

Sitzungsberichte

der

königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München.

Jahrgang 1860.

München.

Druck von J. G. Weiss, Universitätsbuchdrucker.

1860.

—
In Commission bei G. Franz.

482

b) „Ueber den Respirations- und Perspirations-Apparat
im physiologischen Institute zu München.“

Um die Mengen der Kohlensäure und des Wassers zu bestimmen, welche durch Haut und Lunge ausgeschieden werden, hat man mancherlei Wege eingeschlagen, die Methoden und die Resultate von Scharling, Vierordt, Valentin und Brunner, Regnault und Reiset, von Smith und Anderen sind jedem Physiologen und Chemiker hinlänglich bekannt. Was an allen bisherigen Methoden, die auf Menschen und grössere Thiere anwendbar waren, auszusetzen war, betrifft wesentlich zwei Umstände, dass nämlich der Grad der Genauigkeit der Methoden nicht durch Controlversuche mit bekannten Mengen Kohlensäure ermittelt worden, und dann dass die Menschen und Thiere unter mehr oder minder ungewohnten oder lästigen und somit nicht natürlichen Bedingungen bei den Versuchen zu athmen gezwungen waren. Schon seit Jahren beschäftigte mich der Gedanke, wie man es denn anzustellen habe, um die Kohlensäure, die ein in freier Luft, ohne Vermittlung irgend eines Apparates athmender und frei sich bewegender Mensch entwickelt, mit hinreichender Schärfe zu bestimmen. Die Untersuchungen von Bischoff und Voit über die Ernährung des Fleischfressers haben darauf hingeführt, dass die durch Haut und Lungen entweichende Kohlensäure nicht aus der Kohlenstoff-Differenz zwischen Einnahme durch die Nahrung und Ausgabe durch Harn und Koth unter Berücksichtigung des Körpergewichtes mit Sicherheit berechnet werden kann, weil durch Haut und Lungen zwei Unbekannte (Kohlensäure und Wasser) zugleich und in wechselnden Verhältnissen entweichen. Da nun die Nothwendigkeit vorlag, wenigstens eine der beiden Grössen direkt zu bestimmen, so ging ich wieder an die gesuchte Lösung der Aufgabe. Bald sah ich ein, dass sie nur auf dem Wege gelingen kann, dass man einen Luftstrom von gemessener und constanter Stärke über einen Menschen führt und die Zunahme dieses Luftstromes an Kohlensäure und Wasser bestimmt.

Als ein Vorbild drängte sich mir alsbald etwas Aehnliches, wie ein Zimmerofen auf. So lange der Kamin zieht, geht kein Rauch zu den Fugen und der Thüre des Ofens heraus, sondern es drückt die Luft von aussen allseitig in den Ofen hinein, um nach dem Kamine zu gelangen. Wenn in dem Rohre, welches den Rauch vom Ofen nach dem Kamine führt, eine genaue Messung der in ihm sich bewegenden Luftmenge

möglich ist, wenn ferner die Zusammensetzung der in den Ofen ein- und aus demselben austretenden Luft an einem Bruchtheile daselbst mit Genauigkeit ermittelt werden kann, so hat man alle Faktoren in der Hand, welche man braucht zu bestimmen, was sich bei der Verbrennung im Ofen dem Luftstrome beimischt. Ich arbeitete ein Projekt aus, wo in einem grösseren Zimmer die Stelle des Ofens ein kleines Zimmer aus Eisenblech vertritt, das ich Salon nennen will, von 8 Fuss bayerisch Raum nach allen Seiten, mit einer eisernen Thüre, mit Oberlicht und Seitenfenstern. Die Fenster sollten möglichst luftdicht eingekittet, und die Wände und die Decke möglichst luftdicht genietet werden. Die Thüre bekam bewegliche Oeffnungen, um der Luft den Eintritt auch an anderen Punkten als den Fugen der Thüre nach Bedürfniss zu ermöglichen. Auf der der Thüre entgegengesetzten Seite gehen zwei Oeffnungen, eine unten, die andere oben in zwei Rohrleitungen ausserhalb des kleinen Zimmers in ein einziges weiteres Rohr über, in welchem die Luft nach demjenigen Theile des Apparates strömt, welcher die Funktion des Zugkamines hat. Dieser Theil, welcher in einem anderen Raume des Hauses, als der ist in dem das eiserne Zimmer steht, aufgestellt werden konnte, besteht aus zwei Saugcylindern mit Klappenventilen, die in beliebiger Hubhöhe von einem starken Uhrwerke gleichmässig bewegt werden. Das fallende Gewicht des Uhrwerkes wird von einer kleinen Dampfmaschine jeden Augenblick beständig wieder in dem Masse aufgezo- gen, als es sinkt. Hiedurch lässt sich eine beliebige constante Strömung der Luft durch die Thüre des eisernen Zimmers nach den Saugcylindern erhalten. Die Luft kann aber nicht nach den Saugcylindern gelangen, ohne zuvor durch einen continuirlich wirkenden Messapparat zu gehen. Für diesen Zweck habe ich eine grosse Gasuhr, oder Stationsgasmesser gewählt, und zwar von einer Dimension, dass 3000 engl. Kubikfuss in der Stunde noch genau damit gemessen werden können³.

