Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Beiträge zur Pneumatologie des Blutes.

Von **J. Setschenow** aus Moskau.

(Vorgelegt von Prof. K. Ludwig am 9. Juni 1859.)

(Mit 1 Tafel und 1 Holzschnitt.)

In Bezug auf die Frage der Absorption des Sauerstoffs durch das Blut ist schon Manches gethan. L. Meyer in seiner vortrefflichen allgemein bekannten Abhandlung „Über die Gase des Blutes" hat den wichtigen Satz aufgestellt, dass diese Erscheinung, weit entfernt dem Dalton'schen Gesetze zu folgen, zwischen gewissen Grenzen fast unabhängig vom Drucke geschieht und nur von der Zusammensetzung des Blutes abhängig ist. Fernet *(du role des principaux éléments du sang dans l'absorption ou le degagement des gaz de la respiration. Ann. des sciences nat. IV. série. Tom 8. 1857)* that einen Schritt weiter: er zerlegte das Blut in seine Hauptbestandtheile und bestimmte experimentell den Einfluss, welchen jeder einzelne auf die Absorptionsgrösse des Sauerstoffs ausübt. Wenn man zu dem Gesagten noch hinzufügt, dass beide Gelehrte solche Absorptiometer construirt haben, welche ziemlich genaue Resultate geben[1]), so könnte man denken, dass durch die beiden Arbeiten alle Mittel gegeben worden sind, die absoluten Absorptionsgrössen für Sauerstoff im Blute in jedem einzelnen Falle sehr genau bestimmen zu können. Dem ist aber nicht so; die zu diesem Zwecke von L. Meyer und Fernet angestellten Versuche sind beiden misslungen. Der letzte bekam in zwei von ihm veröffentlichten Fällen (l. c. S. 208) als absolute Absorptionsgrössen 12·37 und 12·36 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Blut; dagegen gab ihm die Analyse der aus dem arteriellen Blute gewonnenen Gase von 15·7

[1]) L. Meyer hat bekanntlich mit seinem Apparate den Absorptionscoëfficienten für CO_2 im Wasser sehr nahe dem Bunsen'schen gefunden.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

bis 20·2 Vol. O auf dieselbe Blutmenge (S. 213). Diesen Unterschied lässt er nicht unbeachtet und macht sonderbarerweise die Bemerkung dazu (S. 213), dass die letzten Zahlen kleiner seien als diejenigen, welche durch das Schütteln des gasfreien Blutes mit Sauerstoff bekommen worden sind. L. Meyer blieb mit seinen Versuchen so unzufrieden (er bekam einmal als Absorptionsgrösse auf 100 Vol. Blut 9 Vol. O, das andere Mal 20 Vol. O), dass er sogar die directe Methode zur Bestimmung der absoluten Absorptionsgrössen verwarf und an deren Stelle das indirecte Verfahren des Blutauskochens empfahl. (Die Gase d. Bl. Götting. 1857, S. 56.) Als Fehlerquellen des directen Verfahrens bezeichnet er das nicht vollständige Auspumpen der Gase aus dem Blute, das Wiedereindringen von Luft in das luftleere Blutgefäss u. s. w. Was die erste Fehlerquelle betrifft, so ist leicht zu bemerken, dass auch das Verfahren des Auskochens damit in eben so hohem, wenn nicht höherem Grade behaftet ist. Die zweite Fehlerquelle ist aber durch Vorsicht immer zu beseitigen, dafür sprechen ja die Resultate seines eigenen Versuches mit der Absorption der Kohlensäure im Wasser. Eine grosse Anzahl von Versuchen mit dem Meyer'schen Absorptiometer, welche ich in dem Laboratorium von Professor Ludwig anstellte, setzte mich in den Stand der Ursache der grossen Schwankungen in den Absorptionsgrössen für Sauerstoff im Blute, welche L. Meyer erhielt, auf die Spur zu kommen. Es stellte sich nämlich heraus, dass diese Schwankungen nicht in der Mangelhaftigkeit des Absorptiometers, sondern in dem Blute selbst und hauptsächlich in der Art und Weise wie dieses von Gasen befreit wird, ihren Grund haben.

Die oben angeführten Abhandlungen von L. Meyer und Fernet enthalten keine bestimmte Antwort darauf, wie lange das Auspumpen der Gase aus dem Blute fortgesetzt werden soll, damit man sicher sei, dass es gasfrei ist. Fernet glaubt blos dessen sicher zu sein, weil seine Absorptionsversuche so sehr mit einander übereinstimmen. L. Meyer nimmt einmal als Regel an, das Auspumpen eine halbe Stunde nach dem Beginne des grossblasigen Kochens fortzusetzen, das andere Mal pumpt er die Gase noch eine geraume Zeit nach dem Verschwinden der rothen Farbe des Blutes aus. Es ist leicht einzusehen, dass in unserem Falle mit der Angabe über die Zeitdauer des Auskochens noch gar nichts gesagt ist, so lange man die Grösse der kochenden Oberfläche, das Verhältniss zwischen dem Rauminhalte

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

des Vacuums und dem Volumen des Blutes und die Temperatur des letzteren nicht angegeben hat. Das Anzeichen, dass das Blut gasfrei ist, soll vielmehr durch eine Eigenschaft des Blutes selbst gegeben werden, und erst wenn so ein Merkmal gefunden, bekommt die Bestimmung der absoluten Absorptionsgrössen einen Halt. Dieses Merkmal glaube ich gefunden zu haben. Um es aber schärfer hervorzuheben, erlaube ich mir die Erscheinungen, welche das im Vacuum kochende Blut darbietet, etwas weitläufiger als es bis jetzt geschehen, zu besprechen.

Die Entwickelung der Gase aus dem Blute ist mit dem Schäumen desselben verbunden. Der Schaum ist zuerst feinblasig, die Blasen platzen schwer und entwickeln sich fortwährend. Bei weiterem Auspumpen werden die Blasen allmählich grösser und nicht so zähe, das Blut kocht aber nicht mehr ununterbrochen; der Manometer an der Luftpumpe zeigte manchmal nicht über 5 Millim. Spannung (zwischen dem Blutrecipienten und der Luftpumpe befindet sich ein Chlorcalciumrohr) und das Blut stand ruhig. Eine leichte Erschütterung macht dieser Ruhe gewöhnlich ein Ende. Allmählich hört das Schäumen des Blutes auf; dann wird die Flüssigkeit durch die sich entwickelnden Dampfblasen von Zeit zu Zeit in ihrer ganzen Masse emporgehoben, beim Herabfallen zeigt sie aber eine von Schaum ganz freie Oberfläche. Die Kugelröhren, welche zwischen dem Blutrecipienten und dem Chlorcalciumrohre sich befinden, enthalten ebenfalls keinen Schaum mehr [1]). Ihre Wände sind alsdann mit einer so dünnen Blutschicht benetzt, dass sie grün gefärbt erscheinen. In einer Schicht von 2—3 Cent. betrachtet, hat aber das Blut zu dieser Zeit noch einen merklichen Stich in's Rothe.

Lange Zeit habe ich die so weit ausgepumpte Flüssigkeit für gasfrei gehalten, dazu glaubte ich durch die Abwesenheit des Schaumes beim Kochen derselben berechtigt zu sein. Die mit solchem Blute angestellten Versuche gaben mir dieselben Absorptionsgrössen für Sauerstoff, wie sie Fernet und auch L. Meyer in seiner ersten Versuchsreihe bekommen hatten. Einige von meinen Versuchen führe ich an. Das Blut war von Hunden und immer aus der *Art. carotis* genommen; nach dem Schütteln mit Sauerstoff erlangte es die hellrothe arterielle Farbe immer wieder.

[1]) Ich erwähne dieses Umstandes desswegen, weil, wie wir später sehen werden, die Anwesenheit von Schaum in diesen Röhren nach Beendigung des Auspumpens in die Absorptionsversuche einen Fehler einführt, der nicht berechnet werden kann.

	1. Versuch		2. Versuch		3. Versuch		4. Versuch		5. Versuch		6. Versuch	
	vor der Absorption	nach der Absorpt.	vor der Absorption	nach der Absorption	vor der Absorption	nach der Absorption	vor der Absorption	nach der Absorption	vor der Absorpt.	nach der Absorpt.	vor der Absorption	nach der Absorption
Volumen des Blutes.	67·815	67·815	62·918	62·918	73·299	73·299	83·767	83·767	71·131	71·131	67·255	67·255
Beob. Vol. des Gases	142·65	139·46	133·88	129·37	150·67	146·68	124·44	118·54	132·11	128·00	138·93	135·56
Temperatur	15·9° C.	16° C.	11·4° C.	11·8° C.	19·25° C.	19·5° C.	19·75° C.	19·75° C.	18° C.	18° C.	18·6° C.	18·6° C.
Druek in Meter	0·522	0·4865	0·4539	0·4079	0·5192	0·4792	0·4894	0·4249	0·4643	0·4213	0·5163	0·4783
Vol. d. Gas. red. auf 0° und 1 M. Dr.	70·369	64·09	58·361	50·385	73·089	65·605	56·805	46·980	57·548	50·593	67·156	60·705
Absorptions - Grösse für 0 auf 100 Th. Blut	9·295		12·359		10·21		11·49		9·777		9·59	

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Es ist bekannt, dass das Vacuum allein nicht hinreichend ist, um das Blut gasfrei zu machen; die Flüssigkeit muss zugleich wenigstens bis zur Temperatur unseres Körpers erwärmt werden. Ich wusste es und unterliess beim Auspumpen nie das Blut bei einer Temp. von 35°—45° C. zu halten. Wusste aber nicht, dass beim Sinken dieser Temperatur das Blut, welches zwar des grösseren Theiles seiner Gase beraubt, doch bei weitem nicht gasfrei ist, die Fähigkeit besitzt ohne Schäumen zu kochen. Diese Erfahrung machte ich erst später und dadurch hat sich das Nichtschäumen des kochenden Blutes als ein ungenügendes Merkmal für das Vorhandensein der Gase im Blute erwiesen. Ich habe nämlich bemerkt, dass wenn man das Blut inmitten des Auspumpens zu erwärmen aufhört und weiter auspumpt, so kommt endlich der Zeitpunkt, wo es ohne Schaum kocht; man braucht aber die Flüssigkeit von Neuem zu erwärmen und es fängt wieder an zu schäumen.

