

Ueber die Quantität Sauerstoff, welche 1 Gramm Hämoglobin zu binden vermag

von G. Hüfner.

(Der Redaction zugegangen am 8. November.)

Für den in der Ueberschrift zu dieser Abhandlung bezeichneten Werth liegen bis jetzt nur ein paar kurze Reihen von Bestimmungen vor, deren einzelne Resultate zum Theil noch sehr weit aus einander weichen.

So fand Hoppe-Seyler⁽¹⁾ der sich zuerst mit der Frage befasste, durch Auspumpen von in Wasser theils gelösten, theils nur suspendirten Blutkrystallen den Werth 1,28 Cc.⁽²⁾; ein anderes Mal, als er mit Papier gut abgepresste Krystalle auspumpte, 0,5 Cc.; und endlich bei Anwendung von ganz trockenem Krystallpulver nur 0,4 Cc.

Dybkowsky⁽³⁾ hinwiederum, der sich nach Claude Bernard's und Nawrocky's Vorgang des Kohlenoxyds zur Austreibung des Sauerstoffs bediente, erhielt in zwei Fällen, wo er vollkommene Lösungen des Farbstoffs verwandte, das eine Mal 1,18 Cc., das zweite Mal 0,77 Cc.

Preyer⁽⁴⁾ fand auf absorptionsmetrischem Wege die Zahlen 1,37 Cc., 1,31 Cc. und 1,23 Cc.; und endlich Strassburg⁽⁵⁾, der wieder zur Methode des Aufpumpens griff, die Werthe: 0,885 Cc., 0,590 und 0,448 Cc.

(¹) Archiv für pathol. Anat. Bd. XXIX, S. 598. — Vergl. medic. chem. Untersuchungen, Bd. II, S. 191. 1868.

(²) Alle in dieser Abhandlung genannten Gasvolumina sind reducirt auf 0° Temperatur und 1 Meter Quecksilberdruck.

(³) Medic.-chem. Untersuchungen, herausgeg. von Hoppe-Seyler I. 117 ff. 1866. — Hinsichtlich des zweiten von Dybkowsky gefundenen Werthes muss bemerkt werden, dass in dem betreffenden Falle neben Sauerstoff auch Kohlensäure gefunden wurde.

(⁴) De Haemoglobino observationes et experimenta. Dissertatio. Bonnae, 1866; S. 19.

(⁵) Pflüger's Archiv, Bd. IV, S. 451.

Preyer⁽¹⁾ hält, und wohl mit Recht, von den früheren nur die Werthe 1,28 (Hoppe-Soyer) und 1,18 (Dybkowsky) für zuverlässig und vergleichbar. Von seinen eigenen lässt er nur die drei genannten gelten, und indem er nun aus diesen 5, nach drei ganz verschiedenen Methoden gefundenen Zahlen das Mittel nimmt, erhält er den Werth 1,27 Cc., eine Zahl, die, wie er sagt, zufällig gerade «die theoretisch verlangte» ist.

Ganz abgesehen nun von dem Wunsche, die fragliche Zahl in Uebereinstimmung mit dem Resultate etwaiger theoretischer Betrachtungen zu bringen, scheint mir das Bedürfniss, dieselbe endgültig und so genau wie möglich festzustellen, an sich ein dringendes zu sein; und gerade Preyer's eigener Ausdruck «zufällig» enthält Aufforderung genug für eine Wiederaufnahme darauf bezüglicher Untersuchungen.

In den Schwesterwissenschaften Physik und Chemie ist es Regel, dass man immer von Neuem an die Bestimmung gewisser wichtiger Constanten geht, sobald irgend eine neu auftauchende Messmethode exactere Resultate verheisst; wenn auch die Ermittlung solcher Constanten bereits mit Glück versucht und mit der durch die älteren Methoden erreichbaren Genauigkeit gelungen war.

