

Ueber die Kohlensäure in den Blutkörperchen.

Erste Abhandlung.

Von

Alex. Schmidt.

Mit drei Holzschnitten.

1) Die Frage, ob die Blutkörperchen Kohlensäure enthalten oder nicht, war bis dahin eine offene; allerdings scheint mit ihrer Anwesenheit in den Blutkörperchen der Umstand unverträglich zu sein, dass diese einen Stoff enthalten, welcher die Kohlensäure aus ihren alkalischen Verbindungen austreibt. Aber die Körperchen vermögen dieses nur mit Hülfe des luftleeren Raums, eine Unterstützung, deren sie im lebenden Zustande entbehren. Zu dieser Erwägung, welche die Möglichkeit nicht ausschliesst, dass innerhalb der Körperchen Kohlensäure anwesend sei, kommt noch eine andere, welche sich auf die Gasanalysen des Gesamtbluts und seines zugehörigen Serums gründet. Nach *Schöffers* enthalten 100 Theile Serums soviel mehr CO_2 als 100 Theile seines Gesamtbluts, dass möglicher Weise die gesammte CO_2 des Blutes in dem letzteren enthalten sein könnte.

Folgt man nun der Annahme, es seien die Körperchen frei von Kohlensäure, so berechnet sich, wie *Preyer* zeigte, aus den Zahlen von *Schöffers* in 100 Th. Blutes 78—74 Gewichtstheile Serum. Diese Zahlen weichen von dem auf andere Weise bestimmten Serumgehalt des Blutes zwar nicht so weit ab, dass man unbedingt die Voraussetzung, unter der sie berechnet wurde, für unrichtig erklären müsste, immerhin aber ist doch die Abweichung gross genug, um das Ergebniss als einen strengen Beweis für den Mangel der Kohlensäure in den Körperchen ansehen zu dürfen. Weil aber die Entscheidung der vorliegenden Frage sowohl für die Blutanalyse als für die Erkenntniss

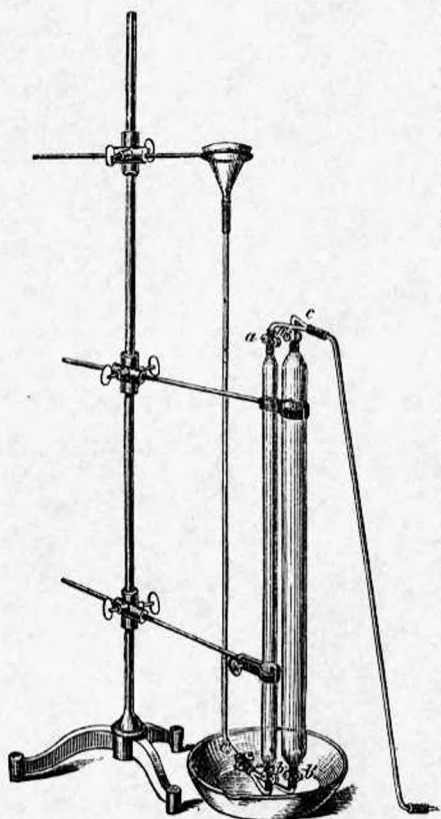
der chemischen Eigenthümlichkeiten des Blutkörperchens und die Respiration von Bedeutung ist, so entschloss ich mich, den Gegenstand einer erneuten Prüfung zu unterwerfen.

Die Methode, mit welcher ich zum Ziel zu gelangen trachtete, beruht im Wesentlichen auf dem schon von meinen Vorgängern betretenen Wege. Insbesondere aber darauf, dass man von einem und demselben Blute zwei verschiedene Portionen auffängt, von denen man die eine in defibrinirtem Zustande unmittelbar zur Bestimmung der Kohlensäure im Gesamtblut verwendet, während man die andere zur Gewinnung von einer solchen Menge von Serum benutzt, dass sein Kohlensäuregehalt mit genügender Sicherheit bestimmt werden kann. Alsdann berechnet man unter der Annahme, dass die Körperchen frei von Kohlensäure seien, aus den CO_2 -Procenten des Gesamtblutes und denen des Serums das Volum des Serums in der Einheit des Blutes. Der Weg, auf welchem ich die beiden zur Verwendung kommenden Blutmengen sammelte, unterscheidet sich jedoch wesentlich von dem früher eingeschlagenen. Da ich glaube, dass er sich auch in andern Fällen brauchbar erweisen wird, so will ich ihn hier kurz beschreiben.

Der Apparat (s. folg. S.), in welchem ich das Blut aus der Arterie des Thieres eintreten liess, besteht aus zwei ungleich weiten, aber gleich langen Glas cylindern, von denen jeder an seinen beiden Enden ab und $a'b'$ in ein enges Rohr ausgezogen ist.

Die ausgezogenen Enden werden beiderseits durch Kautschukschläuche mit den gläsernen Gabelröhren C und C' verbunden, so dass hierdurch ein communicirendes Röhrensystem hergestellt wird, mit einem einzigen Einfluss bei C und einem einzigen Abfluss bei C' . Diesen kleinen Apparat befestigt man auf zweckmässige Weise in einem gewöhnlichen Halter in der Art, dass die beiden Glas cylinder senkrecht stehen. Alsdann fügt man mittelst Kautschuk an die Ausflussmündung C' ein Glasrohr in aufrechter Stellung, welches an Länge die Cylinder übertrifft, und das an seiner freien (obern) Mündung einen Glas trichter trägt. Durch bekannte Handgriffe kann man durch das Glasrohr die beiden Cylinder und die mit ihnen in Verbindung stehenden Gabeln unter Ausschluss aller Luftblasen mit Quecksilber anfüllen. Ist dieses geschehen, so schliesst man mittelst eines Kautschukrohres und einer umgelegten Schraubenklemme

die Stiele der Gabeln bei *C* und *C'* ab, setzt darauf das untere Ende des Apparats in eine Schale mit Quecksilber und entfernt



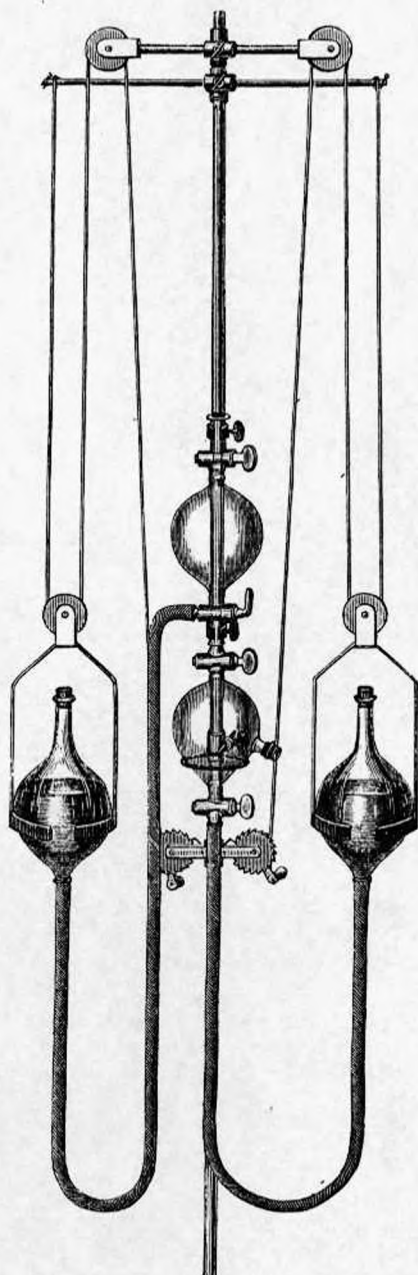
nun das Rohr, welches den Trichter trägt. Als- dann legt man die Carotis eines grossen Hundes blos, bindet in der Richtung derselben eine Canüle von Glas und befestigt an diese ein Glasrohr, welches lang genug ist, um von der Carotis bis zum Stiel der Gabel zu reichen; natürlich muss dieses Rohr mit den passenden Biegungen versehen sein, um die Arterie und den Stiel der Gabel *C* bequem mit einander verbinden zu können. Bevor dieses Letztere bewerkstelligt wird, lässt man so viel Blut aus der Carotis in das mit ihr verbundene Glasrohr eintreten, bis dasselbe gefüllt ist, steckt sie darauf in den Kautschuk der freien Mündung von

C, entfernt durch geeignete Manipulation und unter Zutritt von etwas Blut die wenige Luft, welche etwa noch irgendwo vorhanden, und bindet nun das blutzuführende Rohr auf dem Stiel der Gabel fest. Ist dieses geschehen, so öffnet man die bis dahin mit den Fingern zugehaltene Carotis, und sogleich schraubt man die Klemme bei *C* auf, wobei zu beachten, dass kein Hg-Tropfen gegen die Carotis hinfliesst, und darauf eröffnet man auch die unter dem Quecksilber bei *C'* anliegende Klemme. Das Blut, welches aus der Carotis in den Raum strömt, den das ausfliessende Quecksilber frei macht, vertheilt sich in dem com-

municirenden Röhrensysteme durchaus gleichmässig, so dass die Spiegel des Quecksilbers in den beiden Röhren immer auf gleicher Höhe absinken. Sowie die nöthige Menge von Blut in die Röhren eingetreten ist, wird die Klemme bei C' geschlossen und sogleich darauf die bei C ; dann werden durch vier Klemmen die Kautschukröhren bei aa' und bb' zugeschlossen und der Apparat auseinander genommen. Das Blut in der kleinen Röhre wird alsdann durch Schütteln mit dem restirenden Quecksilber defibrinirt.