Das weitere Auspumpen führte mich endlich zu dem gewünschten Ziele. Ich bekam gasfreies Blut [1]) (nur so zu verstehen, dass in dem Blute blos Spuren von Gas bleiben, welche die Absorptionsgrössen kaum beeinflussen) und zugleich damit eine in die Augen springende Veränderung an demselben. Das Blut nahm, in einer Schicht von 2—3 Cent. betrachtet, eine vollständig schwarze Farbe an. Es muss sogleich bemerkt werden, dass, wenn das Auspumpen nahe an diesem Punkt unterbrochen wird, die schwarze Farbe nichts desto weniger in 5—10 Minuten von selbst eintritt, ohne dass dabei eine sichtbare Gasentwickelung stattfände. In den gleich mitzutheilenden Versuchen mit dem bis zu diesem Grade ausgepumpten Blute, war dasselbe wie früher von Hunden und aus der Carotis genommen.

---

[1]) Den Beweis dafür siehe pag. 310.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

	1. Versuch		2. Versuch		3. Versuch		4. Versuch	
	vor der Absorption	nach der Absorption	vor der Absorption	nach der Absorption	vor der Absorption	nach der Absorption	vor der Absorption	nach der Absorption
Vol. d. Blutes	76·021	76·021	71·27	71·27	69·564	69·564	67·73	67·73
Beobacht. Vol. des Gases	152·17	145·57	149·57	141·35	146·43	137·18	153·00	140·42
Temperatur	17·5° C.	17·5° C.	16·6° C.	16·8° C.	18·2° C.	18·3° C.	16·1° C.	16·2° C.
Druck	0·6024	0·5359	0·4834	0·4069	0·5044	0·4315	0·4936	0·4397
Vol. d. Gases red. auf 0° u. 1 Met. Druck	86·149	73·315	68·161	54·197	69·246	55·476	71·322	58·291
Absorptionsgrösse für 8 auf 100 Th. Bl.	16·882		19·594		19·794		19·241	

Von den Absorptionsgrössen dieser Tabelle ist die erste der von L. Meyer in seiner 2. Versuchsreihe erhaltenen (die Gase des Blutes S. 55) ziemlich gleich, die drei andern übertreffen sie beträchtlich. Die erste, obgleich geringer als die übrigen, übertrifft jedoch die von Fernet, L. Meyer und mir gefundenen Maximalwerthe für O im normalen arteriellen Blute (von 12 — 15 Vol. %). Es wird also Niemand zweifeln, dass die Zahlen meiner 2. Tabelle den wahren Absorptionsgrössen viel näher als die der ersten stehen.

Ich wage aber nicht zu behaupten, dass sie in der That wahre Absorptionsgrössen ausdrücken, weil in keinem Versuche der zweiten Tabelle das Blut nach dem Schütteln mit Sauerstoff die dem arteriellen Blute eigene hellrothe Farbe wieder erlangte, sondern dunkelroth blieb. Worin diese merkwürdige Thatsache ihren Grund hat, bleibt zu erforschen. Jetzt lässt sich darüber nur so viel sagen, dass sie nicht etwa durch das ungenügende Schütteln des Blutes mit Sauerstoff bedingt war; denn bei den Versuchen der 1. Tabelle, wo das Schütteln auf dieselbe Weise geschah, kam die Thatsache doch nie zum Vorschein. Ausserdem habe ich zweimal das Blutgefäss nach beendeter Sauerstoffabsorption von dem Manometer getrennt und mit atmosphärischer Luft möglichst stark geschüttelt, — die hellrothe Farbe blieb immer aus.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Keinenfalls scheint diese Erscheinung von dem Wasserverluste abzuhängen, welchen das Blut beim Auspumpen der Gase erleidet; denn einmal habe ich diesen Verlust vor der Absorption compensirt, das Blut blieb nichtsdestoweniger nach dem Schütteln mit Sauerstoff dunkelroth.

Es sei dem aber wie ihm wolle, die Absorptionsversuche können nur mit dem Blute, welches bis zur vollständig schwarzen Farbe ausgepumpt war, angestellt werden, denn nur bei dieser Bedingung hat man die Gewissheit mit einer gasfreien Flüssigkeit zu experimentiren. Dazu muss aber das Kochen des Blutes verhältnissmässig sehr lange fortgesetzt werden, und dieser Umstand führt in die Absorptionsversuche mit dieser Flüssigkeit eine neue Fehlerquelle ein. Ich wende mich jetzt zur Erläuterung derselben.

Beim Auspumpen der Gase verliert das Blut nothwendig einen Theil seines Wassers. Ausserdem bleibt nach Beendigung dieser Operation ein Theil des Blutes in den zur Vergrösserung des Vacuums dienenden Kugelröhren zurück. Diese beiden Übelstände sind der Aufmerksamkeit von L. Meyer natürlich nicht entgangen; er erwähnt ihrer, bestimmt aber die Grössen derselben nicht (l. c. S. 23), weil bei ihm immer eine ziemliche Quantität Blut als Schaum in den Kugelröhren zurückbleibt. Bei mir ist glücklicher Weise diese letztere Quantität so unbedeutend, dass sie kaum die Grenzen der Ablesungsfehler in einem so weiten Rohre, wie das blutführende ist, überschreitet und folglich vernachlässigt werden kann [1]). Dadurch war ich im Stande den Wasserverlust zu bestimmen. Das kann auf zwei verschiedene Weisen gemacht werden:

1. Man liest das Volumen des Blutes vor und nach dem Auspumpen ab; die Differenz zwischen beiden ist dem Volumen des verloren gegangenen Wassers gleich.

2. Man schiebt zwischen den Blutrecipienten und die Luftpumpe ein gewogenes Chlorcalciumrohr ein, welches nach dem Auspumpen wieder gewogen wird; die Differenz zwischen beiden Gewichten gibt den Wasserverlust an.

Obwohl das letztere Verfahren das genauere ist, so habe ich doch das erstere seiner grossen Einfachheit wegen bei einer für meine Zwecke genügenden Genauigkeit vorgezogen.

---

[1]) So lange man das Schäumen des kochenden Blutes nicht zu verhindern weiss, ist die vollständige Beseitigung des Blutverlustes beim Auspumpen der Gase aus dieser Flüssigkeit unmöglich.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Es ist leicht einzusehen, dass die Grösse des Wasserverlustes sehr variabel ist, wenn man auch stets mit fast denselben Blutmengen und denselben Apparaten arbeitet, wo also die Verhältnisse zwischen dem Blutvolumen und dem Rauminhalte des Vacuums fast dieselben bleiben. In meinen Versuchen habe ich als Extreme für die Grösse des Wasserverlustes $1/25$ und $1/15$ des angewandten Blutvolumens gefunden. Die Vernachlässigung solcher Wasserverluste führt nothwendig einen Fehler in die Zahlen für die absoluten Absorptionsgrössen ein. Wie gross übrigens diese Fehler sein können, mag folgender Absorptionsversuch mit Sauerstoff im Blute zeigen. Der Wasserverlust hat hier einen Maximalwerth.

	Vor d. Ausp.	Nach d. Ausp.	
Vol. d. Blut.	67·73	63·64	Wasserverl. = 4·09.

	Auf. Vol. d. Gas.	Temp.	Dr.	Red. Vol. d. Gas.	
Vor d. Absorpt.	153·00	16·1° C.	0·4936	71·322	Volumenabnahme
Nach d. Absorpt.	140·42	16·2° C.	0·4397	58·291	d. Gas. = 13·031

Die wegen der Absorption entstandene Volumenabnahme des Gases kann bezogen werden:

1. Auf das Volumen des Blutes nach dem Auspumpen, wie es L. Meyer macht;

2. auf das Volumen des Blutes vor dem Auspumpen ohne Berücksichtigung des Wasserverlustes und

3. mit Berücksichtigung desselben.

