VII. *Ueber die im Blute enthaltenen Gase, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure; von Gustav Magnus.*

Wenn man die verschiedenen Untersuchungen über das Athmen, und namentlich über die Entstehung der ausgeathmeten Kohlensäure, mit einander vergleicht, so findet man die widersprechendsten Resultate. Was der Eine gefunden zu haben behauptet, davon hat auch stets ein Anderer das Gegentheil gesehen, und so sind denn auch die verschiedensten Theorien über das Athmen aufgestellt worden. Dieselben hier zu erwähnen, würde überflüssig seyn, da die neueren Handbücher der Physiologie vortreffliche Zusammenstellungen über diesen Gegenstand enthalten. Vorzüglich handelte es sich in neuerer Zeit darum, ob die Kohlensäure in den Lungen erst gebildet werde, indem der Sauerstoff der Luft einen Theil von dem Kohlenstoff des venösen Blutes zu Kohlensäure oxydirt, oder ob das venöse Blut, wenn es in die Lungen gelangt, die Kohlensäure schon fertig gebildet enthält, so daß diese nur durch die Gegenwart der atmosphärischen Luft ausgeschieden wird. Ob also das eingeathmete Sauerstoffgas, sogleich als Kohlensäure wieder ausgeathmet, oder ob dasselbe durch das Blut in dem Körper umhergeführt, und nicht sowohl in den Lungen, als überall in dem Körper zu einer Oxydation benutzt werde.

Da bei den meisten Untersuchungen weder durch die Luftpumpe noch durch Erhitzen des Bluts Kohlensäure in demselben entdeckt werden konnte, so war man fast allgemein der Ansicht, daß die Kohlensäure erst in den Lungen erzeugt werde, und hielt die wenigen Angaben von aufgefundenener Kohlensäure um so viel mehr für unrichtig, als die beobachteten Quantitäten stets sehr gering waren.

Die letzten Versuche, Kohlensäure im Blute mittelst der Luftpumpe zu entdecken, sind von den HH. Gmelin, Mitscherlich und Tiedemann ¹⁾. Diese fingen Venen-Blut unter Quecksilber in einem Cylinder auf, ohne dafs es mit der atmosphärischen Luft in Berührung gekommen war. Diesen mit Blut gefüllten und mit Quecksilber gesperrten Cylinder brachten sie unter die Glocke der Luftpumpe. Beim Fortschaffen der Luft sank das Quecksilber in dem Cylinder und mit ihm das Blut, so dafs ein luftleerer Raum über demselben entstand. Wenn sie darauf nach einiger Zeit das Quecksilber in dem Cylinder wieder aufsteigen liefsen, so beobachteten sie keine Luft, und schlossen deshalb, dafs das Venen-Blut keine freie Kohlensäure enthalte. Als sie indefs denselben Versuch wiederholten, dem Blute aber etwas Essig beimischten, erhielten sie Kohlensäure, von welcher sie glaubten, dafs sie an Natron gebunden im Blute enthalten sey.

Wiewohl diese Versuche zu beweisen schienen, dafs die ausgehauchte Kohlensäure erst in den Lungen durch eine Verbindung des Sauerstoffgases der atmosphärischen Luft mit einem Theile des Kohlenstoffs des Bluts gebildet werde, so sprachen doch gegen diese Ansicht besonders die Angaben der HH. Stevens ²⁾ und Hoffmann ³⁾, nach welchen man beim Schütteln des venösen Blutes mit Wasserstoffgas Kohlensäure erhalten soll. Ferner die Versuche von Hrn. J. Müller ⁴⁾, welcher gefunden hatte, dafs Frösche im Wasserstoffgas eine nicht unbedeutende Quantität von Kohlensäure ausathmen. Da bei diesen Versuchen durch die Gegenwart einer ganz indifferenten Gasart, des Wasserstoffgases, Kohlensäure

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XXXI S. 289.

2) *Observations on the blood by* W. Stevens. London 1832.

3) *London medical Gazette*, 1833.

4) Müller's Handbuch der Physiologie, Bd. I S. 322.

erhalten worden, so mußte dieselbe schon fertig gebildet im Blute seyn, und konnte nicht durch eine Oxydation erst in den Lungen gebildet werden.

Bei so widersprechenden Angaben schien es vor Al-lem wünschenswerth die Versuche der HH. Hoffmann und Stevens zu wiederholen, und dieß unternahm 1834 ein junger, sehr talentvoller Mediciner, Hr. Bertuch, in meinem Laboratorio. Er erhielt in der That, beim Hindurchleiten von Wasserstoff durch venöses Blut, Kohlensäure; allein, bevor seine Versuche beendet waren, starb er, leider zu früh für die Wissenschaft, an den Pocken.

Der Gegenstand schien mir von so großem Interesse, daß ich gleich darauf diese Versuche fortsetzte, bei denen ich auf folgende Weise verfahren bin: Das Wasserstoffgas wurde aus einem Gasometer durch eine Auflösung von kaustischem Kali geleitet. • Um sicher zu seyn, daß hierdurch alle Kohlensäure dem Gase entzogen worden, ging dasselbe sodann durch Kalkwasser; das sich aber niemals trübte. Das so gereinigte Gas wurde durch das Blut geführt. Da dieß bei dem Durchgange desselben bedeutend aufschäumte, so stand das Gefäß, in welchem es enthalten war, mit einem anderen weiteren Gefäße durch eine Glasröhre in Verbindung. In dieß wurde der Schaum durch das Gas übergeführt und abgesetzt. Hierdurch ward es möglich das Gas fortwährend durchzuleiten, und man brauchte nicht jedesmal zu warten bis der Schaum sich gesetzt hatte. Das Gas ging sodann durch Kalkwasser, das sich nach einiger Zeit stets bedeutend trübte.

Die meisten Versuche wurden mit Blut von gesunden Menschen angestellt, da man hier leicht Personen findet, die sich für eine kleine Entschädigung Blut entziehen lassen. Es wurde in Glasgefäßen aufgefangen, die etwa 100 Cubikcentimeter enthielten, und in die zuvor einige Glasstücke eingebracht waren. Diese Ge-

fäße wurden so nah als möglich gegen die geöffnete Ader gehalten, vollständig mit Blut gefüllt, und sogleich mit einem wohl passenden Kork verschlossen, und so lange geschüttelt, bis sich der Faserstoff abgeschieden hatte.