Dasjenige in dem grossen Cylinder aber wird sorgfältig in aufrechter Stellung in einer Blechbüchse eingeschlossen in Eiswasser aufgehoben. Nachdem sich am andern Tage das Serum abgeschieden, wird dieses mit Hülfe des Trichterrohres D durch das von unten einfliessende Quecksilber mit bekannten Vorsichtsmassregeln in den Blutrecipienten übergeführt. In den meisten Fällen hätte sich das Serum so rein abgeschieden, dass die in den Recipienten übertretende Menge eine kaum merkbare Röthung darbot.

Die Pumpe, deren ich mich zur Entgasung bediente, weicht in ihrem Bau von dem der ältern *Ludwig'schen* dadurch ab, dass, wie der Holzschnitt 2 (s. folg. S.) sehen lässt, der Abschluss der einzelnen Räume nicht mehr durch Kautschuk, sondern durch *Geissler's* Glashähne besorgt wird, und ferner dadurch, dass statt der feststehenden Röhren für das Anfüllen und Auslassen des Quecksilbers jetzt die Schläuche mit aufgesetzter Füllungskugel von *Helmholtz* angewendet sind. Da das Princip festgehalten wurde, den luftleeren Raum durch Ablassen von Quecksilber herzustellen und ebenso die aus dem Blute abgeschiedenen Gase vor ihrer Ueberführung in das Sammelrohr von dem Blute zu trennen, so verlangte die neue Construction für jeden der beiden unabhängig von einander zu behandelnden Kugelräume einen eigenen Füllungsschlauch. In dieser Form hat sich der Apparat, ohne an seiner sonstigen Brauchbarkeit etwas einzubüssen, besonders dadurch als zweckmässig erprobt, dass man in einer Stunde 30—35 CC. Blut gasfrei machen kann. Hierdurch wurde es möglich, sechs Auspumpungen, welche öfter zu einem Versuche gehörten, in einem Tage zu vollenden. Ich lasse nun die Resultate, welche ich über den Kohlensäuregehalt in 100 Theilen Gesamtblut und in 100 Theilen des zugehörigen Serums bei sieben Hunden erhielt, folgen.



Versuchs- Nummer	In 100 Theilen CO ₂	CO ₂ des Blutes CO ₂ des Serums
I.	Blut = 30,50 Serum = 31,95	0,95.
II.	Blut = 37,66 Serum = 40,21	0,94.
III.	Blut = 23,69 Serum = 28,07	0,84.
IV.	Blut = 30,74 Serum = 37,97	0,81.
V.	Blut = 30,87 Serum = 35,00	0,88.
VI.	Blut = 33,88 Serum = 42,83	0,80.
VII.	Blut = 32,23 Serum = 37,02	0,87.

Macht man die Annahme, dass alle CO₂, welche diese Blutarten enthalten haben, ihrem Serum angehörten, so kann man zur Berechnung des Serumvolums die bekannte Formel von *P. du Bois* anwenden. Da dieselbe nicht allen Lesern geläufig sein dürfte, so erlaube ich mir, sie hierher zu schreiben.

Es sei b das Volum der Blutkörperchen und s das Volum des Serums, welche zusammen die Einheit des Blutvolums bilden; es sei ferner a der Gehalt der CO₂ in der Volumeinheit der Körperchen, k der gleichnamige Werth in der Volumeinheit des Serums und u der Gehalt an CO₂ in der Volumeinheit des Gesamtblutes, so wird $ab + ks = u$. Da nun nach der vorhin gemachten Voraussetzung $a = 0$ sein soll, so geht die Gleichung

in die andere $ks = u$ über, und es lässt sich $s = \frac{u}{k}$ auswer-

then, da uns durch die Beobachtung die beiden letztgenannten Grössen bekannt sind. Berechnet man sich dieselben für die mitgetheilten sieben Beobachtungen, so erhält man die Werthe, welche die vierte Rubrik der vorstehenden Zusammenstellung ausfüllen.

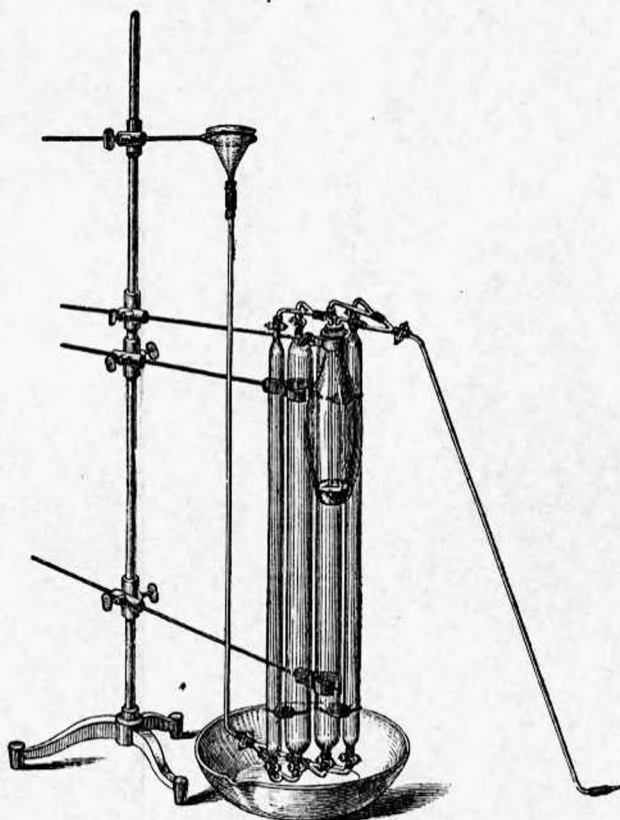
Die hohen Werthe, welche der Antheil des Serums in der Volumeinheit des Blutes auf Grundlage unserer Annahme erhält, zeigt auf das deutlichste, dass diese letztere unmöglich richtig sein kann. Schon der Augenschein lehrt uns, dass in 100 Thln. Blut mehr als 5 oder 6 Theile Blutkörperchen enthalten sein müssen.

In den beiden Fällen I. und II. haben also die Blutkörperchen ganz unzweifelhaft einen nicht unbedeutenden Gehalt an CO_2 besessen, der im ersten Falle sogar nahezu gleich dem des Serums sein musste wegen der geringen Abweichung der CO_2 -Procente des Gesamtblutes von dem seines Serums. Aber auch für die übrigen Blutarten dürfte es kaum zweifelhaft sein, dass ihre Körperchen kohlenensäurehaltig waren.

2. Die nächste Frage, die ich nach Erledigung dieser ersten aufwarf, bestand darin, ob die CO_2 des Körperchens in einer gesetzmässigen Beziehung zu der CO_2 des Blutes stehe. Hierüber suchte ich dadurch Aufschluss zu gewinnen, dass ich dasselbe Blut theils im unveränderten Zustande und theils mit einem Zuwachs von CO_2 versehen in der früher erwähnten Weise analysirte. Diesmal galt es also, aus der Arterie gleichzeitig vier Cylinder zu füllen, von denen zwei das Blut unmittelbar aus der Arterie erhielten, zwei dagegen das Blut erst aufnahmen, nachdem dasselbe jenseits der Arterie einen mit kohlen-säurem Gas erfüllten Raum durchsetzt hatte. Es ist leicht zu erkennen, wie sich das Princip, das mir bis dahin zum Auffangen des Blutes diente, der neuen Forderung anpasst. Das Glasrohr, welches aus der Arterie hervorgeht, spaltet sich zunächst in zwei Hauptzweige. Der erstere derselben, welcher das unveränderte Blut liefern soll, theilt sich sogleich wieder und geht in der früher beschriebenen Weise in die beiden Cylinder über, von denen der eine das Gesamtblut, der andere das Serum zur Analyse hergeben soll. Der zweite Hauptzweig durchsetzt dagegen, bevor er sich abermals theilt, zuerst die mit Kohlen-säure gefüllte Flasche und zwar in der Weise, wie es der nebenstehende Holzschnitt zeigt. Das Zurückweichen des kohlen-säuren Gases in den Strom gegen die Arterie hin war verhindert durch die Anlegung eines dünnwandigen Röhrenventils an das Glasstück, welches in den Gasraum mündete. Das Rohr, welches vom Boden der Gasflasche her nach Aussen trat, theilte sich nun erst nach den beiden Cylindern hin, aus welchen beiden an CO_2 reicheren Flüssigkeiten das Blut und das Serum gewonnen werden sollten. Die Ausflüsse sämmtlicher vier Cylinder liefen in eine einzige Mündung aus, so dass die vier Cylinder abermals ein communicirendes System darstellten.