Die möglichst genaue Ermittlung einer Constanten, wie der in Rede stehenden, scheint mir aber für die physiologische Chemie und namentlich für die Lehre vom respiratorischen Gasaustausch höherer Organismen von nicht minderer Bedeutung, wie die möglichst genaue Feststellung einer Molekulargewichtszahl für die Chemie oder die Bestimmung der specifischen Wärme verschiedener Gase für die theoretische Physik.

Ich habe deshalb dahin zielende Versuche um so lieber wieder aufgenommen, als mich die Bekanntschaft mit Vierordt's photometrischer Methode hoffen liess, den Hämoglobingehalt des Blutes sicherer wie bisher und auch noch schneller bestimmen zu können.

(1) Die Blutkrystalle, Untersuchungen von W. Preyer, Jena, 1871; S. 131.

Die von Strassburg mitgetheilten Resultate, ebenso wie eigene Erfahrungen, hatten mich ferner belehrt, dass die Methode des blossen Anpumpens von Lösungen des vorher krystallinisch dargestellten Farbstoffs zum Zwecke der Sauerstoffgewinnung nicht die geeignetste sei. Wie Strassburg, so hatte auch ich (des Oeffteren gefunden, dass sich das Oxyhämoglobin schon während des Evacuirens, namentlich aber infolge des Erwärmens bis auf Bluttemperatur, allzurasch zersetzt; denn neben verhältnissmässig wenig Sauerstoff erhält man immer Kohlensäure, und deren Menge nimmt zu mit steigender Temperatur. Ich wählte also zur Austreibung des Sauerstoffs wiederum das Kohlenoxyd und arbeitete mit im Eisschranke stark abgekühlten Lösungen.

Gegen die Wiederholung von Versuchen nach Preyer's Methode bewog mich die Ueberlegung, dass auch dem reinsten krystallinisch dargestellten Blutfarbstoff, so lange er feucht ist, immer noch Spuren von dem zur Fällung verwandten Alkohol anhaften, Spuren, die immer wieder mit in die wässrige Lösung gelangen. Wie schwer aber die geringsten Beimengungen anderer, besonders organischer, Materien die Bestimmung des Absorptionscoefficienten des Sauerstoffs für Wasser erschweren, ist aus Bunsen's Untersuchungen bekannt; und da namentlich Alkohol einen etwa zehnfach grösseren Absorptionscoefficienten für Sauerstoff, als Wasser, besitzt, so kann bei Versuchen mit kleinen Flüssigkeits- und Gasvolumen der dadurch herbeigeführte Fehler schon verhältnissmässig bedeutend und leicht Veranlassung werden, dass der für Hämoglobin gesuchte Werth zu gross gefunden wird.

Dieses Alles bewog mich zur Wahl des folgenden Versuchsplanes.

Eine etwa 4 Mal verdünnte Lösung frischen, defibrinirten Bluts, deren Hämoglobingehalt jedes Mal spectrophotometrisch, unter Anwendung mehrerer verschieden verdünnter Proben, bestimmt werden konnte, sollte in einem eigens construirten Apparate bei niedriger Temperatur mit Kohlenoxyd geschüttelt, das restirende Kohlenoxyd sammt dem ausgetriebenen Sauer-

stoff und Stickgas gemessen, das Gemenge analysirt und aus dem Verhältniss des vorhandenen Blutfarbstoffes zur gefundenen Sauerstoffmenge, unter Berücksichtigung des etwa vom Blutwasser absorbirten Gases, die gesuchte Zahl berechnet werden.

Um eine derartige Untersuchung ausführen zu können, hatte ich aber noch eine sehr wichtige Vorfrage zu erledigen.

Die Anwendung der Spectrophotometrie auf die quantitative chemische Analyse beruht bekanntlich auf der mannigfaltig bewiesenen Thatsache, dass der Extinctioncoefficient einer gefärbten Flüssigkeit für einen bestimmten Spectralbezirk der Concentration derselben direkt proportional ist; dass also die Proportion besteht:

$$c : \varepsilon = c' : \varepsilon',$$

oder die Gleichung:

$$\frac{c}{\varepsilon} = \frac{c'}{\varepsilon'} \quad (1)$$

worin c und c' zwei verschiedene Concentrationen derselben gefärbten Flüssigkeit und ε und ε' die zugehörigen Extinctioncoefficienten bedeuten.