Sollte nun Wasserstoff durch ein so gefülltes Gefäß gehen, so wurde, durch den oben beschriebenen Apparat, in welchem statt des mit Blut gefüllten Gefäßes ein anderes leeres angebracht war, so lange Wasserstoff geleitet, bis man sich überzeugt hatte, daß alle atmosphärische Luft ausgetrieben war. Dann wurde das leere Gefäß fortgenommen und an die Stelle desselben das mit Blut gefüllte gebracht. Da der Kork, welcher auf dem leeren Gefäße gewesen, auch auf dem mit Blut gefüllten paßte, so war zu diesem Austausch nur ein Augenblick erforderlich. Es war also das Blut nur während dieses Augenblicks, und während sich das Gefäß voll Blut füllte, mit atmosphärischer Luft in Berührung, und während dieser Zeit konnte unmöglich die Menge von Kohlensäure gebildet seyn, welche durch das Wasserstoffgas abgeschieden wurde.

Um aber jedem Einwande zu begegnen, wurde derselbe Versuch auch mit Blut von einem Pferde angestellt, das durch eine, in die Jugularis eingebrachte Röhre unter Quecksilber aufgefangen worden. Es lieferte dasselbe Resultat.

Auf dieselbe Weise und mit denselben Vorsichtsmafsregeln als beim Wasserstoff, habe ich auch durch Stickstoff, Kohlensäure aus dem Blute erhalten; und da durch zwei so ganz verschiedene und indifferente Gasarten eben so Kohlensäure aus dem Blute abgeschieden wird, wie durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft, so geht daraus hervor, daß die Kohlensäure schon fertig gebildet in dem Blute enthalten ist, und nicht erst in den Lungen durch Oxydation erzeugt wird.

Nun versuchte ich, die Kohlensäure auch durch die Luftpumpe auszuschcheiden, und versah deshalb eins von

den oben beschriebenen, mit Blut gefüllten Gefäßen mit einem Kork, aus dem eine Glasröhre zunächst in ein anderes Gefäß führte, das zur Aufnahme des Schaums bestimmt war, während aus diesem eine Röhre in ein Gefäß mit Kalkwasser, und aus diesem wiederum eine Röhre zur Luftpumpe führte. Wurde nun die Luft aus diesen Gefäßen fortgeschafft, so zeigte sich anfangs keine Trübung, wenn aber das mit der Luftpumpe verbundene Barometer bis auf 1" gesunken war, so trübte sich das Kalkwasser nicht unbedeutend, zumal wenn das fernere Auspumpen nur langsam vorschritt.

Ich habe mich bemüht die Quantität der Kohlensäure zu bestimmen, welche man durch Wasserstoff aus dem Blute erhalten kann, und leitete zu dem Ende das Gas, nachdem es durch das Blut gegangen, nicht durch Kalkwasser, sondern durch eine Auflösung von kaustischem Kali, welche in dem von Liebig für denselben Zweck bei organischen Analysen angegebenen Apparat enthalten und gewogen war ¹⁾). Allein es ist mir nur ein einziges

- 1) Diese Art der Bestimmung erfordert einige Vorsichtsmafsregeln. Ich habe nämlich gefunden, dafs wenn man irgend eine Luftart, Wasserstoff oder atmosphärische Luft, die zuvor mit Wasser in Berührung gewesen, durch eine Auflösung von 1 Th. kaustischem Kali in 2 Th. Wasser leitet, dafs alsdann die Auflösung an Gewicht zunimmt, durch Absorption von Wasserdampf. Trocknet man aber das Gas mittelst Chlorcalcium, bevor es durch das Kali geht, so verliert dieses an Gewicht, indem die trockne Luft Wasserdämpfe von der Kalilösung aufnimmt. Diese Gewichtsveränderungen sind freilich nicht bedeutend, und es mufs schon während längerer Zeit Gas durch die Lösung geleitet werden, um sie überhaupt wahrnehmbar zu machen, weshalb dieser Umstand auch bei organischen Analysen, bei denen überhaupt nur sehr wenig Gas, ausser der Kohlensäure, durch die Kalilösung geht, gar nicht in Betracht kömmt. Allein bei den hier erwähnten Versuchen, bei denen stets mehr als ein Kubikfufs Gas durch das Blut geleitet wurde, war ich genöthigt auf diesen Umstand Rücksicht zu nehmen, deshalb wurde das Gas, nachdem es durch das Blut gegangen, erst in einer Röhre mit

Mal gelungen, so lange Wasserstoffgas durch das Blut zu leiten, bis keine Kohlensäure mehr entwich und die Gewichtszunahme aufhörte; in allen anderen Versuchen fand dieselbe stets so lange statt, bis das Blut faul wurde. Wenn es aber auch unmöglich war, auf diese Weise die ganze Menge von der im Blute enthaltenen Kohlensäure zu bestimmen, so glaube ich doch aus meinen Versuchen schliessen zu können, daß sie wenigstens $\frac{1}{2}$ vom Volumen des Blutes beträgt; denn wenn während sechs Stunden Wasserstoffgas durch das Blut ging, so wurden erhalten von:

Blut von Menschen.	Kohlensäure.		
66,8 C. Centim.	0,033 Grm.	=	16,6 C. Centim.
59,8 -	0,0255 -	=	12,8 -
62,9 -	0,044 -	=	22,2 -

allein während 24 Stunden, nach welcher Zeit das Blut noch keinesweges roch, wurden erhalten von:

Blut.	Kohlensäure.		
66,8 ¹⁾ C. C.	0,0495 Grm.	=	24,9 C. C.
59,8 -	0,0475 -	=	23,9 -
62,9 -	0,0675 -	=	34,0 -

Ich habe eben so auch von demselben Blute die

Chlorcalcium getrocknet,¹⁾ dann durch das Kali und hierauf wieder durch eine gewogene Röhre mit Chlorcalcium geleitet. Ich hatte mich vorher überzeugt, daß, wenn Luft, die keine Kohlensäure enthält, durch diesen Apparat geht, das Gewicht des Kalis und der zweiten Chlorcalciumröhre in Summa ungeändert bleibt, wiewohl der Kaliapparat fortwährend leichter und die Röhre mit Chlorcalcium schwerer wird. Bei den Versuchen mit dem Blut wurde daher die Kohlensäure durch die Gewichtszunahme bestimmt, welche der Kaliapparat und die zweite Chlorcalciumröhre zusammen erfuhr.

- 1) Bei diesem Versuch fand nach dieser Zeit keine Gewichtszunahme mehr statt.