Um einen Bruchtheil der durch die Oeffnungen der Thüre und sonstige etwaige Undichtigkeiten des Apparatzimmers ein- und durch das vereinigte Rohr aus demselben nach der Gasuhr abströmenden Luft zu untersuchen, und aus der gefundenen Differenz im Wasser- und Kohlen-

(3) Bei Ausarbeitung der verschiedenen mechanischen Details hat mich mein Freund L. A. Riedinger und dessen technischer Direktor der Maschinenfabrik in Augsburg Herr Stotz in ebenso theilnehmender als erspriesslicher Weise unterstützt.

säuregehalte die im Apparat hinzugekommenen Mengen berechnen zu können, sind zwei Aspiratoren thätig, die gleichmässig jeder einen stets gleichen aliquoten Theil Luft ansaugen. Das Wasser der Luft wird auf bekannte Weise durch Schwefelsäure absorbirt und gewogen, die Kohlensäure wird dadurch bestimmt, dass die Luft in feinen Bläschen durch eine bestimmte Menge Kalkwasser von bekanntem Gehalte gesogen, und das Kalkwasser zuletzt wieder auf seinen Gehalt an Aetzkalk durch Titriren mit verdünnter Oxalsäure untersucht wird, ganz ähnlich wie ich es schon bei anderer Gelegenheit angegeben habe.

Um von der im eisernen Zimmer (Salon) des Apparates zurückbleibenden Luft zuletzt eine Probe nehmen zu können, wird mit dem Abzugsrohr eine Saug- und Druckpumpe in Verbindung gesetzt, mit deren Hilfe Flaschen von 6 bis 8 Litern Inhalt mit Luft gefüllt, und diese mit Kalkwasser auf ihren Kohlensäuregehalt geprüft werden kann. Die nämliche Pumpe dient auch dazu, um während eines Versuches die Schwankungen der Kohlensäure im Luftstrome zu verschiedenen beliebigen Zeiten kennen zu lernen. Hiebei ist eine Einrichtung getroffen, welche gestattet, beliebig viele und beliebig grosse Proben zu nehmen, ohne einen Verlust an Luft für die Messung des ganzen Stromes zu erleiden. Man verbindet nämlich mit der Pumpe luftdicht eine Flasche, und ersetzt deren Luft durch längeres Pumpen vollständig durch Luft aus dem Abzugsrohre. Die aus der Flasche fortgedrückte Luft lässt man nicht in's Freie entweichen, sondern führt sie in einem Kautschukrohr wieder in den Strom, der nach der Gasuhr geht, an einer Stelle natürlich, wo die Bestimmungen der Kohlensäure nicht mehr davon afficirt werden können, hinein; man stellt also eine Flasche mit beliebiger Luft unter, und nimmt eine Flasche mit Luft aus dem Apparate dafür weg.

Damit der Luftstrom aus dem grossen Gasmesser kein Wasser durch Verdunstung entführen kann, geht die Luft, ehe sie in den Gasmesser eintritt, zuvor durch einen stehenden Cylinder, der mit feucht zu haltenden Bimssteinstücken gefüllt ist.

Wo die Luft aus diesem Befeuchtungsapparate austritt, ist im Rohre ein Psychrometer angebracht, um die Temperatur und die Feuchtigkeit der Luft ersehen zu können, mit welcher sie in die Gasuhr eintritt und gemessen wird. Ebenso ist in der Leitung vor dem Befeuchtungsapparate ein Psychrometer und mehrere Röhrenansätze zum Herausnehmen von Luftproben u. s. w. angebracht.