Im ersten Falle vernachlässigt man die aus dem Wasserverluste entstehende grössere Concentration des Blutes, wodurch die auf 100 Theile desselben berechneten Absorptionsgrössen höher als die wahren ausfallen. In unserem Beispiele ist die so berechnete Absorptionsgrösse für Sauerstoff = 20·476.

Im zweiten Falle würde sie = 19·241 sein. Es ist klar, dass die letzte kleiner als die wahre ist, nämlich um die Menge Sauerstoff, welche von dem verloren gegangenen Wasser bei 16·2° C. und 0·4397 Millim. Dr. absorbirt werden würde, dividirt durch das Verhältniss des angewandten Blutvolumens zu 100. Die Sauerstoffmenge, welche das verloren gegangene Wasser absorbirt hätte, ist leicht zu berechnen (Bunsen's Gasometr. Method. S. 137, Formel 2); sie ist in unserem Beispiele = 0·034. Dieses Gasvolumen gilt für 0° C. und 760 Millim. Dr. Auf 1 Met. Dr. berechnet (alle Gasvolumina sind in unserem Versuche darauf reducirt) ist es = 0·026. Diese

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Grösse zu der beobachteten Volumenabnahme des Sauerstoffs hinzuaddirt, gibt die Zahl 13·057, woraus die Absorptionsgrösse auf 100 Theile Blut, berechnet = 19·278, hervorgeht.

Es ist kaum nöthig zu sagen, dass die letzte Zahl der wahren Absorptionsgrösse viel näher als die zwei ersten; sie unterscheidet sich davon nur um die Sauerstoffmenge, welche das verloren gegangene Blut absorbirt hätte, folglich müssen bei den Absorptionsversuchen die nach der Absorption beobachteten Volumenabnahmen der Gase immer auf das Volumen des Blutes vor dem Auspumpen und mit Berücksichtigung des Wasserverlustes bezogen werden. Die letzte Correction darf nur bei den zum Vergleichen anzustellenden Versuchen und wo zugleich das Gas einen sehr niedrigen Absorptions-Coëfficienten für Wasser besitzt (wie Stickstoff z. B.), vernachlässigt werden. Dagegen ist das directe Beziehen der nach der Absorption beobachteten Volumenabnahme des Gases auf das nach dem Auspumpen zurückbleibende Volumen des Blutes in jedem Falle zu verwerfen.

Mit Beziehung auf die Methode erlaube ich mir schliesslich noch folgendes. In allen angeführten, so wie in den gleich zu besprechenden Absorptionsversuchen wurde die Klemme, welche das Blutgefäss von dem Manometer trennt, gleich nach dem Einführen des Gases in den Apparat geöffnet, darauf das Volumen des Gases abgelesen. Folglich sind alle meine Versuche frei von dem Fehler, welchen L. Meyer in seiner „Dissert. de sanguine oxyd. carb. inf., Vratisl. MDCCCLIII., pag 4“ angegeben hat.

Die Ablesung des Quecksilberstandes in dem Absorptiometer, so wie in den Absorptionsröhren geschah unter Wasser von constanter Temperatur und zwar in dem Behälter, dessen Beschreibung man in W. Müller's Beitr. zur Respiration findet. Berichte der Wiener k. Akad. d. Wissensch. XXXIII. Band, Jahrg. 1858.

Jetzt führe ich meine Absorptionsversuche mit Stickstoff im Blute an. Das Gas wurde aus der von Kohlensäure und Ammoniak befreiten atmosphärischen Luft durch Leitung derselben über glühende Kupferspäne dargestellt. Bei Prüfung des Gases auf seine Reinheit diente mir als Reagens für Sauerstoff pyrogallussaures Kali, dessen unmittelbare Bestandtheile getrennt von einander in das Absorptionsrohr eingeführt worden waren. Dabei trat weder eine Contraction des Gasvolumens noch eine Veränderung in der

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Farbe der eingeführten Lösung ein. Auch das Blut blieb nach dem Schütteln mit dem gewonnenen Gase vollständig schwarz.

1 Versuch.

	Vol. d. Blut.	Beob. V d. Gas.	Temp.	Dr.	Red. Vol. d. G.	
Vor d. Absorpt.	77·069	147·45	16·6° C.	0·4449	61·844	100 Th. Bl. haben
Nach d. „	77·069	146·36	16·8° C.	0·433	59·703	abs. 2·778 Th. N.

2. Versuch.

Vor d. Absorpt.	65·748	161·46	18·4° C.	0·5353	80·975	100 Th. Blut haben 4·71 Th. N. bei schwächerem und 5·145 bei stärkerem Druck absorbirt.
Nach d. „	65·748	159·914	18·5° C.	0·52	77·878	
Druck verstärkt	65·748	136·157	18·5° C.	0·6085	77·592	

Die Schwierigkeiten, mit denen man bei diesen Versuchen zu kämpfen hat, sind gross genug, um die angeführte geringe Zahl derselben zu rechtfertigen. Auch stecken hinter diesen wenigen viele andere, die misslungen sind. Die gelungenen glaubte ich aber schon desshalb anführen zu müssen, weil bis jetzt so gut wie gar keine Absorptionsversuche mit Stickstoff im Blute existiren. Übrigens erlaube ich mir aus diesen zwei Versuchen nur einen einzigen Schluss, dass nämlich die Absorptionsgrössen des Stickstoffes für das Blut beträchtlicher als für das Wasser sind. Dieses würde ich schon aus der Arbeit von Magnus abgeleitet haben, der im arteriellen Blute von Pferden 2 — 3 Vol. % *N* fand, wenn ich nicht die entsprechenden Grössen im arteriellen Blute von Hunden viel geringer (1·2 — 1·3 Vol. %, siehe später) gefunden hätte. Aber auch meine Zahlen aus frischem Hundeblut widersprechen dem Gesagten nicht, wenn man berücksichtigt, dass dieselben für eine Flüssigkeit von 35° — 40° C. gelten, und dass diese Flüssigkeit in der Lunge mit einem Gasgemenge, wo die partiäre Pressung des Stickstoffs gewiss nicht $^3/_4$ des mittleren Barometerstandes übertrifft, in Berührung war. Der gemachte Schluss nun, im Verein mit der von Fernet gefundenen Thatsache, dass das Serum in Bezug auf die Stickstoffabsorption sich wie das Wasser verhält, macht es höchst wahrscheinlich, dass bei diesem Processe im Blute sich auch die Blutzellen an demselben betheiligen.

2.

Dem Wunsche des Herrn Prof. Ludwig folgend, unternahm ich die Bestimmung der Gase im Blute des erstickten Thieres. Die erste Aufgabe dabei war die Vervollkommnung des Verfahrens die

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Gase aus dem Blute zu gewinnen. Von den dafür existirenden Methoden ist die durch L. Meyer ein wenig modificirte Baumert'sche unstreitig die beste, weil sie das Erwärmen des im Vacuum kochenden Blutes zulässt, und somit beide zum Austreiben der Gase aus dem Blute nöthigen Bedingungen erfüllt. Dieses Verfahren, so schön und so einfach für das Sammeln der im Wasser aufgelösten Gase, ist indessen in seiner Übertragung auf das Blut mangelhaft.

1. Wer die Gase aus dem Blute auszupumpen Gelegenheit hatte, weiss aus Erfahrung, dass, wenn das Blutvolumen und der Rauminhalt des Vacuums beinahe gleich sind, das letzte vielleicht 20 Mal erneuert werden muss um gasfreies Blut zu bekommen, vorausgesetzt, dass die Flüssigkeit bei einer Temperatur von 35°—45° C. gehalten wird. Beim Gewinnen der im Wasser aufgelösten Gase durch Kochen braucht bekanntlich der Rauminhalt des Vacuums nicht einmal so gross wie das Volumen der Flüssigkeit zu sein.

Der Grad, warum das beim Wasser anwendbare Verfahren hier im Stich lässt, kann gesucht werden in verschiedenen Umständen. Zuerst kann man das Wasser auf 100 Grad erhitzen, das Blut aber kann unter keinen Umständen über 60 Grad erwärmt werden; ist doch schon dieser Wärmegrad bedenklich genug. Ferner gerathen wahrscheinlich bei jener Temperatur und bei einem nicht sehr niedrigen Gasdruck die in den Blutkörperchen enthaltenen Flüssigkeiten nicht in's Kochen. Endlich, und das scheint namentlich auf die Ausscheidung der CO_2 zu wirken, zieht das alkalisch reagirende Blut aus einer Atmosphäre, von sehr niedrigem Druck noch CO_2 an. Der Einfluss der alkalischen Reaction ist vorzugsweise daraus zu erkennen, dass nach Neutralisation des Blutes durch Weinsäure die CO_2 auch im beschränkten Raume ausgekocht werden kann. Da nun in dem Apparat von Lothar Meyer der Rauminhalt des Vacuums kleiner als das Volumen der Flüssigkeit war, so konnte dieser Umstand nicht ohne Einfluss auf die Resultate der Versuche bleiben. Die Beseitigung dieses Mangels mit Beibehaltung des Flüssigkeitsvolumens würde dem Apparate so riesige Dimensionen geben, dass er schwer zu handhaben wäre. Das Nichtverdünnen des Blutes mit Wasser (also die Verminderung des Flüssigkeitsvolumens) mit Beibehaltung aller übrigen Dimensionen des Apparates würde einen anderen Übelstand, nämlich das Eindringen des Blutes in Form von Schaum in den Gasrecipienten, zur Folge haben.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

2. In einem stark mit Wasser verdünnten Blute hat man gar kein Kriterium zur Beurtheilung, ob es gasfrei geworden ist; somit ist die Zeit der Unterbrechung des Auskochens mehr oder weniger der Willkür überlassen.