Quantität von Kohlensäure zu bestimmen gesucht, welche beim Hindurchleiten von atmosphärischer Luft oder von Sauerstoff ausgetrieben wird, und dabei fast dieselben Zahlenwerthe als bei Anwendung von Wasserstoffgas erhalten. Von demselben Blute, von dem in sechs Stunden

66,8 C. C. mit Wasserstoff 0,033 Grm.

gegeben hatten, gaben:

62,0 C. C. mit atmosph. Luft 0,043 Grm.

in sieben Stunden.

Man sieht, die erhaltenen Quantitäten von Kohlensäure sind so nahe dieselben, als es bei der Art von Versuchen nur zu erwarten ist. Und wenn es, nachdem gezeigt worden, daß die Kohlensäure aus dem Blute durch Wasserstoff und durch Stickstoff, so wie auch durch die Luftpumpe abgeschieden werden kann, noch eines Beweises bedarf, daß das Blut in den Lungen nicht erst durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft oxydirt zu werden braucht damit Kohlensäure entstehe, so ist derselbe, wie ich glaube, dadurch gegeben, daß die abgeschiedenen Quantitäten der Kohlensäure dieselben sind, die Abscheidung mag durch Wasserstoff oder atmosphärische Luft bewirkt seyn.

Wenn die Kohlensäure schon fertig gebildet im Venenblute enthalten ist, so kann ihre Abscheidung in den Lungen nur nach den Gesetzen stattfinden, welche für die Abgabe einer, von einer Flüssigkeit absorbirten Gasart bekannt sind, wenn diese Flüssigkeit in Berührung mit einer anderen Gasart kommt. Für die abgegebene Kohlensäure wird alsdann eine entsprechende Menge von Sauerstoff oder atmosphärischer Luft absorbirt, ganz nach den Gesetzen, welche Hr. Dalton für die Absorption verschiedener Gasarten durch eine Flüssigkeit gegeben hat ¹⁾). Allein es schien mir, daß es für die Bestätigung dieser Ansicht noch anderer Versuche bedürfe, und daß

1) Eine vollständige Zusammenstellung dieser Gesetze findet man

namentlich gezeigt werden müßte, daß das arterielle Blut Sauerstoffgas enthalte; denn nur dadurch ist es möglich, den Beweis vollständig zu führen, daß das Sauerstoffgas nicht sogleich in den Lungen in Kohlensäure umgewandelt wird. Es schien mir diese Art von Beweisführung um so nöthiger, als man sonst noch immer behaupten könnte, daß die durch die Luftpumpe und das Wasserstoff- und Stickstoffgas erhaltene Kohlensäure von der, nach der Ansicht der HH. Gmelin, Mitscherlich und Tiedemann, als Bicarbonat von Natron im Blut enthaltenen Kohlensäure herrühren konnte. Denn Hr. H. Rose hat gefunden, daß dieses Salz einen Theil seiner Kohlensäure im luftleeren Raume verliert, und ich habe beobachtet, daß wenn man Wasserstoff, unter dem gewöhnlichen Drucke der Luft, durch eine Auflösung von Bicarbonat von Natron leitet, gleichfalls Kohlensäure abgegeben wird. Wenn nun auch die Quantität der Kohlensäure, welche ich durch Wasserstoffgas aus dem Blute erhalten habe, viel zu groß ist, als daß sie von dem in dem Blute enthaltenen Natron herrühren könnte, so bedurfte es doch zur Widerlegung einer, von so ausgezeichneten Männern aufgestellten, Ansicht anderer Weise, als der, welche auf den wenig zuverlässigen quantitativen Bestimmungen des Salzgehaltes des Blutes beruhen.

Das Sauerstoffgas aber in dem arteriellen Blute nachzuweisen, hat vielfache Schwierigkeiten gewährt, und obwohl die bisher angeführten Versuche schon im Herbst 1834 vollendet waren, so ist es mir doch erst jetzt möglich gewesen die sogleich zu erwähnenden Versuche zu beenden. Unterdessen haben nun die Versuche von Hoffmann und Stevens, auch von einer anderen Seite her eine Bestätigung erfahren. Hr. Th. Bischoff hat in seiner Habilitationsschrift als Professor an der Univer-

in dem vor Kurzem von Liebig und Poggendorff herausgegebenen Wörterbuch der Chemie, unter *Absorption*.

sität zu Heidelberg ¹⁾, Versuche bekannt gemacht, durch welche er: 1) die Angaben von Hoffmann und Stevens, dafs man durch Wasserstoff und Stickstoff Kohlensäure aus dem Blute erhalte, bestätigt; 2) Kohlensäure mittelst der Luftpumpe, wiewohl in sehr geringer Menge, aus dem Venenblut erhalten hat. 3) Auch die Versuche von J. Müller über das Athmen der Frösche in Wasserstoffgas bestätigt, und 4) die Versuche über die Färbung des Blutes durch Salze wiederholt hat. Hr. L. Gmelin hat Hrn. Bischoff bei einem Theile seiner Versuche unterstützt, und sagt in einem Vorworte zu jener Abhandlung, dafs er die Ueberzeugung gewonnen, dafs Kohlensäure im Blute enthalten sey. Am Schlusse seiner Abhandlung spricht sich Hr. Bischoff dahin aus, dafs man wieder zu der schon von Hassenfratz und Lagrange gegebenen Theorie des Athmens zurückkehren müsse, dafs die Kohlensäure aus dem venösen Blute entfernt werde durch Absorption von atmosphärischer Luft. Allein, wie schon oben erwähnt, genügt es für die Aufstellung jener Theorie nicht, Kohlensäure im venösen Blute nachgewiesen zu haben, da diese, an Natron gebunden, in demselben enthalten seyn kann. Auch folgt aus den Gesetzen der Absorption, dafs wenn das venöse Blut seine Kohlensäure durch Absorption von Sauerstoff abgiebt, dafs niemals alle Kohlensäure abgegeben werden kann. Es mufs folglich auch das arterielle Blut Kohlensäure enthalten. Hr. Bischoff ²⁾ glaubt indessen aus seinen Versuchen schliessen zu müssen, dafs keine Kohlensäure im arteriellen Blute enthalten sey.

Demnach denke ich, dafs die folgenden Versuche vielleicht nicht ohne Interesse sind, da es durch diesel-

1) Th. L. W. Bischoff, *Commentatio de novis quibusdam experimentis chemico-physiologicis ad illustrandam doctrinam de respiratione institutis. Heidelb. 1837.*

2) A. a. O. S. 20.

ben möglich geworden ist zu untersuchen, welche Gasarten überhaupt in dem Blute enthalten sind, so wie auch, ob sich diese in demselben Verhältniß im venösen wie im arteriellen Blute befinden. Sie haben gezeigt, daß nicht nur Kohlensäure im venösen Blute enthalten ist, sondern auch Stickstoff und Sauerstoff, und daß dieselben drei Gasarten sich gleichfalls im arteriellen Blute befinden, nur freilich in einem anderen Verhältniß als im venösen.