Durch die Analyse von zwei Blut- und Serumarten, die sich durch nichts anderes als durch ihren Gehalt an CO_2 unter-

scheiden, gewinnen wir nun die Unterlagen zu mehrfachen Betrachtungen. Zunächst wissen wir, wie viel CO_2 von 100 Theilen



Blut und wie viel von 100 Theilen Serum aufgenommen wurde. Wir können demnach vergleichen, wie sich die neu hinzugesetzte CO_2 zwischen dem Serum und den Körperchen vertheilt hat, namentlich aber, ob die letztern einen Antheil der CO_2 binden. Zu diesem Aufschluss gelangt man auch, ohne den Gehalt des Blutes an Serum zu kennen, durch folgende elementare Betrachtung.

Es sei u die CO_2 , die in der Volumeinheit des ursprünglichen Blutes enthalten war, und u' die CO_2 , welche die Volumeinheit des mit CO_2 behandelten Blutes besitzt, so ist $u' - u$

das von der Bluteinheit absorbierte CO_2 -Volum. Bezeichnet ferner k die CO_2 in der Volumeinheit des ursprünglichen Serums und k' die CO_2 in der Volumeinheit des gekohlensäurten, ist ferner s der unbekannte Serumantheil, welchen die Volumeinheit des Blutes enthält, so wird, wenn wir hier die Annahme machen, dass das sämmtliche $u' - u$ an das Serum getreten sei, daraus die Proportion hervorgehen, dass $s : sk + (u' - u) = 1 : k'$ und daraus $s = \frac{u' - u}{k' - k}$. Selbstverständlich kommt man unter

der Annahme, dass alle absorbierte CO_2 in das Serum getreten, zu demselben Resultate auch mit der Gleichung von *P. du Bois*, wie ich hier nicht weiter auszuführen brauche. Diese gleichzeitige Bestimmung zweier Blut- und Serumarten habe ich bei verschiedenen Hunden angewendet und aus den erhaltenen analytischen Resultaten nach der obigen Voraussetzung den Serumgehalt in der Volumeinheit des Blutes berechnet. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Zusammenstellung enthalten; die erste Zahlenreihe ist, wie man bemerken wird, identisch mit den ersten vier Zahlen der vorigen Tabelle.

	Ursprünglicher Kohlensäuregehalt	$\frac{u}{k}$	Nach Behandlung mit Kohlensäure	$\frac{u}{k}$
I.	Blut = 30,50 Serum = 31,95	0,95	Blut = 38,15 Serum = 47,05	0,81
II.	Blut = 37,66 Serum = 40,21	0,94	Blut = 45,80 Serum = 58,88	0,78
III.	Blut = 23,69 Serum = 28,07	0,84	Blut = 26,56 Serum = 33,80	0,79
IV.	Blut = 30,74 Serum = 37,97	0,81	Blut = 37,83 Serum = 47,40	0,80.

Aus einer Betrachtung der vorstehenden Zahlen ergibt sich zunächst, dass die Blutkörperchen in allen vier Fällen von vornherein eine gewisse Menge Kohlensäure enthalten haben. Dieser Schluss, den uns schon der hohe Werth nahelegte, welchen der Quotient aus dem Kohlensäuregehalt des Gesamtblutes durch den des Serums in einigen der bereits in der ersten Tabelle angeführten Fälle erreichte, folgt jetzt mit Nothwendigkeit aus dem Umstande, dass der in Rede stehende Quotient, wie ein Blick auf die vorstehende Tabelle lehrt, durch die künstlich hinzugeführte Kohlensäure eine mehr oder weniger

bedeutende Verkleinerung erfahren hat. Dieses ist aber nur unter der Bedingung möglich, dass die Blutkörperchen von vornherein kohlenensäurehaltig waren, da im andern Falle durch die künstlich bewirkte Vermehrung der Blutkohlenensäure unser Quotient entweder gar nicht verändert worden wäre, oder, falls ein Theil der von aussen absorbirten Kohlenensäure in die als ursprünglich kohlenensäurefrei angenommenen Blutkörperchen übergegangen wäre, derselbe eine Veränderung in der entgegengesetzten Richtung, d. h. eine Vergrösserung hätte erfahren müssen.

Die aus unserer zweiten Tabelle nach der Formel $\frac{u' - u}{k' - k}$ berechneten Serumgehalte sind der Reihe nach: 0,54 — 0,44 — 0,50 — 0,75. Die drei ersten dieser Werthe sind augenscheinlich für den Gehalt des Serums in der Volumeinheit Blut viel zu klein. Dieses ergibt sich schon daraus, dass ich mehr als die Hälfte von der Volumeinheit des benutzten Blutes an Serum gewinnen konnte.

Wenn nun aber die zu dem Blute getretene Kohlenensäure nicht im Stande ist, das Ganze, sondern nur einen Theil seines Serums auf den Gehalt zu bringen, welchen die Analyse in der That in ihm nachwies, so muss unzweifelhaft noch irgendwo anders her dem Serum Kohlenensäure zugeflossen sein. Unter den gegebenen Bedingungen lässt sich nun aber gar keine andere Quelle denken, als der CO_2 -Gehalt der Blutkörperchen. Demnach führen meine Beobachtungen unausweichlich zu dem Schluss, dass unter gewissen Bedingungen durch das Einleiten von CO_2 in das Blut den Blutkörperchen zu Gunsten des Serums CO_2 entzogen werden kann.

So auffallend dieser Ausspruch nun auch sein mag, so wenig kann er, wie ich glaube, bezweifelt werden.

Die Einwände, welche man meiner Betrachtungsweise machen könnte, reduciren sich, soweit ich sehe, überhaupt nur auf zwei, und diese lassen sich, wie ich glaube, leicht widerlegen.

Der Erstere derselben würde sich gründen auf die Annahme, dass das Blut während seines 24stündigen Aufenthaltes in Eiswasser, der zur Abscheidung des Serums nothwendig war, eine neue Quantität von CO_2 gebildet habe. Dieses wird von

vornherein unwahrscheinlich durch die zahlreichen anderweitigen Beobachtungen, wonach durch die genannte Aufbewahrungsart des Blutes innerhalb 24 Stunden der Gasgehalt desselben überhaupt nicht geändert wird. Hätte dieses aber in den von mir untersuchten Blutarten ausnahmsweise stattgefunden, so wäre nicht einzusehen, warum dieses nur in einer der beiden Blutarten, aus denen das Serum gewonnen wurde, geschehen sein sollte, da beide gleichmässig und gleich lang aufbewahrt und ihre Sera rasch hintereinander ausgepumpt wurden. — Sowie aber in beiden Seren die CO_2 gewachsen, so hat dieses, weil nur der Unterschied ihres CO_2 -Gehaltes in Betrachtung kommt, keinen Einfluss auf meine Schlussfolgerung.

Eine andere Reihe von Einwürfen könnte ausgehen von der Annahme, dass sich durch die eingeleitete CO_2 die im Blutvolum enthaltene Masse in einer andern Weise zwischen den Körperchen und dem Serum vertheilt habe. Wäre in der That das Volum des Letztern kleiner geworden, so würde meine Betrachtung ihren Boden verlieren, da sie eben darauf ruht, dass vor und nach dem Einbringen der CO_2 die Volumquote des Serums unverändert geblieben sei.

Zur Beurtheilung dieses Einwurfs stehen uns als Entscheidungsmittel zu Gebote das specifische Gewicht und die Menge des aus dem Blute gewonnenen Serums vor und nach der Behandlung mit CO_2 .