Diese Hauptübelstände bestimmten mich nach einigen mit dieser Methode angestellten Versuchen dieselbe zu verlassen. Ich schlug Herrn Professor Ludwig das Toricell'sche Vacuum als Princip des Apparates vor, da dieses sehr leicht zum Verschwinden gebracht und erneuert werden kann. Der folgende nach diesem Principe construirte Apparat ist in allen seinen Details nach der Angabe von Professor Ludwig verfertigt.

Es ist Fig. 1 ein U-förmiges Rohr, $A\ A_1\ E\ B\ B_1\ B_2$ dessen Krümmung EE aus Gusseisen, dessen verticale Schenkel aus einzelnen mit Kautschuk unter einander verbundenen Glasröhren bestehen. Die unteren Glasstücke der beiden Schenkel sind in die eisernen Fassungen M und M_1 luftdicht eingekittet; diese sind vermittelst der in ihnen befindlichen Mutterschrauben an das krumme Rohr EE angeschraubt. Der Schenkel AA_1 besteht aus zwei Glasstücken, das freie Ende A des oberen ist mit einem Kautschukrohr versehen, welches mit einer Meyer'schen Klemme [1]) geschlossen werden kann. Dieser Schenkel dient theilweise zum Füllen des Apparates mit Quecksilber, hauptsächlich aber zum Comprimiren der aus dem Blute gewonnenen Gase vor ihrer Einführung in den Gasrecipienten. Der letzte ist durch das Glasrohr B_2 repräsentirt; es ist nichts weiter als ein in Millimeter getheiltes und kalibrirtes Absorptionsrohr, wie es bei der Gasanalyse gebraucht wird. Das mittlere (B_1) und untere (B) Glasstück des Schenkels BB_2 umgrenzen das Vacuum des Apparates; beide sind mit offenen Querröhren C und D versehen. D ist beinahe in der Mitte der Längsdimension des Rohres B_1 angebracht, trägt an seinem freien Ende ein Kautschukrohr, welches durch die Klemme e geschlossen werden kann, und dient unter gewissen Umständen zum Füllen des Apparates mit Quecksilber. Der Querfortsatz C nimmt das Kautschukrohr auf; welches den Blutrecipienten F mit dem Apparate in Verbindung bringt. — Das krumme eiserne Rohr EE hat in der Mitte des Bogens ein Abzugsrohr G aus demselben

[1]) Alle Klemmen, von denen bei der Beschreibung dieses Apparates die Rede sein wird, sind ohne Ausnahme die Meyer'schen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Metall; seine unmittelbare Fortsetzung (Fig. 2) stellt das Glasrohr *K* dar. Das letzte hat an seinem unteren Rande ein Kautschukrohr mit der Klemme *c*. Die Länge des Abzugsrohres ist so gross genommen, dass ihre verticale Projection ungefähr der Höhe des mittleren Barometerstandes gleich ist.

Wenn man sich nun die beiden Öffnungen des Schenkels $B\,B_2$ so wie die Klemmen *b* und *c* geschlossen und den Apparat von der Klemme *b* bis zum Gipfel des Gasrecipienten, so wie das ganze Abzugsrohr mit Quecksilber gefüllt denkt, so bildet das Röhrensystem von B_2 bis *c* eine ununterbrochene Quecksilbersäule, deren Höhe die dem mittleren Barometerstande entsprechende weit übertrifft. Man braucht also nur das untere Ende des Abzugsrohres *K* in Quecksilber einzutauchen und die Klemme *c* zu öffnen, so entsteht sogleich in dem Schenkel $B\,B_2$ ein Vacuum, dessen untere Grenze bis unterhalb des Querrohrs *C* gelegt werden kann.

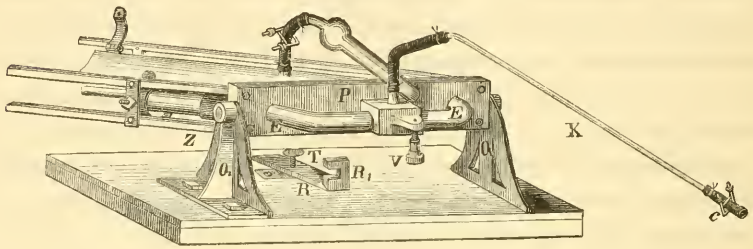
Die bis dahin geschilderten Röhren werden von einem starken Gestell aus Eisen getragen; dieses letztere ruht in einem eisernen Lager, das mit einem starken Tisch unverrücklich verschraubt ist. Das Gestell mit den Röhren kann in dem Lager um mehr als 250 Grad gedreht und in jeder beliebigen Stellung, gehörige Unterstützung vorausgesetzt, niedergelegt werden. In der senkrechten Lage kann es durch eine eigene Vorrichtung festgehalten werden. Die einzelnen Stücke dieser letzteren sind im Folgenden beschrieben.

Das Gestell besteht aus einer viereckigen Platte *P* von starkem Eisen; sie ist zweimal durchbohrt, für die Enden des gebogenen Eisenstückes *EE* der U-förmigen Röhre. Sind die Muttern MM_1, die am Ende der senkrechten Schenkel der letzten Röhre angebracht sind, fest angezogen gegen die Schraubenspindeln an den Enden des gebogenen Rohres *EE*, so ist der eiserne Theil des U-förmigen Rohres in der Platte festgestellt. Von den vier Ecken der oberen Plattenfläche gehen vier starke Stangen von Schmiedeisen aus, je zwei je einem senkrechten Schenkel des U-förmigen Rohres gegenüber. Die zwei derselben, welche an der Seite des Blutgefässes aufsteigen, sind bei *SS* ausgebogen, entsprechend der Länge des Querrohres *C*; ohne dies würde das Rohrstück *B* nicht angeschraubt werden können, weil das Querrohr *C* an die Eisenstangen anstiesse. Eine der eisernen Stangen, auf derselben Seite, ist länger als die übrigen, entsprechend dem Maassrohr B_2. Die Stangen sind da, wo die drei kürzeren

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

enden, mit einem langen und zwei kurzen Querstäben versehen, um die Beweglichkeit zu mindern. An passenden Orten sind acht, auf und ab verschiebbare Halter angebracht; die beiden Backen ihrer Griffe sind mit Leder und Kork gefüttert; die Halter sichern die Lage der Glasröhren in jeder, vorzüglich aber in der horizontalen Stellung des Apparates; ihr Bau u. s. w. ist selbstverständlich.

Fig. 2.



Das Lager, in welchem sich das Gestell dreht, besteht aus zwei gegossenen eisernen Ständern *QQ*, Fig. 2. Jeder derselben ist durch zwei den Tisch durchbohrende eiserne Schraubenspindeln, die durch die Tischplatte und in Muttern laufen, angeschraubt. Am freien Ende trägt jeder Ständer einen breiten Ring; in diesen Ring passen genau zwei starke cylindrische Zapfen *ZZ*, die aus der Eisenplatte *P* des Gestelles hervorgehen. Vor der Befestigung der Ständer an den Tisch müssen die Zapfen erst in ihre Lager gebracht werden. Ist dieses geschehen und sind dann die Ständer angeschraubt, so bewegt sich das Gestell mit vollkommener Sicherheit.

Um das Gestell in der aufrechten Lage zu erhalten, dient das in den Tisch geschraubte rechtwinkelige Eisenstück *R* (Fig. 2). Der horizontale Arm des rechtwinkeligen Stückes kann mit der Schraube *T* an den Tisch befestigt und nach Loslassung derselben um *T* bewegt werden. Der aufsteigende Schenkel von *R* trägt einen Schlitz, in diesen passt der geköpfte Zapfen *V*, welcher aus dem herabhängenden Backen der Verdickung des Rohres *E* hervorgeht. Auch dieser Zapfen kann in den Backen mehr oder weniger tief eingeschraubt werden. Die aufrechte Stellung ist also gesichert, wenn der Zapfen *V* in den Schlitz R_1 passt und wenn die Schrauben an *V* und *T* scharf angezogen sind. — Fig. 1 gibt den Apparat in stehender, Fig. 2 in liegender Stellung. Es drehen sich, wie man sieht, das Gestell und die zugehörigen Röhren so in dem Lager,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

dass die Querröhren *C* und *D* senkrecht gegen die Drehungsaxe gerichtet sind; hiedurch wird es möglich, sie zu den am tiefsten und am höchsten stehenden Stücken des Apparates zu machen.

Der Blutrecipient *F*, Fig. 1, hat dieselbe Form wie das Blutgefäss von L. Meyer in seinen Absorptionsversuchen, nur ist hier der Hals rechtwinkelig gebogen. Der Hals ist in Millimeter getheilt und der Rauminhalt des Gefässes bis zu jedem Theilstriche bekannt.