Ehe ich zur Beschreibung dieser Versuche übergehe, muß ich zunächst erwähnen, woher es rührt, daß bei den meisten Untersuchungen keine Kohlensäure im Blute entdeckt worden. Wenn eine Flüssigkeit, welche Gase absorbirt enthält, erhitzt wird, so entweichen diese Gasarten, in dem Maasse, als die Flüssigkeit wärmer wird; allein ein vollständiges Entweichen ist nur zu erreichen möglich, wenn man die Flüssigkeit während längerer Zeit kocht. Diefes aber ist bei dem Blute unausführbar, da es coagulirt. Hierbei aber werden, wie es scheint, die gasförmigen Körper so eingeschlossen, daß sie nicht entweichen können. Zum Vergleich habe ich einen Versuch mit Eiweiß angestellt. Dasselbe wurde mit Kohlensäure geschüttelt, und, nachdem es die Hälfte seines Volums von dieser Gasart aufgenommen hatte, liefs ich es in einer oben zugeschmolzenen, gekrümmten und ganz mit Quecksilber gefüllten Glasröhre (*cloche courbe*) aufsteigen. Wurde diese sodann erhitzt bis das Eiweiß coagulirte, so sank zwar das Quecksilber durch die sich entwickelnden Wasserdämpfe, allein bei der Abkühlung stieg dasselbe sogleich wieder, und das ganze Rohr füllte sich mit Eiweiß und Quecksilber, so daß sich durchaus keine Luft entwickelt hatte. Da also bei einer so grossen Menge von absorbirter Kohlensäure, nämlich $\frac{1}{2}$ Volumen, sich keine Luft entwickelte, so kann diefes um so weniger bei dem Blute der Fall seyn, das wohl schwerlich eben so viel von dieser Gasart enthalten möchte.

Uebri-

Uebrigens ist nicht zu zweifeln, daß Luft aus dem Blute erhalten wird, wenn man es bei einer Temperatur, bei der es nicht coagulirt, anhaltend erwärmt. Und man hat, wie ich glaube, mit Unrecht die Richtigkeit der Angaben bezweifelt, nach welchen Kohlensäure auf diese Weise aus dem Blute erhalten worden.

Der Grund, warum bei den früheren Untersuchungen aus dem Blute, wenn dasselbe unter die Glocke der Luftpumpe gebracht wurde, keine Kohlensäure erhalten worden, ist wohl darin zu suchen, daß die Verdünnung der Luft nicht weit genug getrieben wurde, da, wie meine Versuche mich wiederholt gelehrt haben, eine wahrnehmbare Menge von Kohlensäure erst entweicht, wenn die Spannkraft der über dem Blute enthaltenen Luft und Dämpfe nur noch 1" Quecksilber beträgt; ferner darin, daß sehr häufig coagulirtes Blut für diesen Versuch angewendet worden, das seine Kohlensäure ohne Zweifel noch schwieriger abgiebt, als das von seinem Faserstoff getrennte flüssige Blut; und endlich darin, daß der Raum über dem Blute verhältnißmäßig immer nur klein war, und daher sich bald so weit mit Kohlensäure füllte, daß der Druck derselben das Entweichen einer neuen Quantität dieser Gasart hinderte.

Vermeidet man diese Uebelstände, so kann man eine nicht unbedeutende Menge von Luft aus dem Blute erhalten. Ich suchte diels anfänglich dadurch zu erreichen, daß ich Blut in den leeren Raum einer, oben durch einen Hahn verschlossenen Barometerröhre aufsteigen liefs. Auf diesen Hahn war eine ganz mit Quecksilber gefüllte, oben zugeschmolzene Röhre aufgeschraubt. Wurde der Hahn geöffnet, so fiel das Quecksilber aus der aufgeschraubten Röhre, durch den leeren Raum des Barometers und durch das Blut, ohne daß darum das Quecksilber in dem Barometer stieg. Wenn sich nun Luft aus dem Blute in den leeren Raum entwickelte, und das Barometerrohr sodann tiefer in Quecksilber eingetaucht wurde, so

stieg das Quecksilber in demselben, und trieb die Luft, welche sich entwickelt hatte, in das über dem Hahn befindliche Gefäß. Der Hahn wurde sodann geschlossen, das Barometer wieder in die Höhe gezogen, es entstand ein leerer Raum über dem Blute, es entwickelte sich von Neuem Luft, und wenn nun der Hahn wieder geöffnet und das Rohr wieder eingesenkt wurde, so trieb das aufsteigende Quecksilber die neu entwickelte Luft wieder in das über dem Hahn befindliche Gefäß, worauf dieser wieder geschlossen und von Neuem auf dieselbe Weise verfahren wurde. Allein diese Versuche führten zu keinem Resultat, denn sie gestatteten nur die Anwendung von sehr kleinen Mengen Blut, und außerdem blieb stets in dem Barometerrohr zwischen dem Quecksilber und dem Glase atmosphärische Luft zurück, die beim Hinaufsteigen des Blutes mit in die Höhe genommen wurde, und nachher mit in das obere, zur Aufnahme der Luft bestimmte Gefäß drang, so daß man nicht wußte, ob das gefundene Sauerstoffgas nicht vielleicht von dieser Luftmenge herrührte.

Ich wandte deshalb einen andern Apparat an, der in der beistehenden Figur abgebildet ist, und den man ein abgekürztes Barometer nennen könnte. Ein birnförmiges gläsernes Gefäß, 4" im Durchmesser und 12" hoch (es wurde hierzu ein sogenannter Scheidetrichter benutzt), war an dem einen Ende mit einem Hahn versehen; das andere offene Ende tauchte in ein Gefäß mit Quecksilber. Durch Aussaugen der Luft an dem, mit den Hahn versehenen, oberen Ende wurde das Gefäß ganz mit Quecksilber gefüllt und der Hahn ge-