Eine Minderung des Serums im Blute könnte doch nur so gedacht werden, dass von dem erstern eine gewisse Quantität Wasser oder CO_2 -freier Salzlösung in die Körperchen überträte, da es eine abenteuerliche Unterstellung sein würde, dass CO_2 -freies Serum in die Körperchen übergetreten sei. — Geschähe das erstere, ginge also Wasser in die Körperchen über, so musste sich dieses im specifischen Gewichte des Serums geltend machen; es musste also das Serum nach dem Einleiten der CO_2 specifisch schwerer sein als vorher. Zweimal (am Hunde- und Pferdeblutserum) habe ich die Bestimmung des specifischen Gewichts mit dem Piknometer ausgeführt und dasselbe vor und nach dem Einleiten der CO_2 gleich gross gefunden. Nun zeigt aber der einfachste Ueberschlag, dass, wenn sich der Antheil des Serums von etwa $\frac{2}{3}$ bis auf oder unter $\frac{1}{2}$ des Gesamtblutvolums durch Wasserabgabe vermindert hätte, eine sehr merkliche specifische Gewichtsänderung hätte eintreten müssen. — Dazu kommt,

dass der Einwurf, der von einer Minderung des Serums auf weniger als die Hälfte des Blutvolums hergenommen ist, durch die Menge des aus dem Blute zu gewinnenden Serums sogleich beseitigt werden kann. Aus beiden Blutportionen, der an CO_2 ärmeren und der daran reicheren, habe ich gleich viel Serum und namentlich nahezu oder gerade die Hälfte des ganzen Blutvolums gewinnen können.

Da nun aber zwischen dem Kuchen (beim Hundeblut) und zwischen den gesenkten Körperchen (beim Pferdeblut) noch viel Serum eingeschlossen ist, so geht hieraus ohne Weiteres hervor, dass die von mir beobachtete Erscheinung von einer Minderung des Serumantheils auf die Hälfte des Blutvolums überhaupt nicht abzuleiten ist.

Aus der Reihe der übrigen Beobachtungen fällt die vierte insofern heraus, als der Quotient aus den Differenzen der CO_2 -Gehalte der beiden Seren in die der beiden Gesamtblute sich nicht auf 0,5, sondern auf 0,75 stellt. Dieser Werth kann je nach den Voraussetzungen über den Gehalt des Blutes an Serum ebensowohl für die Meinung verwendet werden, dass CO_2 aus den Körperchen getreten, als auch zum Gegentheil hiervon. Die Ursache des eigenthümlichen Verhaltens dieser Blutart ist vielleicht darin gelegen, dass von vornherein die Blutkörperchen im Verhältniss zum Serum wenig CO_2 enthielten, was auf Grundlage des grossen Unterschiedes im CO_2 -Gehalte des Gesamtblutes und dem des Serums behauptet werden kann.

Nächst der ebenerörterten Thatsache, dass die Körperchen bestimmt werden können, CO_2 an das Serum abzutreten, wenn dem Blute von Aussen her CO_2 in einer gewissen, aber nicht näher zu bestimmenden Menge zugesetzt wird, führt meine oben mitgetheilte Beobachtungsreihe noch zu einer andern Folgerung.

Wenn wir in den vier Beobachtungen mit gekohlensäuertem Blute die Quotienten vergleichen, die wir dadurch erhalten, dass wir die CO_2 -Procente des Blutes durch diejenigen des Serums dividiren, so fällt uns auf, dass sie in sehr engen Grenzen von einander abweichen; sie schwanken nämlich zwischen 0,78 und 0,81, und sie nähern sich also den Werthen, welche *Preyer* aus den von *Schöffers* analysirten Blutarten berechnet hat.

Die analytischen Werthe von *Schöffers* führten zu den Quo-

tienten 0,77 und 0,84. Rechnet man hierzu noch Versuch VI. aus der ersten meiner Beobachtungsreihen, in welchem der genannte Quotient 0,80 betrug, so findet man, dass in neun Beobachtungen siebenmal eine ganz ähnliche Zahl zum Vorschein kommt. Diesem häufigen Vorkommen muss irgend ein gesetzliches Verhältniss zu Grunde liegen, welches entweder darin besteht, dass durch den Hinzutritt neuer Kohlensäure zum Blut innerhalb oder ausserhalb der Blutgefässe die Körperchen ihren gesammten Besitz an diesen Stoff hergegeben haben, oder dass sie mindestens nur den Antheil ihrer CO_2 in sich zurückbehielten, welcher in einer besonders innigen Beziehung zu ihren übrigen Bestandtheilen steht. Da die Beobachtungen, deren Resultat bis dahin mitgetheilt wurde, uns nicht befähigen, über diese Alternative Aufschluss zu geben, so entschloss ich mich zu einer weitem Beobachtungsreihe. Diese will ich hier erst mittheilen und dann die soeben begonnene Betrachtung weiter führen.

3) Die Annahme, dass die Körperchen nur einen kleinen und zwar ganz bestimmten oder auch gar keinen Gehalt an CO_2 mehr besitzen können, wenn die CO_2 -Procente der Blutflüssigkeit über eine bestimmte Grenze gewachsen sind, wird man leicht dadurch entscheiden können, dass man verschiedenen Portionen desselben Blutes verschiedene Mengen von CO_2 zusetzt und darauf die CO_2 in der Volumeinheit des Gesamtblutes wie des Serums misst.

Gesetzt nämlich, die Körperchen hielten nach Vermehrung der Kohlensäure im Blute einen ganz bestimmten, sich gleich bleibenden Kohlensäureantheil zurück, so müssten nach Zufuhr ungleicher Kohlensäuremengen zu zwei Proben eines und desselben Blutes die beiden Quotienten aus dem Kohlensäuregehalt des Serums in den des Gesamtblutes ungleichwerthig sein, und beide müssten ausserdem grösser sein, als der Quotient aus der Differenz des Kohlensäuregehalts der Seren in die gleichnamige Differenz der beiden Gesamtblutarten. Ist aber die Gleichheit des Kohlensäuregehalts der Körperchen dadurch erreicht, dass derselbe auf den Werth von Null herabgesunken ist, so würden alle drei Quotienten mit einander übereinstimmen. Diese Behauptung ist mit Hülfe der schon oben gebrauchten Formel ersichtlich zu machen.

Es sei, wie früher, in der Volumeinheit der beiden Blutarten b das Volum der Körperchen und s das des Serums, a der

CO₂-Gehalt in den Körperchen (in beiden Blutproben also gleich gross), k der CO₂-Gehalt des Serums in dem an CO₂ ärmern, k' der CO₂-Gehalt des Serums in dem an CO₂ reichern Blute, und endlich u der CO₂-Gehalt des an CO₂ ärmern, u' des an CO₂ reichern Blutes, so wird man zu den beiden Gleichungen

$$ab + ks = u; \text{ und } ab + k's = u'$$

gelangen. Hätte ab einen endlichen, aber in beiden Fällen gleichen Werth, so ergiebt sich aus jeder einzelnen dieser beiden Formeln, dass $\frac{u}{k} = s + \frac{ab}{k}$ und $\frac{u'}{k'} = s + \frac{ab}{k'}$ ist, während aus der Combination beider Formeln $\frac{u' - u}{k' - k} = s$ hervorgeht;

es ist also: $\frac{u}{k} > \frac{u'}{k'}$ und $\frac{u'}{k'} > \frac{u' - u}{k' - k}$.

Wäre aber der CO₂-Gehalt der Blutkörperchen Null, so müsste $\frac{u' - u}{k' - k} = \frac{u}{k} = \frac{u'}{k'}$ sein, weil in diesem Falle alle drei Quotienten, wie sich aus den beiden obigen Gleichungen leicht berechnen lässt, einen und denselben Werth, nämlich den Werth s , geben. Der experimentelle Weg, den ich einschlug, um mehrere Portionen desselben Blutes mit einem ungleichen Gehalt an CO₂ zu begaben, war einfach der, dass ich in jedem der Hauptzweige meines Apparates eine kohlenensäurehaltige Flasche einschaltete und den CO₂-Druck innerhalb jeder der beiden Flaschen ungleich machte. Zu dem Ende füllte ich die eine derselben mit reiner CO₂, die andere aber mit einem Gemenge aus gleichen Theilen N und CO₂. Da der absolute Druck in beiden Flaschen derselbe war, so musste in der einen derselben der CO₂-Druck noch einmal so gross sein als in der andern. Auf diese Weise habe ich am Hundeblute zwei Versuche angestellt, deren Resultate ich hier mittheile.