Die Gleichung (1) sagt aber aus, dass das Verhältniss $\frac{c}{\varepsilon}$ oder $\frac{c'}{\varepsilon'}$ für dieselbe Flüssigkeit jederzeit eine Constante ist. Bezeichnet man dieselbe daher, nach Vierordt's Vorgang, mit A , so erhält man die Concentration oder den Gehalt einer Flüssigkeit an färbender Substanz aus der Gleichung:

$$c = A\varepsilon \quad (2)$$

Da sich nun ε mit Hülfe des Spectrophotometers unmittelbar finden lässt, so braucht nur die Constante A für die fragliche Flüssigkeit ein für alle Male bekannt zu sein, um sofort jede mögliche Concentration der letzteren auf spectrophotometrischem Wege bestimmen zu lassen.

Die Feststellung von A für sauerstoffhaltigen Blutfarbstoff ist aber mit einigen Schwierigkeiten verknüpft. Dieselben liegen indess nicht etwa in der Anwendung des Apparats und der photometrischen Methode, sondern vielmehr in der Natur des Farbstoffs selbst. Das Schwierigste ist

nämlich die Herstellung einer Lösung desselben von genau bekanntem Gehalte.

Da vollständig getrockneter Farbstoff sich ohne Zersetzung bekanntlich nicht wieder lösen lässt, so bleibt nichts übrig, als die Krystalle in noch feuchtem Zustande zu wägen und zu lösen, und ihren Feuchtigkeitsgehalt auf einem Umwege zu bestimmen.

Um dies zu können, wurde in einem kalten Raume aus dem frischen Brei von zwei Mal umkrystallirtem Blutfarbstoff zwischen Papierlagen rasch ein fester Kuchen zusammengedrückt, von dem man annehmen durfte, dass sein Feuchtigkeitsgehalt durchgängig wenigstens annähernd der gleiche sei. Von diesem Kuchen wurden an verschiedenen Stellen, vom Rande und aus der Mitte, kleine linsengrösse Stücke abgelöst, jedes in ein verschliessbares Kölbchen von bekanntem Gewichte gebracht und sogleich gewogen. Alsdann wurde Wasser von etwa 10° C. in solcher Menge hinzugefügt, als für die Herstellung einer hinlänglich verdünnten Lösung nöthig schien, das Ganze abermals gewogen und endlich nach dem Zusatze einiger Körnchen wasserfrei kohlensauren Natrons so lange geschüttelt, bis die Lösung vollständig klar war. Derartiger verschieden concentrirter Lösungen wurden in der Regel drei bereitet und sofort von jeder der Extinctioncoefficient vor dem Apparate bestimmt.

Der Rest des Kuchens ward unterdessen, zwischen Uhrglässern verschlossen, gleichfalls gewogen und hierauf in Eisschranke, umgeben von einer Kältemischung, bis zu constant bleibendem Gewichte über Schwefelsäure getrocknet.

Der zur Bestimmung der Constante A jedesmal noch fehlende Werth von ϵ ergab sich nach vollendeter Trocknung des Kuchenrestes aus den einzelnen Wägungsdaten in folgender Weise:

Bedeutet g das Gewicht des zur Ermittlung des Feuchtigkeitsgehalts verwandten Kuchenrestes, s den Trockenrückstand desselben; sei ferner γ das jedesmalige Gewicht des gelösten Bröckchens und s sein unbekanntes Trockengewicht, und bedeuete endlich Q das jedesmalige Gewicht des Lösungswassers, so erfährt man zunächst s aus der Gleichung:

$$e = \frac{\gamma s}{g} \quad (3)$$

Da nun aber, insofern e den Procentgehalt an trockenem Farbstoff bedeutet, die Proportion besteht:

$$e : 100 = s : Q + \gamma,$$

so wird

$e = \frac{100 s}{Q + \gamma}$, und wenn wir für s aus Gleichung (3) seinen Werth einsetzen:

$$e = \frac{100 \gamma s}{(Q + \gamma) g} \quad (4)$$

Folgende kleine Tabelle diene nun als Beispiel einer solchen einzelnen Versuchsreihe. Darin sind die einzelnen Werthe von e mit Hilfe der Daten der 4 vorhergehenden Columnen nach Gleichung (4) und diejenigen von Λ aus den Daten der Columnen 6 und 7 nach Gleichung (2) berechnet. — Für die Bestimmung des Extinctionscoefficienten ist ein für alle Male das 2. Absorptionsband des Oxyhämoglobins gewählt worden.

Versuchsnummer.	g	s	γ	$Q + \gamma$	e	ϵ	Λ
1.	1.6986	0.8135	0.0196	29.9531	0.031411	0.27033	0.1162
2.	—	—	0.0400	35.4435	0.054173	0.47850	0.1132
3.	—	—	0.0167	37.7923	0.021203	0.19189	0.1108

Derartiger Versuchsreihen wurden im Ganzen 5 durchgeführt und zwar war das dazu benutzte Oxyhämoglobin jedesmal frisch dargestellt und zweimal umkrystallisirt.

Folgende Reihe enthält die in allen einzelnen Versuchen erhaltenen Werthe von A:

1)	0,1162
2)	0,1132
3)	0,1108
4)	0,1109
5)	0,1244
6)	0,1314
7)	0,1197
8)	0,1212
9)	0,1121
10)	0,1226
11)	0,1242
12)	0,1228
13)	0,1236
14)	0,1235
Mittel =	0,1154

Allerdings fiel, wie man sieht, wie aber auch zu erwarten war, die Constante A weder in den einzelnen Gliedern je einer Reihe, noch fiel ihr jedesmaliger Mittelwerth in den verschiedenen Reihen genau gleich gross aus; trotzdem aber dürfte das Mittel aus allen einzelnen Zahlen der ganzen Reihe den wahren Werth sehr nahe erreichen; da es namentlich wahrscheinlich ist, dass die Voraussetzung gleichen Wassergehaltes der einzelnen Kuchenbröckchen und des jeweiligen Kuchenrestes, wenn sie es that, eben so oft nach der Plus- wie nach der Minusseite gefehlt habe.⁽¹⁾

Mit Hülfe der so gewonnenen Constante A war es nun leicht, den Oxyhämoglobingehalt des Bluts selbst oder verdünnter Lösungen desselben zu ermitteln. Ich habe bereits

⁽¹⁾ Auf der andern Seite ist dagegen zuzugestehen, dass der Verdacht einer etwa stattgehabten Zersetzung um so mehr wegfallen muss, je grösser bei gleicher Concentration das Extinctionvermögen der Lösung; dass folglich auch der Werth von A im Allgemeinen um so mehr Anspruch auf Zuverlässigkeit machen darf, je kleiner er gefunden wird.

an einer anderen Stelle (1) auseinandergesetzt, mit welchem Grade von Genauigkeit diess schon bei einer Einzelbestimmung möglich ist. Während der nun folgenden genaueren Beschreibung des Verfahrens, das zur Erreichung des eigentlichen Zweckes dieser Arbeit befolgt wurde, wird sich die Formel, nach welcher die in jedem einzelnen Versuche verwandte Menge an trockenem Farbstoff ermittelt werden musste, von selbst ergeben.



Wie bereits im Anfange bemerkt, wurde zu den eigentlichen Versuchen frisches, defibrinirtes Hundeblood mit etwa der 4-5-fachen Menge destillirten Wassers verdünnt. Es geschah diess 1), um die Blutkörperchen zu zerstören und den Farbstoff in Lösung zu bringen, sodann aber 2) wegen der Grösse und Einrichtung des Apparats, der bei den Verdünnungsversuchen benutzt wurde. Ausserdem wurden zu je 400 Ccm. dieser Lösung 2-3 Gramme kohlensauren Natrons gefügt, nicht allein um die Lösung vollkommener und klarer, sondern auch um das Oxyhämoglobin selbst haltbarer zu machen. Die Lösung wurde hierauf durch heftiges Schütteln mit atmosphärischer Luft gesättigt, nach dem Verschwinden des Schuams rasch durch ein Faltenfilter filtrirt und nach Bestimmung ihres spezifischen Gewichts in den gläsernen Verdrängungsapparat eingefüllt.