schlossen. Auf denselben wurde alsdann eine, an ihrem oberen Ende zugeschmolzene und an ihrem unteren gleichfalls mit einem Hahn versehene Glasröhre, 6" lang und $\frac{1}{2}$ " weit, ebenfalls ganz mit Quecksilber gefüllt, aufgeschraubt. Wurden hierauf die beiden Hähne geöffnet, so blieb das Quecksilber durch den äußeren Luftdruck in diesem, 22" hohen Apparat. Derselbe wurde nun auf den Teller der Luftpumpe gesetzt und mit einer Glasglocke umgeben. Die Hähne waren nicht von der Glocke bedeckt, und ein Kautschuckbeutel, der an den über die Glocke hervorragenden Theil des birnförmigen Glasgefäßes und über den Hals der Glocke gebunden war, verschloß dieselbe luftdicht. Damit der Kautschuckbeutel durch den Luftdruck nicht in die Glocke hineingedrückt werde, war unter ihm ein hölzerner Deckel, der aus zwei Theilen bestand, auf den Hals der Glocke aufgelegt. Wurde nun die Luft ausgepumpt, so sank das Quecksilber in dem Apparate und es entstand ein luftleerer Raum. In diesem verbreitete sich die kleine Menge von Luft, welche zwischen dem Quecksilber und dem Glase haften geblieben. Liefs man die Luft alsdann wieder unter die Glocke treten, so stieg das Quecksilber in dem Apparat in die Höhe und trieb die in ihm enthaltene Luft in den obersten Theil des aufgeschraubten Rohrs. Hierauf wurden beide Hähne des Apparats geschlossen und das obere Rohr mit seinem Hahne abgeschraubt, und, nachdem die Luft aus demselben entfernt war, ganz mit Quecksilber gefüllt wieder aufgeschraubt. Wenn hiernach die Hähne wieder geöffnet wurden und dieselbe Operation durch Auspumpen der Glocke und Einlassen der Luft wiederholt wurde, so zeigte sich zwar stets eine kleine Menge von Luft in der obersten Spitze des Rohrs, allein dieselbe betrug nur 0,2 C.C., und mußte als ein constanter Fehler des Apparates in Rechnung gebracht werden. Diese Luft kam nicht etwa aus den Durchbohrungen der Hähne, denn diese waren beim

Füllen des Apparates auch stets mit Quecksilber gefüllt, sondern sie rührte davon her, daß beim Einschrauben des Hahns in das aufgesetzte Rohr das Quecksilber sich nie in den unvermeidlichen Ecken anlegt, so daß in diesen jene kleine Luftmenge zurückbleibt.

Nachdem auf diese Weise die anhängende Luft aus dem Apparate entfernt war, so wurde das Blut in denselben eingeführt, und zu dem Ende der Kautschuckbeutel losgebunden, die Glocke entfernt, und der Apparat in eine größere Quecksilberwanne gebracht. Um dies zu bewerkstelligen, wurde ein kleines flaches Gefäß unter die untere Oeffnung desselben geführt, das, da es gleichfalls mit Quecksilber gefüllt war, das Ausfließen des Quecksilbers aus dem Apparate während des Hinüberhebens hinderte. In der Quecksilberwanne liefs man das Blut, das in Flaschen enthalten war, unter Quecksilber in den Apparat aufsteigen. Da die Hähne geschlossen waren, so konnte das Blut nicht in das über den Hähnen aufgeschraubte Rohr gelangen, und blieb in dem oberen Theile des birnförmigen Gefäßes. Hierauf wurde der so gefüllte Apparat wieder in das, auf dem Teller der Luftpumpe stehende Gefäß zurückgehoben und mit der Glocke umgeben. Wenn nun die Luft ausgepumpt wurde, so sank das Quecksilber und mit ihm das Blut in dem birnförmigen Gefäße, und es entstand ein leerer Raum, das Blut schäumte auf, und die sich aus ihm entwickelnde Luft verbreitete sich in diesen leeren Raum. Hierauf wurden die Hähne geöffnet, das Quecksilber fiel aus dem Rohr in das birnförmige Gefäß hinab und bewirkte ein neues Aufschäumen des Blutes. Sobald der Schaum etwas gesunken war, liefs man nun die Luft allmählig wieder unter die Glocke treten; hierdurch stieg das Quecksilber und das über ihm befindliche Blut in dem birnförmigen Gefäß in die Höhe, sobald dasselbe aber den untern Hahn erreicht hatte, wurde derselbe geschlossen. Alle Luft war nun in das obere Rohr gedrängt.

Sogleich wurde die Glocke wieder leer gepumpt, Quecksilber und Blut sanken wieder, und es entwickelte sich von Neuem Luft aus dem Blute. Liefs man sodann nach einiger Zeit das Quecksilber wieder in die Höhe steigen, so befand sich über dem Blute etwas Luft, die, sobald der Hahn geöffnet wurde, in das obere Rohr eintrat. Hierauf wurde der Hahn wieder geschlossen und die Operation wiederholt. Diefs mochte geschehen so oft es wollte, so erhielt man stets eine neue, wenn auch nur geringe Quantität von Luft. Um indess einen Vergleich zwischen den verschiedenen Versuchen ausstellen zu können, liefs ich das Blut stets während drei Stunden in dem Apparat, und wiederholte das Hinaufdrängen der Luft in das obere Rohr, so oft es die Abnahme des Schaums zuliefs.

Von Zeit zu Zeit wurde das Blut in diesem Apparate geschüttelt, denn der Verschluss durch den Kautschuckbeutel gestattete, das birnförmige Gefäß unter der luftleeren Glocke hin und her zu bewegen, wobei natürlich die untere Oeffnung desselben stets durch Quecksilber gesperrt blieb.

Um die Luft, welche sich in dem oberen Rohre angesammelt hatte, zu untersuchen, wurde dasselbe durch seinen Hahn verschlossen, von dem Apparate abgeschraubt und in die Quecksilberwanne gebracht. Hier wurde der Hahn unter Quecksilber abgeschraubt, und sodann die Luft aus dem Rohre in ein Eudiometer gebracht und untersucht. Die Kohlensäure wurde durch Absorption mit Aetzkali bestimmt, und das Sauerstoffgas durch Verpuffen mit Wasserstoff.

