

# Ueber die Tension des Sauerstoffs im Blute und in Oxyhämoglobinlösungen.

## II. Mittheilung.

Von

G. Hüfner.

(Der Redaction zugegangen am 3. October 1888.)

In meiner letzten Mittheilung «Ueber die Tension des Sauerstoffs im Blute und in Oxyhämoglobinlösungen»<sup>1)</sup> habe ich Versuche beschrieben, die bei einer Temperatur von 34—35° und mit Lösungen angestellt waren, deren Hämoglobingehalt höchstens etwas über 8% betrug. Der Partialdruck des Sauerstoffs, bei welchem unter den oben bezeichneten Bedingungen der Temperatur und der Concentration der Lösung keine merkbare Dissociation des Oxyhämoglobins mehr stattfindet, wurde gleich 64 mm. Quecksilber gefunden, und es stimmte diese Druckgrenze auch nahezu mit jener — 62—63 mm. — überein, die sich aus Versuchen mit frischem defibrinirten Hundeblyte, bei welchen die gleiche Temperatur eingehalten worden, ergeben hatte. — Es blieb zu untersuchen übrig, um wie viel sich die bezügliche Druckgrenze nach oben verschieben würde, wenn beide, sowohl die Temperatur, wie die Concentration der Lösung, noch weiter gesteigert würden, erstere bis zur Fiebertemperatur, letztere bis zu 16% und darüber.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift, Bd. 12, S. 568—584.

Ich gebe hier die Resultate einer auf diese Fragen gerichteten Versuchsreihe<sup>1)</sup> ohne Weiteres in Form einer einfachen Tabelle, in welcher, wie früher,  $t$ ,  $p_0$ ,  $v_0$  Temperatur, Sauerstoffdruck und Sauerstoffvolumen (red. auf 0° und 760 mm. Druck) vor,  $t'$ ,  $p_0'$ ,  $v_0'$  dieselben Beobachtungsgrößen nach dem Schütteln bedeuten, — der Druck ausgedrückt in Millimetern Quecksilber, das Volumen in Cubikcentimetern.

Ver- suchs- num- mer.	Oxyhämoglobin in Procenten.	$t$	$t'$	$p_0$	$p_0'$	$p_0' - p_0$	$v_0$	$v_0'$	$v_0' - v_0$
1	11,06	39,0°	38,5°	71,50	72,63	1,13	16,16	16,47	0,31
2	11,06	39,0°	38,5°	70,86	72,44	1,58	16,57	16,98	0,41
3	12,97	39,0°	38,3°	70,81	70,94	0,13	16,23	16,32	0,09
4	16,51	39,1°	38,5°	57,33	68,49	11,16	12,99	15,66	2,67
5	16,51	39,4°	38,9°	57,74	68,05	10,31	13,29	15,76	2,47
6	16,63	40,0°	39,25°	71,60	72,57	0,97	16,70	17,03	0,33
7	8,32	39,6°	39,1°	71,47	70,67	-0,80	17,04	16,89	0,15
8	16,84	39,25°	38,7°	73,72	74,88	+1,16	16,97	17,32	+0,35
9	8,42	39,7°	39,1°	73,19	73,09	-0,10	17,17	17,18	0,01

In dieser Tabelle sieht man den Einfluss sowohl der weiter gesteigerten Temperatur, wie der erhöhten Concentration auf's Deutlichste. Die Druckgrenze der Dissociation ist bei Temperaturen, die um 39° herum schwanken, in allen Versuchen höher gerückt, als in den früheren Versuchsreihen; in den Versuchen 4 und 5, wo von einem niedrigen Partialdrucke ausgegangen ist, um mehr als 4, in den übrigen, wo der Anfangsdruck selber schon ein höherer war, um 7—10 mm.

Der Einfluss der Concentration aber ist aus den 4 letzten Versuchen besonders ersichtlich. Dieselben stellen 2 auf einander folgende Versuchspaare vor, deren jedes einzelne aus einem Versuche mit ganzer und einem solchen mit halber

<sup>1)</sup> Das Hähufett, das während dieser neuen Versuchsreihe benutzt wurde, war aus viel weissem Wachse und wenig Knochenöl bereitet. Die damit bestrichenen Hähue liessen sich nur in Wasser von der Versuchstemperatur, dabei aber bequem und noch vollständig sicher bewegen.

Concentration besteht. Hier sieht man, wie die Lösung mit ganzer Concentration bei ungefähr der gleichen Temperatur beide Male noch Sauerstoff ausgiebt, wo die halbe Concentration dies nicht mehr thut').