CO ₂ -Druck = $\frac{1}{2}$				CO ₂ -Druck = 1		
		CO ₂ -Gehalt	Quotient		CO ₂ -Gehalt	Quotient
1.	Blut	26,68	0,86	Blut	28,21	0,80
	Serum	31,11		Serum	35,37	
2.	Blut	37,10	0,80	Blut	37,20	0,83
	Serum	42,75		Serum	44,96	

Der erste dieser beiden Versuche ist insofern misslungen, als erst die unter dem höhern Druck absorbierte CO_2 -Menge genügte, um den CO_2 -Gehalt der Körperchen auf das früher beobachtete Minimum herabzudrücken. Ich werde ihn deshalb keiner weitem Besprechung unterziehen, will aber noch darauf hinweisen, dass der Quotient aus der Differenz des Kohlensäuregehalts beider Blutarten durch die entsprechende Differenz beider Serumarten hier sogar nur $= 0,36$ ist, eine Zahl, deren Kleinheit uns beweist, dass die Blutkörperchen in dem kohlensäurereicheren Blute bedeutend weniger Kohlensäure enthalten als im kohlensäurärmeren; sie haben also von ihrer eigenthümlichen Kohlensäure um so mehr verloren, je grösser die von aussen aufgenommene Menge dieses Gases war. Dieses bestätigt nur unsere früheren in dieser Beziehung gemachten Erfahrungen.

Interessanter ist der zweite Fall; hier wurde schon unter dem schwächern Drucke der CO_2 -Gehalt der Körperchen auf sein Minimum herabgedrückt. Als nun aber von diesem Blute unter stärkerm Drucke noch mehr CO_2 und zwar nur um 3 Procent mehr aufgenommen wurde, stieg der Quotient aus dem CO_2 -Gehalt des Serums in den des Blutes, statt noch weiter zu sinken, oder statt sich gleich zu bleiben, empor. Dieses war offenbar nur dadurch möglich, dass mit dem über 43 Proc. emporgegangenen CO_2 -Gehalt des Serums zugleich auch die Körperchen einen sehr merklichen Zuwachs an CO_2 gewonnen hatten.

Um eine Bestätigung für dieses mir ganz unerwartete Resultat zu gewinnen, wendete ich mich noch zu einem Versuche an defibrinirtem Pferdeblut, das ich in acht Portionen theilte, von denen vier zur Gewinnung des Serums, die vier andern zur Gewinnung des Gesamtblutes dienten.

Hierdurch war ich im Stande, mit dem unveränderten Blute und dessen Serum drei andere zu vergleichen, deren CO_2 -Gehalt in verschiedenen Abstufungen gesteigert war. Dass ich statt Blut des Hundes das des Pferdes anwendete, war nicht allein durch die Menge des nöthigen Blutes geboten, sondern auch durch die Schwierigkeit, frisches Blut mit drei verschiedenen CO_2 -Mengen zu imprägniren, ohne dass eine Gerinnung eintrete. Hier leistete also das defibrinirte Pferdeblut, in welchem sich die Körperchen so vollständig absetzen, ausgezeichnete Dienste.

Um sicher zu gehen, dass alle Portionen des Blutes aus gleichen Antheilen von Serum und Körperchen bestanden, und um gewiss zu sein, dass wesentliche Unterschiede im CO_2 -Gehalte der verschiedenen Portionen eingetreten waren, so verfuhr ich folgendermassen:

Die ganze Menge des Pferdeblutes wurde in eine grosse Flasche gefüllt; von dorthier wurde durch Quecksilberdruck zuerst eine der früher beschriebenen Doppelröhren gefüllt, dann wurde der Inhalt der Flasche durch einen mit CO_2 gefüllten Raum in eine zweite Flasche übergeführt, aus welchem die Speisung eines zweiten Doppelrohrs geschah. Ein Theil des Blutrestes, welcher schon einmal durch den CO_2 -haltigen Raum gegangen, wurde durch einen zweiten mit CO_2 gefüllten Raum in ein drittes Röhrenpaar übergeführt. Darauf wurde der nach einmaliger Behandlung mit CO_2 übrig gebliebene Blutrest mit reiner CO_2 anhaltend geschüttelt und dann ein Theil dieses nahezu mit CO_2 gesättigten Blutes in ein viertes Röhrenpaar geführt. Alle diese Operationen wurden unter Ausschluss der atmosphärischen Luft ausgeführt und durch Schütteln der Flaschen dafür gesorgt, dass sich die Körperchen nicht senken konnten, also die Mischung von Körperchen und Serum gleichbleiben musste. Die analytischen Resultate waren folgende:

	Ursprüngliches Blut		Blut nach einmaliger CO_2 -Behandlung		Blut nach zweimaliger CO_2 -Behandlung		Blut fast mit CO_2 gesättigt	
		$\frac{u}{k}$		$\frac{u}{k}$		$\frac{u}{k}$		$\frac{u}{k}$
Blut	37,46	0,86	45,68	0,85	52,41	0,88	103,40	0,94
Serum	43,42		53,87		59,42		109,90	

Ueberblicken wir diese Reihe, so erkennen wir darin eine Bestätigung der mit dem Hundeblute gewonnenen Resultate. Den Quotient aus dem CO_2 -Gehalt des Blutes in den des Serums sehen wir nach der ersten Behandlung des ursprünglichen Blutes mit CO_2 abnehmen, nach den spätern Behandlungen mit CO_2 dagegen mehr und mehr sich der Einheit nähern, so dass er schon nach der zweiten Behandlung mit CO_2 denjenigen aus dem ursprünglichen Blut und Serum übertrifft. Dieses beweist, dass die Körperchen von der dem Blute zugeführten CO_2 einen

Antheil aufzunehmen vermögen*). Bei näherer Betrachtung erweist sich sogar derselbe als ein bedeutender, denn es ist das Volum der CO_2 , welches die Körperchen aufgenommen, mindestens gleich, wahrscheinlich aber grösser als die Einheit ihres Volums, ein Verhältniss, welches nur dadurch zu erklären ist, dass sie einen Stoff enthalten, der die CO_2 chemisch zu binden vermag.

Um diese für den Bau und die Zusammensetzung der Körperchen wichtige Thatsache in ihr wahres Licht zu setzen, will ich noch durch eine Ueberschlagsrechnung zeigen, dass die Körperchen vermöge ihres HO-Gehalts nicht im Stande sind, vermittelst einfacher Absorption die grossen Mengen von CO_2 zu bergen, welche sie bei vollkommener Sättigung des Bluts mit CO_2 wirklich aufgenommen hatten. Der vorstehende Absorptionsversuch geschah bei einem Drucke von 726 Mm. Hg und einer Temperatur von 18°C .

In dieser Temperatur ist der Absorptionscoefficient des HO für CO_2 nach *Bunsen* ein wenig geringer als 1,0; wir wollen ihn der Einheit gleichsetzen.

Berechnen wir die von 100 Thln. Blut und Serum bei jenem Versuche aufgenommenen CO_2 -Volumina auf die Temperatur und den Druck, bei der die Absorption wirklich stattfand, so erhalten wir in 100 Thln. für das Serum 159 CO_2 und für das Gesamtblut 149 CO_2 . Nun kann auf keinen Fall das hier in Betracht kommende Pferdeblut in der Volumeinheit weniger als 0,15 Körperchen enthalten haben, wie aus dem Quotienten des Kohlensäuregehalts vom Serum in das Gesamtblut (Rubrik 2 des letzten Versuchs) hervorgeht; 0,15 Volum Körperchen reprä-

*) Die Thatsache, dass bei einem von relativ niedrigen zu immer höhern Werthen ansteigenden CO_2 -Gehalte des Bluts die CO_2 -Procente des Körperchens durch ein Minimum hindurchgehen, so dass man zwei Blutarten herstellen kann, deren Körperchen einen gleichen, deren Serum aber einen ungleichen Gehalt an CO_2 besitzen, eröffnet die Möglichkeit, die Volumprocente des Bluts an Körperchen und Serum zu bestimmen und damit auch einen absoluten Gehalt beider Blutbestandtheile an CO_2 zu ermitteln. Natürlich würde ein solcher Versuch, den ich bis dahin anzustellen unterlassen habe, nur an Pferdeblut möglich sein. Ich habe mich um so weniger bewogen gefunden, nach dieser Richtung hin meine Versuche auszudehnen, als sich bei der Schwierigkeit derselben leicht einsehen lässt, dass sie zu keiner allgemein anwendbaren Bestimmung des CO_2 -Gehalts in der Einheit des Körperchenvolums führen wird.

sentiren aber 0,17 Gewichtstheile, welche nach *Hoppe's* bekannter Analyse des Pferdebluts 0,10 HO enthalten hätten. Die nach dieser Voraussetzung der Volumeinheit Blut zukommenden 0,83 Serum enthielten (ihrem CO_2 -Procent von 159 gemäss) 1,33 CO_2 ; für die Körperchen würden also übrig bleiben 0,46 CO_2 , d. h.: es würde der Absorptionscoefficient ihres Wassers statt 1,0 = 1,6 gewesen sein. Nehmen wir aber statt des obengenannten Körperchenantheils im Blute den an, welchen *Hoppe* für das Pferdeblut gefunden, wonach 1,00 Blut 0,33 Gewichtstheile Körperchen mit 0,19 HO enthalten, so berechnen sich von der CO_2 in der Volumeinheit Gesamtblutes 0,43 auf die Körperchen, also wäre der Absorptionscoefficient ihres Wassers = 2,3 gewesen, was vollends unmöglich ist.