Das für diese Versuche angewandte Blut war stets in Flaschen mit gläsernen Stöpseln unter Quecksilber aufgefangen. Zu dem Ende wurde eine biegsame Röhre angewandt (die Carotis eines gefallenen Pferdes, deren Zweige unterbunden waren). An dem einen Ende derselben war ein Federkiel befestigt, an dem anderen

eine kurze gebogene Glasröhre. Der Federkiel wurde entweder in die Jugularis oder in die Carotis des Thieres eingeführt, je nachdem venöses oder arterielles Blut aufgefangen werden sollte. Das Blut, das zuerst durch die Röhre ging, wurde nicht aufgefangen, und erst nachdem dieselbe sich ganz mit Blut, das nicht mit Luft in Berührung gewesen, gefüllt hatte, wurde das gekrümmte Glasrohr unter Quecksilber in die Mündung der zum Auffangen des Blutes bestimmten und ganz mit Quecksilber gefüllten Flasche gebracht ¹⁾. Sobald die Flasche fast mit Blut gefüllt war, wurde sie unter Quecksilber verstopft und gleich darauf geschüttelt, und durch das Quecksilber, welches noch mit dem Blute in den Flaschen enthalten war, schied sich der Faserstoff aus. Zuweilen waren auch noch ein Paar Glasstücke zuvor in die Flasche eingebracht; doch ist dies überflüssig, da der Faserstoff sich beim Schütteln des Blutes mit Quecksilber sehr leicht trennen läßt. Als ich dies zum ersten Male bewerkstelligte, suchte ich den Faserstoff vergebens, denn er scheidet sich hierbei nicht in solchen Fäden ab, wie beim Schlagen des Bluts mit Birkenreis oder beim Schütteln mit Glasstücken, sondern er umhüllt das Quecksilber, das sich in unzählig viele ganz feine Körnchen trennt, die sich, wegen des zwischen ihnen befindlichen Faserstoffs, nicht wieder vereinigen lassen. Sondert man nachher das Quecksilber von dem Blute und trocknet es, so läßt es sich aus den trocknen Hüllen von Faserstoff hervordrücken, und während dieser sich zu einzelnen kleinen Stückchen zusammenballt, vereint sich das Quecksilber wieder zu einer Masse.

1) Um die Luft, die zwischen dem Quecksilber und dem Glase haftet, so viel als möglich aus den Flaschen zu entfernen, wurden dieselben mit Quecksilber gefüllt und offen unter die Glocke der Luftpumpe gebracht; bei Verminderung des Luftdruckes dehnte sich die zwischen Glas und Quecksilber befindliche Luft aus und entwich in Blasen.

Das Blut wurde in der hiesigen Thierarzeneischule aufgefangen, wo Hr. Prof. Hertwig die große Güte hatte mich zu unterstützen. Ohne seine Hülfe wäre es mir unmöglich gewesen, diese Versuche auszuführen. Das Blut wurde sodann in meine Wohnung gebracht, indem die Flaschen, mit ihren Stöpseln nach unten gewendet, getragen wurden. Durch das noch in der Flasche befindliche Quecksilber war der Stöpsel von innen bedeckt, und an ein Eindringen von Luft daher nicht zu denken. Eine halbe Stunde nachdem das Blut aufgefangen worden, befand es sich schon in dem Apparat. Es wurden etwa 5 bis 7 Unzen jedesmal angewendet. Gewöhnlich reinigte ich, nachdem eine Quantität des Blutes untersucht war, also etwa nach drei Stunden, den Apparat, und untersuchte eine neue Quantität desselben Blutes zur Controlle. In der folgenden Tabelle sind die Resultate der auf diese Weise ausgeführten Versuche zusammengestellt.

Blut von ein. Pferde	Cubikcentimeter. 125 gaben	9,8 Luft	{ 5,4 Kohlensäur. 1,9 Sauerstoff 2,5 Stickstoff
Venöses Blut von demselben Pferde, am 4. Tage, nach der Entziehung des arteriellen aufgefangen	205	12,2 -	{ 8,8 Kohlensäur. 2,3 Sauerstoff 1,1 Stickstoff
Dasselbe Blut	195	14,2 -	{ 10,0 Kohlensäur. 2,5 Sauerstoff 1,7 Stickstoff
Arteriellcs Blut von einem sehr alten, aber gesund. Pferde	130	16,3 -	{ 10,7 Kohlensäur. 4,1 Sauerstoff 1,5 Stickstoff
Dasselbe Blut	122	10,2 -	{ 7 Kohlensäur. 2,2 Sauerstoff 1 Stickstoff
Venöses Blut von demselben alten Pferde nach 3 Tagen aufgefangen	170	- 18,9 -	{ 12,4 Kohlensäur. 2,5 Sauerstoff 4,0 Stickstoff
Arteriellcs Blut v. einem Kalbe	123	14,5 -	{ 9,4 Kohlensäur. 3,5 Sauerstoff 1,6 Stickstoff

Dasselbe Blut	Cubikcentimeter. 108 gaben 12,6 Luft	{ 7,0 Kohlensäur. 3,0 Sauerstoff 2,6 Stickstoff
Venöses Blut von demselben Kalbe nach 4 Tagen auf- gefangen	153 - 13,3 -	{ 10,2 Kohlensäur. 1,8 Sauerstoff 1,3 Stickstoff
Dasselbe Blut	140 - 7,7 -	{ 6,1 Kohlensäur. 1,0 Sauerstoff 0,6 Stickstoff

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß nicht nur das venöse, sondern auch das arterielle Blut Kohlensäure, so wie Sauerstoff und Stickstoff enthält. Ferner, daß in dem arteriellen Blute mehr Sauerstoff im Verhältniß zur Kohlensäure, als im venösen enthalten ist; da der Sauerstoff in der vom venösen Blute erhaltenen Luft höchstens $\frac{1}{4}$, oft nur $\frac{1}{5}$ von der gefundenen Kohlensäure beträgt, während er im arteriellen Blute wenigstens $\frac{1}{3}$ und fast die Hälfte derselben ausmacht. Bemerkenswerth ist noch, daß bei dem Kalbsblute das arterielle reicher, und das venöse ärmer an Sauerstoff ist, als bei den übrigen Blutarten. Vielleicht ist es überhaupt bei jüngeren Individuen der Fall, daß weniger Kohlensäure gebildet wird. Die von dem Blute erhaltenen Luftmengen betragen durchschnittlich $\frac{1}{10}$, bisweilen $\frac{1}{5}$ von dem Volumen des untersuchten Blutes, in dessen ist diess offenbar nur ein kleiner Theil von der im Blute überhaupt enthaltenen Luft; und wenn man das birnförmige Gefäß noch größer anwendete, so würde man auch offenbar noch mehr Luft in derselben Zeit erhalten. Daß übrigens die in den verschiedenen Versuchen erhaltenen Luftmengen nicht vollständig mit einander übereinstimmen, rührt davon her, daß man das oben beschriebene Einlassen der Luft in die aufgeschraubte Röhre nicht in allen Versuchen gleich oft wiederholen konnte, weil die Zeit verschieden war, innerhalb welcher der Schaum sich jedesmal setzte; könnte diese Wiederholung rascher hinter einander erfolgen, so würde auch

die in derselben Zeit entwickelte Quantität von Luft offenbar bedeutender seyn, und man würde alsdann gewiß mindestens $\frac{1}{5}$ vom Volumen des Blutes an Kohlensäure erhalten, wie dieß bei den Versuchen mit dem Wasserdampf der Fall gewesen.