Jedenfalls geht aus der Gesamtzahl meiner nach dem neueren Verfahren angestellten Versuche das Eine mit aller Sicherheit hervor, dass ein ein für alle Male bestimmter, von der Menge unzersetzter Substanz unabhängiger Sauerstoffdruck als Grenze für die Dissociation des gelösten Oxyhämoglobins — also ein Analogon des in der That ein für alle Male bestimmten und von der Menge unzersetzt vorhandener Substanz unabhängigen Kohlensäuredruckes, den wir als Grenze für die Dissociation des festen kohlensauren Kalkes kennen — gar nicht existirt; wohl aber, dass innerhalb der Grenzen von Temperatur und Concentration<sup>2)</sup>, welche allein für das Leben der Warmblüter in Betracht kommen können, jener Grenzdruck des Sauerstoffs kaum

<sup>1)</sup> Dabei könnte nur der Umstand auffallend erscheinen, dass 1. die halb concentrirten Lösungen nicht einmal so viel Sauerstoff ausgeben, wie dem Unterschiede der vorher und nachher absorbirten Mengen, also etwa 0,36 chem. (siehe diese Zeitschrift, Bd. 12, S. 581) entspricht, und dass 2. auch die Lösungen mit ganzer Concentration keine Sauerstoffmengen verlieren, welche diese Zahl überträfen. Da man indessen die Lösungen schon vor dem Einbringen in den Apparat jedes Mal unter gelindem Schütteln bis auf die Versuchstemperatur erwärmte, damit nicht etwa eine spätere Erwärmung das Volumen der ihren Behälter vollständig ausfüllenden Flüssigkeit vermehren und so den absperrenden Hahn lockern könnte, so ward offenbar schon durch diese Operation ein kleiner Theil der bei niedriger Temperatur absorbirten Sauerstoffmenge ausgetrieben; wahrscheinlich ward dadurch zugleich aber auch Veranlassung zu einiger Sauerstoffzehrung gegeben. Insofern nun — welches auch die Veranlassung eines vorherigen Sauerstoffverlustes gewesen sein mag — beide Lösungen, die ganz wie die halb concentrirte, der Möglichkeit eines solchen Verlustes in gleicher Weise ausgesetzt waren, bleibt doch die Thatsache, dass die ganz concentrirte Lösung in beiden Versuchen noch Sauerstoff abgab, die andere nicht, als factischer Ausdruck eines Zusammenhanges zwischen Concentration und Dissociation unbestreitbar.

<sup>2)</sup> Das Wort «Concentration» hier zugleich als Bezeichnung für den Hämoglobinreichtum des Blutes genommen.

erheblich mehr betragen dürfte, als 75 mm.<sup>1)</sup> Quecksilber, ein Werth, der einem Luftdrucke von 358 mm., also nicht ganz der Hälfte des normalen, entsprechen würde.

Ich habe die Höhengrenze, bis zu welcher das Leben von Warmblütern etwa noch möglich sei, lediglich mit Rücksicht auf dieses Verhalten des Blutfarbstoffs in meiner letzten Mittheilung auf etwa 5500 Meter geschätzt: ich glaube, dass ich mit dieser Schätzung in der That ungefähr das Richtige getroffen habe. Bedient man sich einer sehr abgekürzten Barometerformel, in welcher die Correcturen sowohl wegen des Wasserdampfes, wie wegen der nach oben abnehmenden Intensität der Schwere und der Temperatur unterlassen sind, so berechnet sich aus dem Drucke von 360 mm. die Höhe von 5961 Metern.

Zieht man nur die eine, allerdings sehr in die Augen fallende, Thatsache in Betracht, dass bei gleichbleibender Temperatur, aber zunehmender Concentration der Hämoglobinlösung der Partialdruck des Sauerstoffs der darüber stehenden Atmosphäre steigt, bei welchem noch Sauerstoff aus der Lösung in die letztere übertritt, so könnte es scheinen, als ob hoher Hämoglobinreichthum des Blutes gerade die Veranlassung zu reichlicherer Zersetzung sei und namentlich geeignet, die hypsometrische Grenze unseres Lebens vielmehr herabzudrücken, anstatt sie nach oben zu verschieben: Beobachtungen anderer Art aber und Betrachtungen, welche mit den neuesten Erfahrungen und Anschauungen der Physikochemiker<sup>2)</sup> über die Dissociation gelöster Moleküle im Zu-

<sup>1)</sup> Es ist bemerkenswerth, dass E. Herter bei seinen aërotometrischen Versuchen mit dem arteriellen Blute grosser lebender Hunde zu einer Zahl gelangt, die mit der hier gegebenen nahezu übereinstimmt. Herter fand die Tension bei 39° gleich 78,7 mm. Quecksilber (diese Zeitschrift, Bd. 3, S. 98—104). Ueber die Concentration des von ihm verwandten Blutes ist leider nichts bekannt.

<sup>2)</sup> Zeitschrift für physikalische Chemie, Bd. 1, S. 631; Bd. 2, S. 36, 243, 343 und 501.

sammenhang stehen, vermögen zu zeigen, dass — neben Vergrößerung der Berührungszeit und der Berührungsfläche zwischen Blut und Einathmungsluft — eines der sichersten Mittel, die Athmung in höheren, verdünnteren Luftregionen zu ermöglichen, gerade die Erwerbung hämoglobinreicheren Blutes wäre.

