden und unvollkommenen bereits früher cassirt habe, stehen bleiben; dass aber die daraus zu ziehenden Schlüsse in Bezug auf die Kohlensäure in der oben dargestellten Weise modificirt werden müssen, da sie ohne allen Einfluss auf den Farbstoff und der Sauerstoff auch hier als alleiniger und vorzüglicher Erreger chemischer Vorgänge erscheint.

Auf die weitere Rolle des Sauerstoffs, während der Circulation, hier einzugehen, scheint mir nicht am Orte; namentlich lasse ich dahingestellt, ob er ähnlich der Guajak-tinctur freiwillig den Farbstoff verlässt, um sich anderen chemisch Verwandten zuzuwenden, oder ob die gebildete Kohlensäure, wie bei dem geschüttelten Blute, an seiner Befreiung sich betheilt. Und eben so wenig will ich eine bestimmte Meinung darüber äussern, ob die Kohlensäure als eine blos absorbirte oder, mit Rücksicht auf die Mehr-

aufnahme dem reinen Wasser gegenüber, wenigstens theilweise als chemisch gebundene im Sinne Liebig's zu betrachten sei. Meine Absicht war nur, eine Thatsache zu constatiren, die meiner Ansicht nach für die Wissenschaft fruchtbar sein wird und auf welche man früher oder später wird zurückkommen müssen.

II. Ueber Blutkrystalle und organische Krystalle überhaupt.

Von demselben.

(Vorgetragen am 15. Sept. und 15. Dec. 1852.)

In einer früheren Sitzung (X. Bericht S. 204) habe ich der Gesellschaft die von Zwicky in Zürich entdeckten, von Virchow später genauer beschriebenen und so benannten Hämatoidinkrystalle vorgezeigt, welche man in apoplectischen und Blutextravasaten überhaupt gefunden hat und welche als ein höchst wahrscheinlich stickstoffhaltiger Bestandtheil des Inhaltes der Blutkörperchen bezeichnet wurden, der noch nicht näher ermittelt sei. Es wurde erwähnt, dass Kölliker dergleichen Krystalle sogar in den frischen Blutkörpern eines Python unter dem Mikroskope entstehen sah. Es hätten dort auch die von Reichert (Müllers Archiv 1849, S. 200) beschriebenen rothen, tetraedrischen Krystalle von der Placenta eines Meerschweinchens erwähnt werden sollen, welche derselbe geradezu als Krystalle eines eiweissartigen Körpers bezeichnet und mit Schmidt in Dorpat gemeinschaftlich genauer analysirt hat.

Dieser Gegenstand hat seitdem ein viel weitgreifenderes Interesse gewonnen, da Funke in Lehmanns Laboratorium die Entdeckung machte, dass sich das Milzvenenblut

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel](#)

Jahr/Year: 1857

Band/Volume: [1_1857](#)

Autor(en)/Author(s): Bruch Carl [Karl] Friedrich

Artikel/Article: [Physiologie. Ueber den Farbenunterschied des arteriellen and venösen Blutes 163-173](#)