Die über das Verhältniß der ausgeathmeten Gasarten angestellten Versuche, so verschiedene Resultate sie auch geliefert, stimmen doch darin überein, daß die Quantität des aufgenommenen Sauerstoffs nahe dieselbe ist, als die der ausgehauchten Kohlensäure. Wenn man daher im Stande wäre, die ganze Menge der Luft zu erhalten, welche in dem Blute sich findet, so müßte man in dem arteriellen Blute genau so viel mehr Sauerstoff finden, als das venöse Blut weniger Kohlensäure enthält. Allein ein solches Resultat ist, wie gesagt, nur zu erwarten, wenn man die ganzen Quantitäten von Luft, welche in dem venösen und arteriellen Blute enthalten sind, mit einander vergleichen kann. Ist dieß nicht der Fall, und hat man es nur mit der bei Aufhebung des Druckes zuerst entwichenen Luft zu thun, so ist man nicht im Stande, aus dem Verhältnisse ihrer Bestandtheile das Verhältniß zu beurtheilen, in welchem diese Bestandtheile sich in der ganzen im Blute enthaltenen Luftmenge befinden.

Es kann daher der Beweis nicht geführt werden, daß die ausgehauchte Kohlensäure durch eine entsprechende Menge von absorbirtem Sauerstoff ersetzt sey; allein die obigen Versuche beweisen zur Genüge, daß die Bildung der Kohlensäure nicht erst in den Lungen stattfindet; denn es könnten zwar, selbst wenn dieß der Fall wäre, dennoch jene drei, in dem Blute nachgewiesenen Gasarten in demselben absorbirt enthalten seyn, da das Blut mit ihnen in den Lungen in Berührung gewesen. Allein sie müßten sich alsdann auch in demselben Verhältniß in beiden Blutarten vorfinden, da nach der Theorie des Athmens, nach welcher die Kohlensäure sich erst in den Lungen bildet, das arterielle Blut, bei

seiner Umwandlung in venöses, weder irgend eine von jenen drei Gasarten aufnehmen noch abgeben würde. Da aber das Verhältniß der Kohlensäure zum Sauerstoff in beiden Blutarten nicht dasselbe ist, so kann die größere Menge von Kohlensäure im venösen Blute nur davon herrühren, daß diese Gasart während des Kreislaufes entweder in dem Blute erzeugt, oder von ihm absorbirt wird. Diefes geht, wie ich glaube, unwiderlegbar aus diesen Versuchen hervor. Sehr wahrscheinlich wird es aus denselben, daß das eingeathmete Sauerstoffgas in den Lungen absorbirt und von dem Blute in dem Körper umhergeführt wird, so daß es in den sogenannten Capillargefäßen zu einer Oxydation, und wahrscheinlich zu einer Kohlensäurebildung dient. Ich sage, dies ist wahrscheinlich, denn so lange man nicht zeigen kann, daß die ausgehauchte Kohlensäure durch ein gleiches Volumen von absorbirtem Sauerstoff ersetzt ist, so bleibt es immer noch möglich, daß wenigstens ein Theil des eingeathmeten Sauerstoffs sich chemisch mit dem Blute verbindet, ohne gerade in den Lungen Kohlensäure zu erzeugen.

Daß die Bildung der Kohlensäure in den Lungen, und nicht in den Capillargefäßen vor sich gehe, nahm man freilich deshalb vorzüglich an, weil man früher keine Kohlensäure im Blute nachweisen konnte; außerdem aber sprach für eine chemische Veränderung des Blutes in den Lungen die Farbenveränderung desselben. Es ist indess ein bekanntes Factum, daß Blut durch Absorption von Kohlensäure dunkler wird. Die Farbenveränderung könnte also von der Entfernung dieser Gasart herrühren. Ich fand auch stets, daß wenn die Kohlensäure aus dem venösen Blute mittelst Wasserstoff ausgeschieden wurde, das Blut eine hellere Farbe annahm. Zwar fand dasselbe auch statt, wenn sie mittelst des oben beschriebenen Apparates aus dem venösen Blute entfernt wurde, doch, wegen der kleinen Menge, die dadurch entwich, nur in so geringem Maasse, daß ich es nicht mit Bestimmtheit auszusprechen wage, da bei der Beur-

theilung der Farbe man sich überhaupt leicht täuschen kann. Niemals wurde freilich durch das Entfernen der Kohlensäure das Blut so hellroth wie arterielles ist; allein es scheint, daß die Absorption verschiedener Gasarten auch verschiedene Farbenveränderungen hervorbringt. (Man vergleiche Engelhardt »über die Natur des rothen Farbestoffs im Blute,« in Kastner's Archiv, Bd. VI S. 350.) Es ist daher wahrscheinlich, daß die rothe Farbe des arteriellen Blutes nicht nur von der fehlenden Kohlensäure, sondern auch von der Absorption von Sauerstoff herrührt. Zwar ist mir sonst kein Beispiel bekannt, daß eine Flüssigkeit durch Absorption eines Gases ihre Farbe verändere; allein die Erscheinungen der Absorption gehen überhaupt in die der chemischen Verbindungen über, wie schon oben erwähnt, das Bicarbonat von Natron einen Theil seiner Kohlensäure abgibt, bloß dadurch, daß es in eine Atmosphäre von Wasserstoffgas versetzt wird. Es wäre daher wohl möglich, daß die Farbenveränderungen des Blutes von Absorptionerscheinungen herrühren, die sich den chemischen Verbindungen zunächst anreihen.