Die zwei folgenden Versuche dienen zur Bestätigung der zuletzt besprochenen, den Uebertritt von Kohlensäure in die Blutkörperchen betreffenden Beobachtungen. Sie wurden an arteriellem Pferdeblute, welches durch eine Kältemischung am Gerinnen behindert war, angestellt und beweisen also zugleich, dass es für diesen Uebertritt gleichgültig ist, ob das Blut die Kohlensäure im ungeronnenen oder, wie im letzten Versuche, im defibrinirten Zustande aufnimmt.

Das Blut wurde aus einem gleichfalls in einer Kältemischung stehenden Behälter durch Quecksilberdruck in unser früher beschriebenes Röhrensystem getrieben, so dass auch hier der eine Stromesarm vor seiner nochmaligen Theilung einen mit reiner Kohlensäure gefüllten Raum passiren musste. Die gewonnenen Zahlen sind folgende:

	Ursprünglicher Kohlensäuregehalt	$\frac{u}{k}$	Nach Behandlung mit Kohlensäure	$\frac{u}{k}$
I.	Blut = 25,75 Serum = 29,73	0,87	Blut = 29,66 Serum = 32,56	0,94
II.	Blut = 33,18 Serum = 39,12	0,85	Blut = 43,78 Serum = 46,59	0,94

Ich brauche wohl kaum darauf hinzuweisen, dass der hohe Werth der Quotienten $\frac{u}{k}$ uns bereits für das normale Blut einen Kohlensäuregehalt seiner Körperchen beweist, und dass aus der Steigerung dieses Werthes in der zweiten Rubrik hervorgeht,

dass ein Uebergang der von aussen zugeführten Kohlensäure in die Körperchen stattgefunden haben muss.

Nach Mittheilung dieser Erfahrungen kehre ich, bevor ich weiter vorschreite, noch einmal auf die S. 42 abgebrochene Betrachtung zurück. Dort wurde gefragt, ob man annehmen dürfe, dass die Körperchen CO_2 -haltig oder CO_2 -frei seien, wenn der Quotient aus dem CO_2 -Gehalt des Gesamtblutes in den seines Serums sich zwischen 0,78 und 0,84 bewege. Die zur Entscheidung aufgerufene Methode lehrte zwar neue Eigenschaften des Körperchens kennen, aber sie trug zur Aufklärung des vorliegenden Zweifels nicht bei. Wir sind also zur Beseitigung desselben auf andere und zunächst auf Wahrscheinlichkeitsgründe angewiesen; diese vereinigen aber ihr Gewicht für die Unterstellung, dass die Körperchen auch bei den niedrigsten Werthen jenes Quotienten mit CO_2 versehen sind.

Machen wir z. B. die für den Mangel an CO_2 im Körperchen günstigste Annahme, dass das specifische Gewicht des Serums 1,025 das des Blutes 1,050 betragen habe, eine Annahme, die sich auf vielfache von mir ausgeführte Gewichtsbestimmungen am Blute und Serum des Hundes stützt, so würden sich aus den 78,0 bis 84,0 Volumprocenten Serums im Hundeblood 75,0 bis 78,0 Gewichtsprocente Serums in 100 Thln. Blut berechnen, beziehungsweise es würden 100 Thle. Blut 25—22 Gewichts-theile Körperchen enthalten. Nun haben aber *Preyer* und *Hoppe-Seyler* im Hundeblood 44 Procent Haemoglobin nachgewiesen. Enthielten demnach die Körperchen keinen andern festen Bestandtheil, so würden sie aus 63—56 festen Stoffen und 37—44 Wasser zusammengesetzt sein, Zahlen, die von vornherein den Stempel der Unwahrscheinlichkeit an sich tragen.

Nächst dem haben auch meine zuletzt erwähnten Versuche, in welchen zum Blute grosse CO_2 -Mengen geführt werden, dargethan, dass die Körper einen Bestandtheil besitzen, der die CO_2 chemisch bindet. In Anbetracht dessen ist es also ebenfalls sehr wahrscheinlich, dass die Körperchen in den obengenannten Fällen einen CO_2 -Antheil bei sich behalten haben. Die Thatsache, dass die Körperchen mit einem die CO_2 bindenden Stoffe begabt sind, führt zu der Folgerung, dass es auch Umstände geben müsse, unter denen der CO_2 -Gehalt der Körperchen ganz unabhängig von dem des Serums wachsen könne. Wenn überhaupt, so dürfte man den Eintritt dieses Ereignisses wohl dann

am ersten erwarten, wenn innerhalb der Körperchen selbst CO_2 entstanden war. Da, wie bekannt, das arterielle Blut beim längern Verweilen in mittlerer Temperatur sich dunkel färbt, so war zu versuchen, ob nicht etwa dann unter Zuthun des Sauerstoffs, welcher in den Körperchen vorhanden war, sich CO_2 in ihnen selbst gebildet hatte.

Bei dem ersten in diesem Sinne anzustellenden Versuche wollte ich jedoch den Eintritt des eigentlichen Fäulnissprocesses möglichst verhüten. Zu dem Ende sammelte ich mir in den früher beschriebenen Röhren vier Blutportionen auf und hob diese mit Quecksilber abgeschlossen in Eiswasser auf. Aus der einen Doppelportion bestimmte ich, nachdem sich das Serum in einer derselben abgesetzt hatte, die Kohlensäure in Blut und Serum; die andere Doppelportion liess ich vier Tage in Eiswasser stehen und verfuhr damit auf dieselbe Weise. Dieses letztere Blut war hellroth geblieben und besass nicht die Spur eines faulen Geruchs. Auf 100 Volumtheile erhielt ich

		Nach 24 Stunden in Eis		Nach 96 Stunden in Eiswasser	
Blut	CO_2	33,88	$\frac{u}{k}$ 0,80	35,78	$\frac{u}{k}$ 0,85
Serum	CO_2	42,33		42,29	

Dieser Versuch lehrt zunächst, dass auch bei längerem Aufenthalt in einer Temperatur von 0° die Umsetzung des Blutes vor sich geht.

Für meinen Zweck wichtiger ist die Erfahrung, dass, obwohl der CO_2 -Gehalt des Blutes um 1,9 zugenommen, der des Serums ganz unverändert geblieben ist. Die gesammte neu gebildete CO_2 hat sich also in den Körperchen angesetzt.

Immerhin war aber die in den Körperchen entstandene CO_2 ihrer Grösse nach eine mässige. Dieses bestimmte mich, abermals Blut in zwei Doppelröhren aufzufangen und einen Theil nach Absetzung des Serums, also nach 24-stündigem Aufenthalt in Eiswasser, den andern nach 48-stündigem Stehen (über Quecksilber), bei $19-22^\circ$ zu analysiren. Nach dieser Zeit zeigte das letztere Blut einen mässigen Fäulnissgeruch und eine dunkelrothe Farbe, die durch Schütteln mit Luft wieder

hell wurde; das Serum war schwach roth gefärbt. Die Analyse ergab für 100 Vol. Flüssigkeit

		Nach 24-stündigem Stehen in Eis	Nach 48-stündigem Stehen bei 19--22° C.
Blut	CO ₂	32,23	53,53
	O	11,89	0,00
	N	1,15	1,40
Serum	CO ₂	37,02 $\frac{u}{k}$ für CO ₂	37,54 $\frac{u}{k}$ für CO ₂
	O	0,00 87,06	0,00 142,59
	N	1,30	1,20

Das Gesamtblut hatte seinen CO₂-Gehalt um 21,30 Proc. vermehrt, während der des Serums nur um 0,52 gewachsen war. Und auch diese geringe Menge könnte möglicherweise der Verunreinigung des Serums zugeschrieben werden, welche sich durch die Röthung desselben kennzeichnete; sehr wenig der stark mit CO₂ durchsetzten Körperchen, welches in das Serum übergetreten, dürfte hingereicht haben, um den CO₂-Gehalt des Serums in so schwachem Maasse anwachsen zu lassen.