Die absoluten und relativen Dimensionen des Apparates sind durch folgende Momente bestimmt. Der Rauminhalt des Blutrecipienten ist etwas über 100 K. Centim. genommen, der Rauminhalt der Röhren *B* und B_1 ist 4—5 Mal so gross. Der Gasrecipient, ohne die für die Absorptionsröhre gewöhnliche Weite zu überschreiten, umfasst circa 55 K. Centim. Das Rohrstück A_1 ist kürzer als *B*, sein ausgezogener Theil liegt um ein paar Centimeter höher als der Querfortsatz *C* über der Platte *P*; der Grund hiervon wird später klar. Die Länge des Rohres *A* ist durch die Bedingung gegeben, dass die Höhe des Schenkels AA_1 wenigstens der gesammten Höhe der Röhren BB_1 gleich sein soll, denn nur unter dieser Bedingung können die aus dem Blute gewonnenen Gase vor ihrer Einführung in den Gasrecipienten bis zu der dem vorhandenen Barometerstande gleichen Spannung zusammengepresst werden. Was nun die Weite der Glasröhren betrifft, so ist es vortheilhaft dieselbe für die Stücke *B* und B_1 möglichst gross zu nehmen, damit die Quecksilbersäule B_2 *C* nicht allzu hoch wird. Die Röhren AA_1 sollen eben so weit oder nur wenig enger als die Stücke BB_1 sein, um die Compression des Gases möglichst schnell zu bewerkstelligen. Die ausgezogenen Enden der Glasstücke, worauf die verbindenden Kautschukröhren angebunden werden, sind 4—5 Centim. lang. Alle Glasröhren haben eine Wandstärke von mindestens zwei Millimeter und die weiteren Kautschukröhren von mindestens 5 Millimeter. Die letzteren müssen wenigstens sieben Stunden in geschmolzenem Talge bei der Temperatur von 100 Grad C. gehalten werden. Dadurch verlieren sie etwas an Elasticität, schliessen aber dafür vollkommen luftdicht. Zur Erreichung desselben Zweckes in dem zusammengestellten Apparate müssen die todten Schraubengänge der Fassungen MM_1 von aussen zugekittet werden. Ich habe dazu eine geschmolzene Mischung aus gleichen Gewichtstheilen von Wachs und Kolophonium gebraucht; die Masse eignet sich für solche Zwecke sehr gut. Alle Kautschuk-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

röhren müssen vor dem Gebrauch des Apparates durch eine vielfach umgeschlungene und gebundene Schnur auf das Glas befestigt werden.

Jetzt will ich den ganzen Gang eines Versuches mit dem Blute des erstickten Thieres darstellen. Diese Beschreibung wird für alle übrigen und auch für die Versuche mit dem normalen Blute gelten, wenn man diejenigen Operationen weglässt, welche die Erstickung des Thieres bezwecken.

Nach Blosslegung der *Art. carotis* und Einführung der Canüle zwischen die doppelte Unterbindung wird dem Hunde die Tracheotomie gemacht und in die Wunde eine Glascanüle eingebunden, welche an ihrem freien Ende ein Kautschukrohr mit einer Klemme trägt. Das Zuschliessen der letzten bewirkt die Erstickung. Das Blut (in allen Versuchen aus der *Art. carotis*) wird über *Hg* aufgefangen, wozu der mit dieser Flüssigkeit gefüllte und mit dem verbindenden Kautschukrohr versehene Blutrecipient *F* in eine Quecksilberwanne umgestürzt wird. Die zur Leitung des Blutes aus der *Art. carotis* nach dem Blutrecipienten dienende Canüle besteht aus zwei Stücken, welche mit einander durch ein Kautschukröhrchen verbunden sind. Das Zusammenpressen mit den Fingern und das Nachlassen dieses Kautschuks regulirt alle Momente des Blutsammelns. Die letzte Operation beginnt immer in dem Augenblicke, wo die Cornea des erstickten Thieres unempfindlich geworden ist, und wird unterbrochen, wenn das Blut den getheilten Hals des Recipienten erreicht hat. Man schliesst dann das Gefäss dicht oberhalb seines Halses durch die Klemme *d* zu und liest den Stand des Blutes ab. Da es bei noch so vorsichtigem Auffangen über *Hg* rasch gerinnt, so defibrinirt man dasselbe durch Schütteln des Blutrecipienten. Das in dem letzteren zurückbleibende Quecksilber verhält sich auf die bekannte Weise.

Nach Abscheidung des Faserstoffes verbindet man den Blutrecipienten mit dem Querrohre *C*. Hiebei steht das Gestell vertical, und alle Kautschukgelenke mit Ausnahme des durch die Klemme *c* verschliessbaren sind offen. Man giesst in den Apparat durch den Schenkel $A A_1$ so viel Quecksilber ein, bis dieses im Rohre B_1 erscheint. Dann sucht man die Luftblasen aus dem Abzugsrohre *K* durch Schütteln desselben zu entfernen, schliesst die Klemmen *a b g* zu und legt den Apparat auf den Tisch um. Auf diese Weise kann keine Luft mehr in den unteren Theil des Apparates *a c g* ein-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

dringen, auch kein Quecksilber aus dem Rohre *A* herausfliessen. Durch den offenen Querfortsatz *D* wird der übrige Theil des Schenkels BB_2 mit Quecksilber gefüllt, darauf die Klemme *e* zugemacht und der Apparat wieder vertical gestellt. Jetzt beginnt die Prüfung auf das luftdichte Schliessen jedes einzelnen Kautschukgelenkes des Schenkels BB_2. Zu diesem Zwecke öffnet man die Klemme *c* unter dem Quecksilber und schliesst sie wieder, wenn das Niveau der herabsteigenden Flüssigkeit die Höhe des zu prüfenden Gelenkes erreicht hat. Man beobachtet jedesmal einige Minuten, ob keine Luftblasen in dem Quecksilber aus der Umgegend des Gelenkes hinaufsteigen. Wenn auf diese Weise das Quecksilberniveau bis unterhalb des Querfortsatzes *C* herabgestiegen ist, so hat sich zugleich das Vacuum in dem Rohre gebildet. Hier hat man folglich ausser den aufsteigenden Blasen noch in dem Verhalten der Quecksilberniveaux ein Merkmal für das Schliessen oder Nichtschliessen des Apparates. Das ist der Grund, warum das Rohr *A* länger als der Abstand des Querfortsatzes *C* von der Platte *P* sein soll. Wenn der Apparat die Probe überstanden hat, wird er wieder mit Quecksilber gefüllt, was durch das geöffnete obere Ende des Schenkels AA_1 geschieht. Zugleich mit dem Eingiessen der Flüssigkeit in das Rohr *A* wird die Klemme *b* nur so weit geöffnet, dass das Quecksilber in Form eines dünnen Strahles in A_1 einfliesst. Die Klemme *b* regulirt die Stärke dieses Strahles und somit das Aufsteigen des Quecksilbers in dem Schenkel BB_2 auf das Vollständigste. Hat dieses Aufsteigen aufgehört, so wird der Apparat mit der früher erwähnten Vorsicht umgelegt, um die Luftblasen aus dem Gasrecipienten durch den Querfortsatz *D* zu entfernen. Darauf schliesst man die Klemme *f* und *e* zu, öffnet dagegen *g*, bringt den Apparat in die verticale Lage, bildet das Vacuum bis unterhalb des Querfortsatzes *C*, erwärmt nach Angabe von Fig. 1 den Blutrecipienten und macht die Klemme *d* auf; das Blut fängt gewaltig an zu kochen — der Schaum füllt anfangs den ganzen Raum des Vacuums. Bei so einem starken Kochen tritt natürlich der grösste Theil des Blutes aus seinem Recipienten in das Rohr *B* über, ausserdem wird durch die sich entwickelnden Gase das Quecksilberniveau in diesem Rohre niedergedrückt, so dass das Blut in dem unteren Glasstücke des Schenkels BB_2 bleibt und nicht mehr erwärmt werden kann. Hier leistet die Klemme *b* sehr wesentliche Dienste, insofern man durch Öffnen und