Ich werde über die angedeuteten Experimentalbeobachtungen und über das Mittel zur Lösung des oben berührten — nur scheinbaren — Widerspruchs bei anderer Gelegenheit berichten und will hier nur eine Bemerkung anknüpfen, welche sich auf die Berechtigung und physiologische Verwerthung von physikalischen Experimenten, wie die obigen sind, überhaupt bezieht.

Der grösste Theil der in den beiden Mittheilungen über die Sauerstofftension etc., der früheren sowohl wie der vorliegenden, beschriebenen Versuche wurde mit Lösungen von Blutkrystallen, nicht mit Blut selber, angestellt. Nicht allein die Nothwendigkeit und die Leichtigkeit, den Hämoglobingehalt der angewandten Flüssigkeit in der mannigfachsten Weise zu variiren, auch der einfachere und immerhin klarer vorstellbare Zustand einer Lösung selber bewog mich zur Wahl der letzteren.

Einer einfachen wässrigen Lösung des Blutfarbstoffs gegenüber ist die Form, worin derselbe in den festen und organisirten Blutkörperchen enthalten sein mag, jedenfalls die complicirtere; mindestens ist sie für uns die dunklere; ja sie ist uns eigentlich ganz unbekannt, und wir haben nicht die geringste Berechtigung, von vornherein anzunehmen, der Körper werde sich in dieser Form gewissen Einflüssen gegenüber gerade so verhalten, wie in freier wässriger Lösung. Auf alle Fälle ist es angemessen und rathlich, das Verhalten einer solchen Substanz zunächst in ihrem freien und reinen Zustande zu prüfen und zwar unter verschiedenen leicht zu beherrschenden und zu variirenden Bedingungen. Erst wenn dieses geschehen und über jenes ein befriedigender Aufschluss gewonnen ist, dürfen entsprechende Versuche mit dem Stoffe in seiner minder

einfachen oder dunkleren Zustandsform — in unserem Falle in der Form eines in ein complicirtes, organisirtes Gebilde, das rothe Blutkörperchen, eingefügten Bausteines — wiederholt werden. Nur wenn die Versuche in dieser Folge ausgeführt werden, kann ja auch das etwaige Besondere im Verhalten der zweiten Form hervortreten und in die Augen fallen.

Werden endlich die Versuche mit dem complicirteren thierischen Materiale nicht mehr in gläsernen Apparaten allein, d. h. getrennt vom Organismus, sondern gar sogleich am lebenden Thiere selber angestellt, so treten abermals neue, durch das Hinzukommen mannigfacher anderer Bedingungen, sei es durch die Berührung mit der lebenden Gefässwand, sei es durch mechanische Einflüsse (erschwertes Athmen) herbeigeführte Complicationen ein, welche vielleicht im Stande sind, den reinen Gang der einen zu untersuchenden Erscheinung beträchtlich zu stören oder sein Bild bis zur Unkenntlichkeit zu verwischen.

Man wird also überhaupt von der Existenz und in gewissen Fällen auch von der besonderen Art der complicirenden Momente erst dadurch Kenntniss erlangen können, dass man bei Versuchen über Fragen, wie die in Rede stehende, den oben bezeichneten, freilich etwas umständlichen und mühseligen, Weg einschlägt.

Es könnte scheinen, als seien diese meine Bemerkungen völlig überflüssig, und namentlich mit Rücksicht auf das Blut wird man einwenden, dass die angedeutete Vorsicht gar nicht von Nöthen sei, da ja Blutkörperchen z. B. dasselbe Spectrum wie Oxyhämoglobinkrystalle zeigten und lebendes sauerstoffhaltiges Blut gegen Kohlenoxydgas sich völlig ebenso verhalte, wie in Wasser gelöstes sauerstoffhaltiges Hämoglobin. Allein eben gerade die Ergebnisse über die Sauerstofftension waren, wenn sie am Blute des lebenden Thieres gewonnen wurden, bisweilen andere, als die am todtten Materiale gefundenen. Ich verweise in dieser Hinsicht nur auf die bekannten Versuche von Paul Bert und die von ihm Seite 691 seines grossen

Werkes<sup>1)</sup> gegebenen Curven; desgleichen auch auf die interessanten und auffallenden Versuchsergebnisse, welche erst unlängst Herr Christian Bohr<sup>2)</sup> «über die Gasspannungen im lebenden arteriellen Blute» veröffentlicht hat.

Tübingen, im September 1888.

<sup>1)</sup> La pression barométrique, recherches de physiologie expérimentale. Paris 1878.

<sup>2)</sup> Centralblatt für Physiologie. Bd. 1. S. 293—299.