Dieser letztere (siehe beistehende Figur) ist folgendermassen eingerichtet,

Er besteht aus 3 aneinander geschliffenen Stücken, B, G und C. B und G sind einander wesentlich gleich. Es sind Glaskugeln mit Hähnen r, r', r'', und röhrenförmigen Fortsätzen, f, e, s, q. Einer der letzteren, der zu B gehörige Fortsatz e, ist in den

(1) Journal für praktische Chemie. Neue Folge, Bd. XVI, S. 313.

Fortsatz s von G luftdicht eingeschliffen. Ebenso ist das Ende a der Röhre C luftdicht in f eingeschliffen, während das andere, p , sich genau in ein Stück der von mir schon öfter erwähnten (1) kleinen Quecksilberpumpe einpassen lässt.

Nun haben B und G einen verschiedenen Rauminhalt, derart, dass z. B. G um ein Drittel grösser als B ist; so dass, wenn eine die Kugel B ganz erfüllende Flüssigkeitsmenge nach G gedrängt ist, daselbst noch ein bedeutendes Gasvolumen neben ihr Platz hat. Im vorliegenden Falle fasste B , inclusive der Hahnbohrung von r' , genau 158,75 Cubikcentimeter, und G , ohne die Hahnbohrungen, deren 207.

Sinn und Gebrauch des Apparats sind hiernach leicht verständlich.

Sei nämlich B sammt der untern Hahnbohrung (r') ganz mit der verdünnten Blutlösung, der Binnenraum von e und s , die anstossenden Hahnbohrungen von r und r'' , sowie diejenige von q mit Quecksilber angefüllt, und befinde sich in G und in der obersten Hahnbohrung (r''') eine so verdünnte Atmosphäre von Kohlenoxydgas, dass die ganze Kugel nur etwa 20 Cem. davon (red. auf 0° und 1 M. Druck), ausserdem aber kein anderes Gas enthält, so wird, wenn der ganze Apparat, mit q nach unten, in eine Quecksilberwanne eingesenkt und alsdann die drei untern Hähne geöffnet werden, die Blutlösung sofort durch den Druck der äussern Luft, unter Nachrücken von Quecksilber, nach G hinauf gedrängt und nach Verschluss des Hahnes r'' und nach Entfernung der Kugel B bequem in der Hand mit Kohlenoxyd geschüttelt werden können.

Es sei bemerkt, dass das Kohlenoxyd für jeden einzelnen Versuch durch Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure auf Oxalsäure frisch dargestellt und vor dem Einfüllen in die Kugel G jedesmal sorgfältig auf seine Reinheit geprüft wurde; dass ferner das Einfüllen selbst in bekannter Weise durch Aufsteigenlassen des Gases unter Quecksilber, und

(1) Siehe namentlich Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge Bd. I., S. 629.

endlich die Herstellung der passenden Verdünnung approximativ mit Hilfe der Quecksilberpumpe geschah, unter Berücksichtigung des bekannten Volumens von G, des herrschenden Barometerstandes, der Höhe der Quecksilbersäule im Manometer und der jeweiligen Temperatur der Umgebung.

War der Versuch bis dahin glücklich ausgeführt, waren namentlich Blutlösung und Gas mehrmals minutenlang tüchtig durch einander geschüttelt, so wurde nunmehr das Ganze auf 1 oder 2 Stunden in den Eiskasten gebracht, wo der beim Schütteln gebildete Schaum allmählig zum Verschwinden kam. Alsdann erst wurde die Kugel an die Pumpe befestigt, mit dieser sämtliches Gas rasch bei niedriger Temperatur herausgepumpt, dasselbe gemessen und analysirt.