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Schliessen derselben das Aufsteigen des Quecksilbers im Rohre *B* vollkommen in seiner Gewalt hat. Man braucht blos das Niveau der Flüssigkeit bis zum unteren Rande des Querrohres *C* aufsteigen zu lassen und den Blutrecipienten aus dem warmen Wasser herauszunehmen, so kehrt das Blut in sein Gefäss zurück. Man lernt bald diese Manipulationen so zu machen, dass der mittlere Theil der Quecksilberkuppe im Rohre *B* immer frei vom Blute dasteht. Diese Operation muss nothwendig jedesmal vor dem Sammeln der gewonnenen Gase vorgenommen werden, damit kein Blut in den Gasrecipienten mit eindringt. Diesem ersten Acte des Sammelns folgt das Zuschliessen des Blutrecipienten, darauf das Comprimiren der gewonnenen Gase. Das letzte geschieht ganz ebenso wie das Füllen des Apparates mit Quecksilber, nachdem er die Probe auf das luftdichte Schliessen überstanden hat, mit dem einzigen Unterschiede dass hier der Apparat so lange mit Quecksilber gefüllt wird, bis die Spiegel dieser Flüssigkeit in beiden Schenkeln (bei offener Klemme *b*) fast auf derselben Höhe stehen. Dann löst man die Klemme *f* auf und führt vorsichtig den grössten Theil der Gase in die Messröhre über. Die Klemme *f* wird nun wieder zugemacht, man bildet wieder das Vacuum und lässt das Blut wieder kochen. Die aufgezählten Operationen wiederholen sich in derselben Reihenfolge so lange, bis man keine Gase mehr aus dem Blute bekommt. Dieser Zustand charakterisirt sich im Blute dadurch, dass es eine vollkommen schwarze Farbe annimmt [1]). Hierin sehe ich den besten Beweis für das in dieser Beziehung bei der Besprechung der Absorptionsmethode Gesagte. Im Falle, dass beim letzten Sammeln der Gase nicht die ganze Masse derselben in den Gasrecipienten überführt worden ist, verrathen sich die in dem Rohre B_1 zurückgebliebenen Luftbläschen dadurch, dass sie in dem umgelegten Apparate aus dem oberen Ende des Rohres zum Querfortsatze *D* hinaufsteigen. Man fängt sie dann in ein Glasrohr, welches mit einem seiner Enden in das Kautschukrohr des Querfortsatzes *D* eingebunden wird, an dem anderen aber selbst ein Kautschukrohr mit einer

---

[1]) Hier kann sogleich bemerkt werden, dass zum Auskochen des normalen arteriellen Blutes das Vacuum 5—6 Mal erneuert werden musste; dagegen bei den Erstickungsversuchen, wo das Blut nur Spuren von O enthält, brauchte diese Operation nur 3—4 Mal wiederholt zu werden.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Klemme darauf besitzt. Man füllt dieses Röhrchen ohne Luftblasen mit Quecksilber an, macht seine Klemme zu, dagegen die Klemme *e* auf.

Wir gehen jetzt zu dem Auskochen der chemisch gebundenen Kohlensäure über. Zu diesem Zwecke muss ein neuer Gasrecipient und ein neues Rohr B_1 genommen werden, weil nach Abnahme des Gasrecipienten in das mittlere mit dünner Blutschicht benetzte Glasstück nothwendig Luft eindringt, was in die Resultate des Auskochens einen Fehler einbringen würde. Ich bin desswegen folgendermassen verfahren: sind die letzten Spuren von im Blute aufgelöstem Gase gesammelt, so wird der Apparat in die verticale Lage gebracht und ein Vacuum bis zum oberen Theil des Rohres *B* gebildet. Man wartet, bis das Blut aus dem mittleren Glasstück in das untere herabfliesst. Wenn nun in dem ersteren die Flüssigkeit nur in Form einer feinen, grün durchscheinenden Schicht an den Wänden bleibt, schliesst man die Klemme *g* zu, macht dagegen die Klemme *b* auf, um das Vacuum im Rohre *B* mit Quecksilber zu füllen. Hiernach wird der Apparat mit oft erwähnter Vorsicht umgelegt und der Gasrecipient sammt dem Rohre B_1 abgenommen. Im Falle wo die rückständigen Gase durch den Querfortsatz *D* gefangen worden waren, überführt man jetzt dieselben in den Gasrecipienten, in welchem auch die Gasanalyse geschieht. In den Apparat werden nun ein neuer Gasrecipient und ein neues Rohr B_1 oder auch das alte, nachdem es gewaschen und ausgetrocknet ist, eingebunden. Darauf werden beide mit Quecksilber gefüllt, das Rohr B_1 jedoch nicht ganz voll, um einen Raum für die wässerige Weinsäurelösung zu lassen. Diese durch Kochen von der Luft befreite Flüssigkeit giesst man noch heiss in das Rohr hinein, schliesst darauf die Klemme *e* zu, stellt den Apparat vertical, bildet das Vacuum und lässt das Blut kochen.

Es ist leicht einzusehen, dass das Verfahren für die Gewinnung der chemisch gebundenen Kohlensäure nicht tadelfrei ist: 1. Ein Theil des Blutes geht verloren [1]); 2. es ist absolut unmöglich, ohne

[1]) Wie klein übrigens der aus diesem Verluste entstehende Fehler ist, zeigt folgende Berechnung. Wir werden unten sehen, dass das arterielle Blut nicht über 3 Vol. % chemisch gebundener Kohlensäure enthält. Gesetzt, der Blutverlust sei = 0·5 CC., was gewiss zu hoch genommen ist, so beträgt der Gasverlust nicht einmal 0·02 CC. was die Grenzen der Beobachtungsfehler kaum überschreitet.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Hilfe des luftleeren Raumes aus dem Rohre B_1 die letzten Spuren von Luft durch Quecksilber auszutreiben: bei Bildung des luftleeren Raumes stiegen immer einige Luftbläschen aus dem Kautschukgelenke g empor. Der letzte Umstand war gewiss Schuld daran, dass ich in keinem einzigen Versuche vollkommen reine Kohlensäure bekommen habe.

Es lässt sich aber ein Verfahren für das Gewinnen der chemisch gebundenen CO_2 angeben, welches viel einfacher und frei von den Mängeln des beschriebenen ist. Leider kam die Idee dazu zu spät, nämlich im Verlaufe meines letzten Versuches. Man braucht blos den Gasrecipienten aus zwei über einander liegenden mittelst Kautschuk verbundener Glasröhren zu machen. Das obere, getheilte und kalibrirte Stück dient zum Auffangen der aufgelösten Gase, die chemisch gebundene CO_2 wird in dem unteren gesammelt. Der nach dem letzten Sammeln im Rohre B_1 zurückgebliebene Theil der gelösten Gase wird wie früher durch den Querfortsatz D aufgefangen, von hier aber in ein zweigliederiges in der Mitte durch ein Stück Kautschuk zusammenhängendes Rohr geführt. Nachdem das Gas in das obere Glied (der Apparat in horizontaler Lage gedacht) eingedrungen ist, schliesst man dasselbe von dem unteren ab; dann wird die Klemme e zugemacht und das zweigliedrige Rohr entfernt. In das auf diese Weise wieder frei gewordene Ende des Kautschucks auf dem Querfortsatze D bindet man ein an seinem freien Ende mit Kautschuk und Klemme versehenes Kugelrohr ein, füllt dasselbe mit kochender Weinsäurelösung, schliesst es von der Luft ab, lässt erkalten und führt hernach die Flüssigkeit durch Öffnen der Klemme e in das Rohr B_1 hinein.

Auf diese Weise wird die durch den Apparat gegebene Methode des Gewinnens der Gase aus dem Blute zu einer fast fehlerfreien. Sie schliesst einen einzigen und zwar sehr unbedeutenden Fehler ein. Es ist nämlich unmöglich das Blut, welches während seines Kochens aus dem Recipienten in das Rohr B übergeht, vollständig in denselben wieder zurückzuführen; folglich wird beim Comprimiren der letzten Portion der Gase immer ein Theil derselben durch dieses in den Röhren BB_1 zurückgebliebene Blut wieder resorbirt. Ein Theil des Gases geht also verloren und auch die quantitative Zusammensetzung des Gasgemenges wird etwas verändert. Ich werde versuchen, die Grösse des Gasverlustes durch ein Beispiel, wo alle Bedingungen am ungünstigsten genommen sind, annähernd

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

zu bestimmen. Gesetzt die Menge des in den Röhren BB_1 zurückgebliebenen Blutes sei = 1 K. C. M., die letzte Portion der Gase bestehe aus reiner CO_2, die absolute Absorptionsgrösse dieses Gases im Blute bei 20 Grad C. sei = 1·5, man setze voraus, dass das Blut Zeit genug hatte (das Comprimiren der Gase erfolgt ohne Erschütterung der Flüssigkeit und dauert 2—3 Min.) die dem Absorptionsvermögen entsprechende Gasmenge zu absorbiren; — so ist die absorbirte Gasmenge = 1·5 K. C. M. Wenn man aber bedenkt, dass in diesem Beispiele alle Grössen absichtlich hoch genommen sind, einige Bedingungen nicht immer existiren, oder absolut unmöglich sind, wie es mit der Absorption der CO_2 bis zur Sättigung unter gegebenen Verhältnissen der Fall ist, so reducirt sich der Gasverlust im schlimmsten Falle gewiss auf die Hälfte des angegebenen. Solch ein Fehler hat einen unbedeutenden Einfluss auf die Zahlen für die im Blute aufgelösten Gase (auf 100 Th. Blut geht höchstens 1 Vol. Procent Gas verloren), weil deren relative Menge sehr hoch ist. Dagegen ist dieser Gasverlust viel bedeutender für die Grössen der chemisch gebundenen CO_2, weil sie im Blute sehr gering zu sein pflegen.

Jetzt führe ich meine Versuche mit dem Blute des erstickten Thieres an. In allen ist die Gasanalyse nach der Bunsen'schen Methode geschehen.

1. Versuch.

Angewandte Blutmenge = 101·40.