Bei Beurtheilung der Farbe des Blutes können übrigens Täuschungen sehr leicht obwalten. Denn wenn man geschlagenes, d. h. vom Faserstoff befreites Pferdeblut ruhig stehen läßt, so wird es schon nach wenig Augenblicken dunkler. Nach einiger Zeit beobachtet man zwei Schichten in demselben, wovon die obere die dunkelste ist. Die untere gleicht einem Sediment, das zwar heller erscheint als die obere Flüssigkeit, aber doch bei weitem dunkler als das Blut zuvor gewesen. Schüttelt man aber alsdann die abgesetzten Schichten durcheinander, so erscheint die frühere hellere Farbe wieder. Einen ähnlichen Vorgang, als bei dem Pferdeblute, habe ich auch bei dem Kalbsblute beobachtet, indess geschieht die Trennung in zwei Schichten bei diesem Blute erst nach längerer Zeit und viel unvollständiger als beim Pferdeblute. Es geht hieraus hervor, daß wenn man die Farbenver-

änderung des Blutes beobachten will, man dafür sorgen muß, daß die Blutkügelchen auf dieselbe Weise suspendirt in der Flüssigkeit enthalten sind. Ich habe mich nämlich überzeugt, daß die untere Schicht vorzugsweise aus Blutkügelchen besteht, die sich beim geschlagenen Pferdeblut sehr schnell absetzen, und die, wenn sie dicht auf einander liegen, eine viel dunklere Farbe, wie es scheint, darbieten, als wenn sie gleichmäßig durch die ganze Flüssigkeit vertheilt sind. Die obere Schicht verdankt ihre rothe Farbe einer Auflösung von Blutroth, denn sie enthält keine Blutkügelchen, wenigstens zeigte ein Mikroskop (von Pistor und Schiek) in seinem ganzen Gesichtsfelde nur ein, höchstens zwei Blutkügelchen in dieser intensiv rothen Flüssigkeit.

Es scheint, daß ein Theil des Blutroths sich in dem Serum auflöst, sobald der Faserstoff ausgeschieden ist, während das Serum, so lange es den Faserstoff aufgelöst enthält kein Blutroth aufzunehmen vermag. Denn dasselbe Blut, das, nachdem die Kügelchen sich in ihm abgesetzt hatten, intensiv dunkelroth erschien, zeigte, als ein Theil desselben beim Auffangen auf den Tisch lief und coagulirte, einen breiten weißen Rand; woraus hervorgeht, daß das Serum, so lange es Faserstoff enthielt, farblos gewesen.

Aus dem Vorgange beim Athmen, welcher aus diesen Versuchen als eine unmittelbare Folge sich ergibt, daß nämlich die Kohlensäure während des Kreislaufs des Blutes in demselben erzeugt oder von demselben aufgenommen wird, erklären sich nun auch die verschiedenen Resultate, welche in Betreff des Verhältnisses beobachtet worden sind, in dem die ausgeathmete Kohlensäure und das eingeathmete Sauerstoffgas stehen. Denn während ein Theil der Experimentatoren behauptet, daß diese Quantitäten stets dieselben sind, wie es seyn müßte, wenn das Sauerstoffgas nur zu der Kohlensäurebildung in den Lungen dient, behaupten andere, daß mehr Sauer-

stoff eingathmet, als Kohlensäure ausgeathmet werde; und die HH. Allen und Pepys ¹⁾ haben gefunden, daß dies stets der Fall sey, wenn dieselbe Luft mehrere Male eingeathmet wird. Dieses Factum, so unerklärlich es nach anderen Theorien des Athmens ist, ergibt sich als eine nothwendige Folge aus der aufgestellten Theorie, daß nämlich die Abgabe der Kohlensäure nach den Gesetzen geschieht, nach welchen überhaupt eine Flüssigkeit eine absorbirte Gasart abgibt, wenn sie mit einer anderen Gasart in Berührung kommt. Eben so ergibt sich aus derselben der bisher eben so unerklärliche, gleichfalls von den HH. Allen und Pepys beobachtete Umstand, daß nämlich beim Einathmen von reinem Sauerstoffgas, oder von einem Gemenge von Sauerstoff- und Wasserstoffgas, stets Stickstoff ausgeathmet wird; dessen Quantität sogar eben so viel betragen kann, als das ganze Volumen des athmenden Thieres ²⁾, und folglich nicht von der noch in den Lungen enthaltenen Luft herrührt.

Schließlich ist es nun noch übrig zu zeigen, daß auch die im Blute aufgefundene Kohlensäure hinreicht, um von ihr die ganze, beim Athmen abgegebene Menge derselben herzuleiten. Zwar haben die verschiedenen Untersuchungen über die ausgeathmete Quantität der Kohlensäure ziemlich abweichende Resultate geliefert, unter denen das von Allen und Pepys gefundene offenbar zu hoch ist, da, wie Berzelius ³⁾ berechnet hat, 6 $\frac{1}{4}$ Pfund fester Nahrung erforderlich seyn würden, um die Quantität von Kohlenstoff zu liefern, die in 24 Stunden nach dieser Angabe von einem Menschen ausgehaucht

1) *Philosophical transactions for* 1808, p. 280; und Schweigger's Journal, Bd. I S. 182.

2) *Philosophical transactions for* 1809, p. 417; und Meckel's Archiv, Bd. III S. 243.

3) Berzelius, Thierchemie, S. 95.

wird. Nimmt man das von H. Davy gefundene Resultat, als das mittlere zwischen dem von Allen und Pepys und dem von Lavoisier gefundenen, für richtig an, obgleich es offenbar auch noch zu hoch ist, da die an einem Gasometer ausgeathmete Quantität von Luft offenbar gröfser ist als die, welche in dem gewöhnlichen ruhigen Zustande des Athmens abgegeben wird, so werden in einer Minute 13 Par. Kubikzoll Kohlensäure von einem Menschen ausgeathmet. Nimmt man nun ferner an, dafs bei jedem Herzschlage eine Unze Blut gefördert wird, so ergibt sich, dafs bei 75 Herzschlägen in der Minute eben so viel Unzen oder nahe 5 Pfund Blut in dieser Zeit durch die Lungen gehen. Diefs ist wohl die geringste Menge, die man annehmen kann, da es wahrscheinlich ist, dafs gegen 10 Pfund in der Minute durch die Lungen gehen ¹). Von diesen 5 Pfund Blut müfsten also jene 13 Kubikzoll abgegeben werden, oder von jedem Pfunde 2,6 Kubikzoll, und wenn man 10 Pfund annimmt, 1,3 Kubikzoll. Nun aber ist oben (S. 601) gezeigt worden, dafs das Blut wenigstens $\frac{1}{2}$ seines Volums an Kohlensäure enthalte, und da ein Pfund etwa 25 Kubikzoll beträgt, so würden also in jedem Pfunde venösen Blutes mindestens 5 Kubikzoll Kohlensäure enthalten seyn, wovon also sehr gut jene 2,6 oder 1,3 Kubikzoll bei der Umwandlung in arterielles abgegeben werden können. Es ist also auch in sofern die aufgestellte Theorie des Athmens bestätigt, als die Versuche gezeigt haben, dafs die im Blute enthaltene Kohlensäure mehr als hinreichend ist, um die beim Athmen beobachtete Menge derselben zu liefern.

1) Müller's Handbuch der Physiologie, Bd. I S. 325.