Die Methode der Gasgewinnung war somit eine combinirte. Die Verdrängungsmethode war vereinigt mit der Methode des Evacuirens. Was sonst allmählig und unter steter Zersetzungsgefahr während längeren Erwärmens, geschah hier rasch und in der Kälte. So durfte man hoffen, in der That sämtliches Sauerstoffgas, sowohl das bloss etwa absorbirte, wie das vom Hämoglobin locker gebundene, zu gewinnen.

Die Zwischenzeit, während deren die Kugel auf dem Eise lag, benutzte man zur photometrischen Bestimmung des Hämoglobingehaltes der Lösung.

Um letztere für die photometrische Untersuchung geeignet zu machen, musste sie erst noch passend verdünnt werden. Dies geschah, zur Erreichung grösserer Genauigkeit, wiederum in drei einzelnen Versuchen. Erst wurden in 3 Kölbchen von genau bekanntem Gewichte kleine Portionen der ursprünglichen Lösung abgewogen, hierauf zu jeder so lange destillirtes Wasser gefügt, bis die erreichte Verdünnung genügend schien, und alsdann jedes Kölbchen wieder gewogen. Man erhielt so Oxyhämoglobinslösungen von genau bekanntem, aber jedesmal verschiedenem Verdünnungsgrade, von deren jeder einzelnen der Extinctionscoefficient zu bestimmen war.

Mit Hilfe 1) dieses Coefficienten, 2) der Grösse der jedesmaligen Verdünnung, 3) der durch die oben mitgetheilte Versuchsreihe ermittelten Constante A, ferner 4) des bekannten

Volumens der Kugel B und endlich 5) des spezifischen Gewichts der ursprünglichen Lösung musste sich nun in jedem einzelnen Falle berechnen lassen, wie viel Gramme sauerstoffhaltigen Blutfarbstoffs für den respectiven Verdrängungsversuch benutzt worden waren. Als wirklicher Werth galt dann das Mittel aus den bei den drei Versuchen gefundenen, nur wenig von einander verschiedenen, Resultaten.

Die Formel für diese Berechnung ergab sich aus folgender einfachen Betrachtung:

Bedeute p den Procentgehalt der zur Photometrie benutzten verdünnten Lösung an Gewichtseinheiten der ursprünglichen Lösung, ferner ϵ den Extinctioncoefficienten der verdünnten Lösung, $\acute{\epsilon}$ denjenigen der ursprünglichen, so besteht die Proportion:

$$100 : \acute{\epsilon} = p : \epsilon; \text{ es ist also}$$

$$\acute{\epsilon} = \frac{100 \epsilon}{p} \quad (5)$$

Sei weiter A das Absorptionsverhältniss des sauerstoffhaltigen Hämoglobins und p' der Oxyhämoglobingehalt der ursprünglichen Lösung, so gilt die Gleichung:

$$p' = A \acute{\epsilon}$$

und wenn man für $\acute{\epsilon}$ aus Gleichung (5) seinen Werth einsetzt:

$$p' = \frac{100 \epsilon A}{p} \quad (6)$$

Ist ferner das Volumen der ursprünglichen Blutlösung v , das spezifische Gewicht derselben s , und bedeutet x die fragliche, in jenem Volumen v enthaltene Gewichtsmenge des Oxyhämoglobin, so erhält man, da

$$100 : p' = vs : x,$$

x aus der Gleichung:

$$x = \frac{p' v s}{100}, \text{ oder nach Vertauschung von } p' \text{ mit}$$

seinem in Gleichung (6) gegebenen Werthe:

$$x = \frac{A \epsilon s v}{p} \quad (7)$$

Bezeichnet endlich \grave{g} das Gewicht der abgewogenen Probe der ursprünglichen Blutlösung und g die Summe aus

dem Gewichte γ und dem des zugefügten Verdünnungswassers, besteht demnach die Proportion:

$$100 : p = g : \gamma,$$

und ist also

$$p = \frac{100 \gamma}{g}, \text{ so wird}$$

$$x = \frac{A \epsilon s v g}{100 \gamma}. \quad (8)$$

Ich unterlasse es, hier noch besondere Beispiele für die Genauigkeit dieser Bestimmungsart beizubringen, weil dies bereits an einem andern Orte, ⁽¹⁾ wo ein neues Spectrophotometer beschrieben wurde, geschehen ist.