Die Gesammtm. d. im Bl. aufgel. Gase	Beob. Vol. d. Gas.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Im Gas rec. Q. Nach dem Trockn. m. CaCl	53·552	15°2 C.	0·78073	39·606
Nach Abs. d. CO_2	9·519	15·6	0·66339	5·973
Zu Ende H. Nass	8·460	15·7	0·57874	4·630
Nach Zusatz v. H.	26·512	16·1	0·61032	15·280
Nach Explosion	21·322	16·1	0·582	11·746
Chem. geb. CO_2 im Recip. P				
Nach dem Trockn. m. CaCl	6·575	15·2	0·711	[1])4·428

[1]) Die Spuren von Luftverunreinigungen waren in jedem Versuche durch das Einführen der Kalikugel qualitativ nachgewiesen, ihre quantitative Bestimmung blieb jedoch aus dem Grunde aus, weil alle meine Zahlen für chemisch gebundene CO_2 in Folge des erwähnten Fehlers der Methode ohnedies um ein Geringes zu klein sind. Man betrachtete die geringe Verunreinigung der Compensation für den Verlust an CO_2.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Folglich enthalten	O	N	Frei aufgel. CO_2	Chem. geb. CO_2
101·4 Th. Blut	1·178	4·795	33·633	4·428

2. Versuch.

Angewandte Blutmenge = 99·991.

Die Gesammtm. d. im Bl. aufgel. Gas.	B. V. d. G.	Temp.	Dr	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Recip. Q. Nach d. Trockn. mit CaCl .	41·573	16°2	0·74939	29·411
Nach Abs. d. CO_2	3·908	18	0·3817	1·399

Die in das Endiometer überführbare Gasmenge war so klein, dass sie nicht mehr gemessen werden konnte. Einige Wasserstoffbläschen waren hinzugesetzt, um zu sehen ob das Gemenge explodiren wird. Es trat eine kaum wahrnehmbare Erschütterung der Quecksilberoberfläche in dem Endiometer ein.

Chem. geb. Gase.	B. V. d. G.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Recip. P. Nass gemessen	5·285	16°2	0·65881	3·286
Folglich enthalten	O	N	Freie CO_2	Chem. geb. CO_2
99·991 Th. Blut	Spuren	1·399	28·012	3·286

3. Versuch.

Angewandte Blutmenge = 102·70.

Gesammtm. d. im Bl. aufgel. Gase				
Recip. Q. Nass	56·646	16°8	0·76597	40·395
Nach Abs. d. CO_2	3·514	19·1	0·3696	1·213
Chem. geb. CO_2	B. V. d. G.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Recip. P. Nass gemessen	7·390	16°8	0·5919	4·120

Zur qualitativen Prüfung auf O wurden in das Absorptionsrohr Lösungen von Kali und Pyrogallussäure eingebracht. Die Flüssigkeit nahm eine leicht braune Farbe an. Somit enthalten

	O	N	Freie CO_2	Chem. geb. CO_2
102·70 Th. Blut	Spuren	1·213	39·182	4·120

In diesem so wie im nächst folgenden Versuche wurde die Lungenluft des Thieres nach seiner Erstickung analysirt[1]). Beim

[1]) W. Müller (Beitr. z. Resp. Berichte d. Wien. Akad. Bd. XXXII, 1858) hat bekanntlich blos Spuren von O in der Lungenluft der erstickten Thiere gefunden; darum war ich berechtigt, so eine kleine Menge Wasserstoff einzuführen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Sammeln derselben, welches gleich nach dem Auffangen des Blutes geschah, bemühte man sich die ganze Gasmenge aus der Lunge zu bekommen, indem ausser Compression der Thoraxwand die Eröffnung des Pleurasackes und das Eingiessen von Quecksilber in denselben angewandt wurde. Eine Probe aus der gesammten über *Hg* aufgefangenen und wohl umgeschüttelten Luft diente zur Analyse.

Lungenluft	B. V. d. G.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Nass	28·135	16°8	0·76522	20·282
Nach Abs. d. CO_2	23·357	17·1	0·77859	17·114
In End. II. Nass	19·322	17·2	0·7631	13·871
Mit Wasserstoff	21·483	17·2	0·7857	15·879
Nach Explos. m. Knallgas	22·134	17·3	0·7604	15·828

Folglich enthalten 100 Th. Lungenluft $\left\{\begin{array}{ll} CO_2 & 15·62 \\ N & 84·38 \\ O & \text{Spuren.} \end{array}\right.$

4. Versuch.

Blutmenge = 99·626.

Chem. geb. CO_2	B. V. d. G.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Recip. P. Nass	3·209	17°6	0·559	1·685
Gesammtm. d. aufgel. Gase				
Recip. Q. Nass	69·110	17·6	0·62624	40·66
Nach Abs. d. CO_2	4·147	17·4	0·49965	1·948

Spuren von Sauerstoff wie im vorigen Versuche nachgewiesen.

	O	N	Freie CO_2	Chem. geb. CO_2
99·626 Th. Blut enthalten	Spuren	1·948	38·712	1·685

Lungenluft	Anf. V. d. G.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Nass	27·316	17°6	0·64324	16·507
Nach Abs. d. CO_2	20·765	17·4	0·73815	14·403
In End. II. Nass	21·412	17·5	0·64321	12·943
Mit H	22·301	17·5	0·6823	14·300

Keine Explosion.

100 Th. Lungenluft enthalten $\left\{\begin{array}{ll} CO_2 & 12·746 \\ N & 87·254 \\ O & \text{vielleicht Spuren.} \end{array}\right.$

Jetzt will ich die Resultate der Versuche auf 100 Th. Blut berechnen und in einer Tabelle zusammenstellen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Nummer des Versuches	O	N	Freie CO_2	Chemisch gebundene CO_2	Gesammte Menge der CO_2
1	1·161	4·728	33·168	4·366	37·534
2	Spuren	1·399	28·012	3·286	31·298
3	Spuren	1·181	38·152	4·011	42·163
4	Spuren	1·955	38·857	1·791	40·648

Die Zahlen dieser Tabelle an und für sich betrachtet geben nur ein einziges Factum: das Verschwinden des Sauerstoffs aus dem arteriellen Blute des erstickten Thieres. Diese Erfahrung gibt einen ungeahnten Beleg für die energischen Verwandtschaften des lebenden Thieres zum Sauerstoff.

Nach einer andern Seite hin merkwürdig erscheinen die vorstehenden Zahlen, wenn man sie mit denen zusammenstellt, welche L. Meyer für die Gase des normalen arteriellen Hundeblutes gefunden hat. — Zur leichtern Vergleichung habe ich seine Zahlen auf 1 M. Dr. umgerechnet und hier hingeschrieben. Die Gasvolumina sind auf 100 Th. Blut berechnet.

Nummer des Versuches	O	N	Freie CO_2	Chemisch gebundene CO_2	Gesammte Menge der CO_2
12. Febr. 1	9·44	2·15	4·27	21·74	26·01
19. Febr. 2	13·99	3·45	4·01	15·93	19·94
28. Febr. 1	10·86	3·83	4·69	21·72	26·41

Abgesehen von allem übrigen zeigt sich zuerst zwischen dem Verhältniss der freien und gebundenen CO_2 in den beiden Tabellen ein auffallender Unterschied. Während in den Beobachtungen von Meyer die freie zur gebundenen CO_2 im Verhältniss von 1 : 4 bis

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

6 steht, ist dasselbe im Blut der erstickten Thiere wie 1 zu 0·11 bis 0·04. Es war zuerst zu fragen, ob das Überwiegen der freien CO_2 in meinem Fall von der Blutart oder von der Methode abhing.

Um mit der Sache in's Klare zu kommen, unternahm ich die Bestimmung der Gase im normalen arteriellen Blute.

1. Versuch.

Blutmenge = 99·626.

Aufgel. Gase	B. V. d. G.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Rec. Q. Nass	63·222	17°	0·75157	44·732
Die durch die Querforts D gefang. letzte Port. d. Gas. Nass	3·467	17	0·61655	2·012
Beide Portion. in Q.				
Nach Absorpt. d. CO_2	22·863	13·2	0·74231	19·189
Zu End. II. Nass	10·050	15·7	0·63132	6·00
Mit Wasserst.	79·040	15·7	0·763	57·031
Nach Explos. mit Knallgas	60·838	15·7	0·70134	40·350
Chem. geb. Gase.				
Recip. P. Nass	4·802	17	0·56057	2·534
Folglich enthalten	O	N	Freie CO_2	Chem. geb. CO_2
99·626 Th. art. Blut	15·001	1·188	30·355	2·534

2. Versuch.

Blutmenge = 103·424.