In dieser Beobachtung hatte sich also in den Körperchen unabhängig vom Serum der CO₂-Gehalt um mindestens 20 Volumprocente des Gesamtblutes (bei 0° M. 1 M. Druck), also mindestens um 60 Volumprocente der Körperchen vermehrt, und damit war ganz unzweifelhaft der Beweis geliefert, dass diese Körperchen einen in der Blutflüssigkeit unlöslichen oder mindestens in sie nicht diffundirenden Stoff enthalten, welcher CO₂ zu binden vermag.

Da jedoch das Blut unzweifelhafte, wenn auch schwache Zeichen der Zersetzung darbot, so kann es mit Recht für fraglich gelten, ob das an ihm gewonnene Resultat von physiologischem Werthe sei. Immerhin wäre es möglich, dass gleichzeitig mit der Neubildung von CO₂ auch die eines basischen Körpers in den Blutkörperchen vor sich gegangen sei. Diesem Zweifel tritt nun freilich die Thatsache gegenüber, dass auch, der frühern Analyse gemäss, in einem Blute, das gar keine Anzeichen eines abnormen Verhaltens darbot, eine auf die Körperchen beschränkt gebliebene CO₂-Bildung eingetreten war. Man konnte demnach

die in der letzten Beobachtung aufgetretene nur als eine starke Ausprägung eines normalen Vorgangs ansehen.

Die Resultate der letzten Beobachtung sind auch für die Entstehungsart der CO_2 beziehungsweise für den Umsetzungsprocess in den Körperchen bemerkenswerth. Nach 48 Stunden hatte das in der mittlern Temperatur sich selbst überlassene Blut 11,89 Proc. O eingeblüht und dafür 21,30 Proc. CO_2 gewonnen. Es hatten sich also 9,41 CO_2 mehr gebildet, als mit Hülfe des lose gebundenen Sauerstoffs entstehen konnte. Offenbar war also auf Kosten des in den festen Stoffen des Körperchens enthaltenen Sauerstoffs die CO_2 -Bildung vor sich gegangen. Da ich für diese Art der CO_2 -Bildung auch schon in einigen andern, weiterhin mitzutheilenden Beobachtungen Andeutungen gefunden hatte, so hielt ich es für der Mühe werth, gasfreies Blut drei Tage bei sommerlicher Temperatur unter Quecksilber aufzubewahren und nun von Neuem auf seinen CO_2 -Gehalt zu prüfen. Als Gegenversuch stellte ich auch das ursprüngliche, gashaltige Blut unter denselben Umständen hin.

Die erste der nachstehenden Zahlenreihen giebt den Gasgehalt des angewendeten Blutes unmittelbar nach seinem Aufhängen, die zweite den des entgasten, nachdem es drei Tage gestanden, die dritte endlich den Gasgehalt des ursprünglichen Blutes, nachdem es so lange wie das vorhergehende aufbewahrt wird.

	I.	II.	III.
CO_2	27,14	5,84	46,30
O	13,62	—	0,00
N	0,74	—	3,24.

In dem entgasten von dem locker gebundenen Sauerstoff vollkommen befreiten Blute hatte sich also noch CO_2 entwickelt, die demnach, ähnlich, wie es bei Gährungen geschieht, unter Beihülfe des fester gebundenen Sauerstoffs entstanden sein musste.

Aus einer Vergleichung der Umsetzung, die in dem gasfreien und derjenigen, die in dem mit seinen ursprünglichen Gasen versehenen Blute vor sich gegangen war, erkennt man, dass die ohne Vermittelung des locker gebundenen O auftretende CO_2 -Bildung der ersteren Blutart mindestens so mächtig, wenn nicht mächtiger war, als in der zweiten. Dieses erkennt man dadurch, dass man den O- und CO_2 -Gehalt der Reihe I, also

40,76 von dem CO_2 -Gehalte der III. Reihe = 46,30 abzieht; der Rest 5,54 ist also sehr annähernd dem in II. gefundenen Werthe.

Da bei der Auspumpung des ersten Bluts zur Austreibung der letzten CO_2 -Antheile keine Oxalsäure zugesetzt werden durfte, so wird schon vor der CO_2 -Neubildung in II. etwas CO_2 anwesend gewesen sein; nach vielfältigen ähnlichen Erfahrungen kann dieselbe höchstens 1,5 Proc. betragen haben, also ist diese Menge, selbst wenn sie anwesend wäre, nicht vermögend, die obengezogene Schlussfolgerung zu beeinträchtigen. Auf die Verhältnisse der Ergebnisse von II. und III. ist ihre Anwesenheit ohne allen Einfluss, da sie bei beiden von der vorhandenen CO_2 in Abzug kommt.

Ich schliesse hieran noch ein Paar Versuche, welche beweisen, dass auch in ganz frischem Blute der Gasgehalt desselben eine Umsetzung erleidet, und dass dabei in ganz ähnlicher Weise, wie wir es bei lange gestandenem Blute beobachtet, die neugebildete Kohlensäure, wenn auch nicht immer, einen Ueberschuss gegenüber dem verbrauchten Sauerstoff zeigt.

Hundeblut wurde unmittelbar nach dem Defibriniren in mehreren Recipienten, wie solche zum Entgasen an der Quecksilberpumpe angebracht zu werden pflegen, vertheilt und dann die eine Portion sogleich evacuirt, die andere erst, nachdem sie 2—4 Stunden in einem Wasserbehälter bei 37—40° gestanden hatte. In Procenten des Bluts erhielt ich folgende Zahlen:

		Unmittelbar nach dem Auffangen	Nach $3\frac{1}{2}$ stündigem Aufenthalt bei 37—40° C.	
I.	CO_2	16,07	16,90	
	O	14,84	13,13	
	N	1,14	1,05	
			verschwund. 1,71 O gewonnen 0,83 CO_2	
		Unmittelbar nach dem Auffangen	Nach 2stündigem Aufenthalt bei 37—40° C.	Nach 4stündigem Aufenthalt bei 37—40° C.
II.	CO_2	18,83	21,01	21,83
	O	15,28	14,92	14,57
	N	1,04	1,47	1,16
			verschwund. 0,36 O gewonnen 2,19 CO_2	verschwund. 0,71 O gewonnen 3,01 CO_2

Endlich mag hier noch eine Analyse der Gase des Erstickungsblutes und seines Serums Platz finden.

Da die von Aussen zugeführte CO_2 , wenn ihr Volum ein bestimmtes Maass nicht überschreitet, sich vorzugsweise im Serum aufhäuft, während die im Blute selbst gebildete in den Körperchen zurückgehalten wird, so hielt ich es für möglich, hierdurch einen Aufschluss zu gewinnen, ob das Mehr von CO_2 , welches das Erstickungsblut gegenüber dem arteriellen enthält, innerhalb des Bluts gebildet oder von Aussen zugeführt sei. Ich fing deshalb zwei gleichartige Portionen Blut eines erstickten Hundes auf, von denen ich das defibrinirte Blut sogleich untersuchte, während ich das andere zur Gewinnung des Serums binstellte. Aus 100 Thln. Blut erhielt ich an CO_2 42,20, aus 100 Thln. Serum an CO_2 49,04. Der Quotient der beiden CO_2 -Gehalte ist 0,86; da diese Zahl zwischen den Extremen eingeschlossen ist, welche das arterielle Blut in den oben mitgetheilten Versuchen lieferte, so beweist sie wenigstens so viel, dass bei der Erstickung eine einseitige Vermehrung weder der Kohlensäure im Serum, noch auch derjenigen in den Blutkörperchen stattfindet, sondern dass sie an beiden Orten gleichmässig anwächst.

Ueerblicken wir noch einmal den Inhalt der vorliegenden Abhandlung, so finden wir ihn kurz darin, dass

1) die Körperchen des normalen arteriellen Bluts immer CO_2 enthalten. Die Menge derselben ist jedoch sehr veränderlich; bald steigt sie nahe zu dem Werthe der Serum- CO_2 , häufiger aber beträgt sie nur wenige Procente vom Volum der Körperchen.

2) Die Kohlensäuremenge, welche die Körperchen enthalten, wird, wenn dieses Gas von Aussen her in das Blut eintritt, immer verändert, und zwar entweder vermindert oder vermehrt.

Wenn in den von mir untersuchten Blutarten die CO_2 des Gesamtblutes 40 Proc. nicht überstieg, so wurde durch die von Aussen eingeleitete CO_2 im Hundeblyute der Gehalt der Körperchen an diesem Gase herabgemindert. Dieses geschah jedoch nur insoweit und insolange, bis sich der Quotient aus den CO_2 -Gehalten des Serums und des Gesamtbluts bis auf 0,77 bis 0,87 herabgemindert hatte.