Ich lasse lieber sogleich die Resultate einer längeren Reihe von Verdrängungsversuchen selber folgen.

Nur noch das eine sei vorher bemerkt, dass bei jedem Versuche ausser dem spezifischen Gewichte der Lösung auch noch der Barometerstand und die Temperatur notirt wurden, bei welchen die Lösung mit Luft geschüttelt, resp. gesättigt ward. Es geschah dies um der — zunächst allerdings unbewiesenen — Voraussetzung willen, dass das Wasser der Lösung sich in Betreff seines Absorptionsvermögens für die beiden Componenten unserer Atmosphäre und vor Allem für den Sauerstoff derselben ganz ebenso verhalte wie reines Wasser. Die Grösse des Sauerstoffantheils, (reducirt auf 0° und 1 Meter Druck), der alsdann von der bei der Analyse gefundenen Gesamtmenge des Sauerstoffs in Abrechnung zu bringen wäre, berechnet sich nämlich aus der Gleichung

$$v' = \alpha v b \beta; \quad (9)$$

worin α den bei der Temperatur t geltenden Absorptionscoefficienten des Sauerstoffs für Wasser, v das in Betracht kommende Flüssigkeitsvolumen, b den Barometerstand und β den Partialdruck des Sauerstoffs in der Atmosphäre bedeutet.

In Columnne 4 der folgenden Tabelle finden sich die Werthe von v' jedes Mal in solcher Weise aus den Beobachtungsdaten berechnet.

(1) Journal für praktische Chemie, Neue Folge, Bd. XVI, S. 290 ff.

Versuchs- Nummer.	Oxyhämoglobin in Grammen = Hb	Gesamt- sauerstoff V.	v.	V - v.	V Hb	V Hb
1.	4,0151	4,9338	0,7104	4,2234	1,0543	1,2288
2.	4,0151	4,9232	0,7029	4,2203	1,0535	1,2262
3.	3,6071	4,6830	0,6940	3,9890	1,1059	1,2983
4.	2,1611	2,8590	0,7122	2,1470	0,9935	1,3230
5.	3,5977	4,9480	0,6894	4,2580	1,1835	1,3753
6.	4,9249	6,5700	0,6766	5,8940	1,1968	1,3341
7.	4,1574	5,4210	0,7273	4,6940	1,1291	1,3040
8.	5,3732	6,5850	0,6930	5,8920	1,0966	1,2255
9.	4,2978	5,4620	0,6767	4,7850	1,1134	1,2709
10.	4,7760	5,8430	0,6980	5,1450	1,0772	1,2234
				Mittel	1,1004	1,2810

Die in Columnne 6 vorstehender Tabelle enthaltenen Werthe sind in der Voraussetzung berechnet, dass die Blutlösung minus Hämoglobin in der That genau so viel, weder mehr noch weniger, Sauerstoff absorbire wie reines Wasser. Columnne 7 dagegen stellt die entsprechenden Werthe für den allerdings nicht wahrscheinlichen Fall dar, dass nicht allein jene Voraussetzung ungültig wäre, sondern dass überhaupt jeglicher durch Kohlenoxyd austreibbare und aller auspumpbare Sauerstoff lediglich dem Hämoglobin entstamme.

Um über die Frage, in wie weit die erstere Voraussetzung richtig sei, wenigstens eine angenäherte Entscheidung zu erlangen, stellte ich noch eine kurze Versuchsreihe mit Serum an. Auch dieses war aus Hundeblut gewonnen.

Tübingen, im Oktober 1877.

(Fortsetzung folgt).