Aufgel. Gase	B. V. d. G.	Temp.	Dr.	Chem. geb. CO_2
in Q. Nass	62·166	17°6	0·7386	43·137
Die letzte Port. d. gel. Gas. in Absorptions. VII. Nass	7·091	17·6	0·6488	4·322
Durch Unvorsicht eine Luftblase hineingekommen	9·210	20	0·606	5·200
In Q nach Abs. d. CO_2	27·140	17·8	0·67881	17·296
In VII nach Abs. d. CO_2	3·153	17·8	0·60731	[1] 1·797
Die beiden Portion. sind ohne Gasverlust in Q zusammengebracht und in End. II überführt. Nass	12·100	17·8	0·62808	7·134
Mit Wasserstoff	85·615	18	0·72299	58·072
Nach Expl. m. Knallgas	60·570	18	0·6831	38·817
Chem. geb. Gas. Rec. P. Nass	4·813	17·6	0·5318	2·404
	O	N	Freie CO_2	Chem. geb. CO_2
103·420 Th. Blut enthalten	16·973	1·242	29·244	2·404

[1]) Man sieht dass die aus dem arteriellen Blute zuletzt austretenden Gase keine reine Kohlensäure sind.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die Zahlen der beiden Versuche auf 100 Th. Blut bezogen, geben:

	O	N	Freie CO_2	Chem. geb. CO_2
1. Versuch	15·05	1·192	30·66	2·54
2. Versuch	16·41	1·20	28·27	2·32

Diese Zahlen, welche ich durch meine Abreise von Wien zu vermehren verhindert war, zeigen, dass der früher hervorgehobene Unterschied zwischen Meyer's und meinen Beobachtungen in der Methode begründet ist. In dem von mir verwendeten Apparat gehören CO_2-Mengen noch zu den durch Wärme austreibbaren, welche in dem Meyer'schen schon als fixe angesehen wurden. — Diese meine Erfahrung lässt sogleich die Folgerung zu, dass im Blute des Hundes sehr wenig NaO,CO_2 enthalten sein muss. Wenn also, wie dieses die Versuche von Meyer bewiesen haben, ein sehr grosser Theil der im Blute vorhandenen CO_2 nicht absorbirt, sondern gebunden ist, so muss das Bindemittel durch das $2NaOPO_5$ gegeben sein, welches nach Fernet diese Rolle übernehmen kann.

Um den schon früher als wahrscheinlich hingestellten Grund für den Unterschied des Kohlensäurebefundes von Meyer und mir zu bestätigen, unternahm ich noch den Versuch, das Blut in einem kleineren luftleeren Raum auszukochen als bisher geschehen; dabei sollte noch die Dauer des Kochens nach den Meyer'schen Vorschriften eingerichtet werden. Der einzige Versuch, den ich in dieser Richtung anstellte, gelang nur soweit, dass der Gehalt CO_2 der zuerst ausgekochten Luft bestimmt werden konnte. Die Analyse ergab auf 100 Th. Blut 5·3 Th. CO_2 also, dieselbe Zahl, welche L. Meyer in seinen Versuchen gefunden. Danach wäre es sehr wahrscheinlich, dass der im Verhältniss zur Blutmenge kleine Umfang seines Vacuums, die Ursache seiner kleinen Zahlen für CO_2 ist.

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse des zweiten Beitrages zeigt:

1. In dem Zeitpunkt der Erstickung, in welche sich eben die Reflexe vom *Nervus Quintus* aus verloren haben, wo aber Athembewegung und Herzschläge noch bestehen, enthält das Blut keinen durch Kochen und das Vacuum abscheidbaren Sauerstoff mehr.

2. In dieser Zeit ist, wie schon W. Müller bewiesen, auch aller Sauerstoff aus der Lungenluft entfernt, vorausgesetzt dass der Erstickungsraum den Umfang des Brustkastens nicht überschritten.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

3. Die freie durch Wärme und verminderten Luftdruck abscheidbare CO_2 ist im normalen Arterienblut um das 3- bis 4fache grösser als man bisher angenommen. Dieser grosse Gehalt verdunstbarer CO_2 des Blutes im Verhältniss zu den meist sehr niedrigen Gehalt der Athmungsluft an diesem Gas macht die grosse Geschwindigkeit der Abdunstung aus dem Blut in die Lungenluft begreiflich.

4. Das Blut des Hundes enthält sehr wenig $NaCO_2$; in so fern also die CO_2 in Blut nicht blos nach der Dalton-Bunsen'schen Regel absorbirt ist, muss sie an $2Na\,oPho_5$ gebunden sein.

5. Erlaubt man sich die nach gleichem Verfahren gewonnene procentische Gasmenge des erstickten und nicht erstickten Blutes zu vergleichen, so ergibt sich

a) die procentischen Gasmengen des erstickten Blutes sind kleiner als die des normalen.

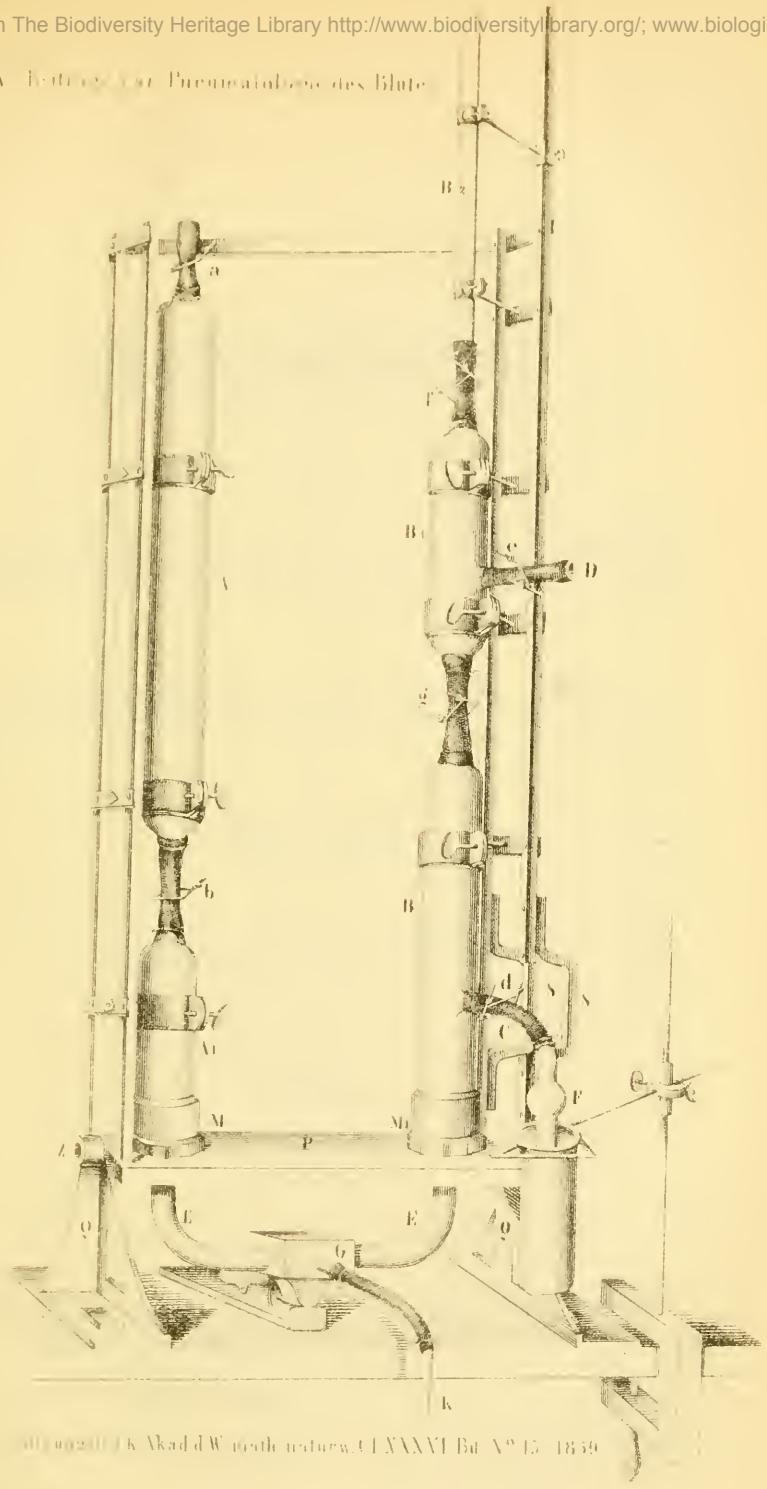
b) Stickstoffgas und die nur durch Säuren abscheidbare CO_2 verändern sich nicht durch die Erstickung.

c) Im Erstickungsblut hat sich die freie CO_2 gemehrt, jedoch nicht in dem Verhältniss, in welchem der O abgenommen. Der Grund hierfür kann eben sowohl im Austritt von Gasen aus dem Blute wie auch darin gesucht werden, dass ein Theil des Sauerstoffes auf andere Weise als zur Bildung von CO_2 verwendet wurde.

6. Im erstickten Thier ist der Unterschied zwischen dem Gehalt der Lungenluft an freier und dem des Blutes an verdunstbarer CO_2 ein sehr beträchtlicher; ob dennoch eine Ausgleichung der Spannung zwischen der CO_2 im Blut und in der Lungenluft stattgefunden, bedarf einer weiteren Untersuchung.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum



Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. math.-naturw. Cl. XXXVI. Bd. No. 15. 1859.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1859

Band/Volume: 36

Autor(en)/Author(s): Setschenow Iwan Michailowitsch

Artikel/Article: Beiträguzur Pneumatologie des Blutes. (Mit 1 Tafel und 1 Holzschnitt). 293-319