Dies Ereigniss ist allerdings vorerst unerklärlich, aber wenn, wie kaum zu bezweifeln, dasselbe auch für das kreisende Blut gilt, so muss es von wesentlichem Belang für die CO_2 -Aus-

scheidung in den Lungen sein. Bestünde kein ähnlicher Vorgang im Leben, so musste sich die CO_2 in den Körperchen, namentlich die, welche sich bei ihrem Stoffwechsel in ihnen selbst gebildet hat, beträchtlich anhäufen.

Wenn dagegen dem Blute über die bezeichnete Grenze von Aussen her noch mehr CO_2 zugeführt wird, so wächst nun auch der Gehalt der Körperchen an CO_2 , und zwar so weit, dass, wenn das Blut mit jenem Gas gesättigt ist, ihr procentischer CO_2 -Gehalt dem des Serums nahezu gleichkommt. Weil aber bekanntlich die Volumeinheit des Serums mehr CO_2 aufnimmt, als dieses auf dem Wege der Absorption geschehen könnte, und zwar darum, weil es nachweislich Stoffe enthält, welche CO_2 binden, so muss man auch in den Blutkörperchen Stoffe der letztern Art voraussetzen.

3) Die CO_2 , welche sich innerhalb des Bluts unter Verwendung des in den Körperchen vorhandenen Sauerstoffs bildet, häuft sich in den letztern an, ohne in das Serum überzutreten. Daraus darf man mit Wahrscheinlichkeit schliessen, dass die CO_2 sich in diesem Falle in den Körperchen gebildet habe. Mit Sicherheit folgt daraus eine Bestätigung des vorhergehenden Satzes, dass innerhalb der Körperchen die CO_2 an einen Stoff gebunden sei, der nicht in das Serum diffundiren kann.

4) Dieser Stoff vermag jedoch die CO_2 nur so lange festzuhalten, als der CO_2 -Druck in der Umgebung nicht unter ein gewisses Maass herabsinkt.

Nachtrag.

Während des Druckes dieser Arbeit habe ich mit Rücksicht auf den Respirationsvorgang noch ein Paar Versuche angestellt, um zu erfahren, ob die Kohlensäure aus den Blutkörperchen durch Sauerstoff verdrängt werden kann. Zu dem Ende wurde defibrinirtes Pferdeblut in zwei Portionen getheilt und die eine sofort zur Gewinnung des Gesamtblutes und des Serums in unser Röhrenpaar vertheilt, die andere erst, nachdem sie über Quecksilber so lange mit Sauerstoff geschüttelt worden, bis Nichts mehr absorbirt wurde; das Blut war übrigens von vorn-

herein so reich an Sauerstoff, dass nur wenig aufgenommen wurde. Es blieben einige Cm. Sauerstoff zurück, in welche Kohlensäure diffundiren musste. Die Analyse ergab folgende Resultate:

Ursprüngliches Blut			Nach Schütteln mit O		
Blut	20,88	$\frac{u}{k}$	Blut	20,28	$\frac{u}{k}$
Serum	23,11	0,90	Serum	22,70	0,89.

Der Quotient aus dem Kohlensäuregehalt des Gesamtblutes durch den des Serums erscheint zwar nach dem Schütteln mit Sauerstoff kleiner als vorher, aber nur um 0,04 Vol. Der immer noch hohe Werth desselben beweist, dass die Blutkörperchen trotz der Sättigung mit Sauerstoff eine beträchtliche Menge Kohlensäure zurückbehalten haben. Nun hat zwar das Blut durch Diffusion Kohlensäure verloren, ein Verlust, der nur dem Serum angerechnet werden kann; allein derselbe ist so gering (0,60 Volumproc.), dass der dadurch bedingte Fehler nicht ins Gewicht fällt, wie folgende Ueberschlagungsrechnung zeigt.

Nehmen wir an, das Blut habe nur $\frac{2}{3}$ seines Volums Serum enthalten, so hätte das letztere 0,90 Volumprocente Kohlensäure durch Diffusion eingebüsst; diese mit in Rechnung gebracht, betrüge der Kohlensäuregehalt des Blutes 20,88 Proc., der des Serums 23,60 Proc., und der Quotient aus dem erstern durch den letztern wäre = 0,88.

Bei einer Wiederholung dieses Versuches modificirte ich das Verfahren insoweit, als ich durch die eine Blutportion $4\frac{1}{2}$ Stunde lang Sauerstoff in mässig starkem Serum hindurchleitete. Ich erhielt:

Ursprüngliches Blut			Nach Durchleiten von O		
Blut	29,98	$\frac{u}{k}$	Blut	28,19	$\frac{u}{k}$
Serum	32,58	0,92	Serum	31,37	0,89.

Wiederum zeigt sich, dass das Gesamtblut mehr Kohlensäure verloren hat als das Serum; es hat also auch hier ein Uebertritt dieses Gases aus den Blutkörperchen in das Serum stattgefunden, was auch aus dem niedrigeren Werthe des Quotienten $\frac{u}{k}$ in der zweiten Rubrik folgt. Auch hier muss wegen des Kohlensäureverlustes, den das Serum erlitten, der Werth

0,89 für zu hoch gelten; bringt man jedoch dieselbe Correction an, wie im letzten Versuche, so wird er nur auf 0,85 herabgedrückt.

Ich brauche kaum darauf hinzuweisen, dass der durch den Austritt von Kohlensäure aus dem Serum bedingte Fehler noch kleiner ausfällt, als er hier berechnet worden, wenn der Serumgehalt des Bluts grösser als $\frac{2}{3}$ war.

Es geht aus diesen beiden Versuchen hervor, dass der Kohlensäuregehalt der Blutkörperchen durch Sauerstoffzufuhr vermindert werden kann, jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze; man kann die Körperchen vollkommen mit Sauerstoff sättigen, ohne dass sie dadurch kohlensäurefrei gemacht würden.

Offenbar konnten unter der Voraussetzung, dass die Blutkörperchen keine CO_2 enthalten, meine bisherigen Untersuchungen dazu verworthen werden, das Volumverhältniss von Körperchen und Serum im Blute zu bestimmen. Der zu dieser Bestimmung dienende Quotient aus dem Kohlensäuregehalt des Gesamtbluts durch den des Serums schwankte aber innerhalb so weiter Grenzen und fiel zugleich so hoch aus, dass daraus unmittelbar die Unrichtigkeit der obigen Voraussetzung, wenigstens für die Mehrzahl der Fälle, folgte. Es zeigte sich aber zugleich, dass dieser Quotient unter Umständen einen untern Grenzwert erreicht, über welchen hinaus er nicht mehr verkleinert werden kann. Dieser untere Grenzwert, der sich beim Hundeblute zwischen 0,77 und 0,81, beim Pferdeblute zwischen 0,84 und 0,85 bewegt, giebt uns aber immer noch den Serumanteil im Blute so gross an, dass die Grundlagen unserer Rechnung auch hier noch sehr zweifelhaft erscheinen; mehr Wahrscheinlichkeit hatte jedenfalls die Annahme für sich, dass die Blutkörperchen auch in diesen Fällen einen gewissen inniger gebundenen Kohlensäureanteil zurückbehalten haben. Zufällig habe ich jedoch an durch Kälte flüssig erhaltenem Pferdeblute eine Beobachtung gemacht, die dadurch merkwürdig ist, dass sie unserem durch Rechnung für das Serumvolum gefundenen untern Grenzwert vollkommen entspricht. Nach Verlauf von 6 Stunden betrug nämlich die durch nachträgliches Kalibrieren genau gemessene Körperchenschicht nur 18 Volumprocente des Bluts. Berücksichtigt man, dass zwischen den Körperchen im-

mer noch etwas Plasma enthalten sein musste, so würde aus dieser Beobachtung folgen, dass die von uns aus den Kohlensäurebestimmungen für den Körperchengehalt des Pferdeblutes berechnete Zahl 0,45 der Wahrheit sehr nahe käme. Dieser Fall ist nun zwar vereinzelt geblieben, insofern in zwei spätern Versuchen die gesenkten Blutkörperchen nur um ein Geringes weniger als die Hälfte des Blutvolums betrugen; doch halte ich ihn für erwähnenswerth, weil sich daraus ergibt, innerhalb wie weiter Grenzen der Körperchengehalt des Blutes schwanken kann. Das Pferd war zwar anscheinend gesund, für eine Erkrankung des Bluts sprach jedoch dessen erheblich verminderte Krystallisationsfähigkeit.