Nachdem ich mein ausgearbeitetes Projekt dem Präsidenten der

Akademie Baron von Liebig und einigen anderen Fachgenossen mitgetheilt, wendete ich mich an die naturwissenschaftliche technische Commission der Akademie. Auf einen von derselben erstatteten Bericht, dem genaue Kostenvoranschläge beilagen, bewilligte Seine Majestät aus seiner Privatkassa die Summe von 4000 fl. zur Herstellung dieses Respirations-Apparates. Ich folge nur dem Zuge des Herzens und dem Gefühl der Pflicht Aller, welchen die Physiologie des Stoffwechsels wichtig erscheint, wenn ich bei der Gelegenheit, wo ich der Akademie die erste Mittheilung von dem nun vollendeten und erprobten Apparate mache, den tief gefühltesten Dank gegen Seine Majestät den König Max II. von Bayern, den grossmüthigen Beschützer und einsichtsvollen Beförderer der Wissenschaften ausspreche.

Der ganze Apparat wurde diesen Winter über aufgestellt; seit Mai habe ich mich mit seiner Prüfung in jeder Hinsicht befasst, und kann nun ihn selbst und die dabei in Anwendung kommenden Untersuchungsmethoden als fertig und zweckmässig erklären. Worauf zuletzt Alles ankam, war der Nachweis, dass die im Salon des Apparates entwickelten Mengen Kohlensäure wirklich mit der erforderlichen Genauigkeit wieder gefunden und bestimmt werden können, eine Controle, welche bei allen bisherigen Respirations-Apparaten unterblieben ist. — Nachdem ich durch mancherlei Versuche alle Einflüsse des Apparates und der Methoden auf die Genauigkeit des Resultates kennen gelernt hatte, wählte ich eine gute Sorte Stearinkerzen, und bestimmte ihren Kohlenstoffgehalt durch Elementar-Analyse. Sie lieferten nach drei gut übereinstimmenden Verbrennungen, wozu das Material stets von einer anderen Kerze genommen war, auf 100 Gewichtstheile im Mittel 291 Gewichtstheile Kohlensäure, so dass man auf 1 Gramm Stearin 1484 Kubikcentimeter Kohlensäure rechnen kann, das Gewicht eines Liters Kohlensäure bei 0° C. und 760 Millimetern Quecksilberdruck zu 1,987 Grammen genommen. Wenn die Saugeylinder des Apparates und gleichzeitig die Aspiratoren für Analyse der Luft im Gange waren, wurde im Salon eine gewogene Kerze von aussen angezündet und bevor man den Versuch beenden wollte, von aussen auch wieder ausgelöscht, und später gewogen.

Die durch Verbrennung der Kerze gebildete Kohlensäure muss sich theils in der durch die grosse Gasuhr gegangenen Luft und theils in der im Salon zurückbleibenden finden. Der Kohlensäuregehalt der durch die Gasuhr gegangenen Luft wird ermittelt, indem man, wie schon

erwähnt, so lange die Luft strömt und gemessen wird, aus dem Strome vom Salon nach der Gasuhr ohne Unterbrechung einen stets gleichen aliquoten Theil (in der Minute etwa 100 Kubikcentimeter) durch Kalkwasser gehen lässt. Den Kohlensäuregehalt der im Salon zurückbleibenden Luft bestimmt man auf die Weise, dass man nach gehöriger Mischung der Luftschichten in demselben durch einen von aussen bewegten Fächer mit der Pumpe am Abzugsrohre zwei oder mehrere Flaschen von 6 — 8 Litern Inhalt füllt, mit Kalkwasser untersucht und auf den bekannten Kubikinhalte des Salons berechnet. Erst nachdem diese Flaschen gefüllt sind, darf man den Salon betreten, um die Kerze herauszunehmen und zu wägen.

Da die durch die Gasuhr gegangene und im Salon zurückgebliebene Luft aber nicht bloss die Kohlensäure enthält, welche von der im Salon verbrannten Kerze her stammt, sondern auch jenen Theil, welchen die Luft bereits enthielt, als sie von aussen in den Salon einströmte, so muss der Kohlensäuregehalt der einströmenden Luft in Abzug gebracht werden. Dieser wird aus dem Versuche bekannt, bei welchem die einströmende Luft auf ganz gleiche Weise und in möglichst gleicher Menge aspirirt und untersucht wird, wie die abströmende. — Man rechnet somit nur mit der Differenz im Kohlensäuregehalte zwischen innen und aussen, und gerade dieses macht die Bestimmungen exakt, weil alle constanten Fehler der Methode dadurch eliminirt werden.

Selbstverständlich ist, dass alle gemessenen Luftmengen unter Berücksichtigung der Tension des Wasserdampfes, der Temperatur und des Luftdruckes auf das übliche Normale reducirt werden.

Ich wage nicht die Aufmerksamkeit der Classe für alle nöthigen Einzelheiten des Apparates oder eines Versuches in Anspruch zu nehmen, ich muss diese und ihre Begründung einer längeren Abhandlung in den Schriften der technischen Commission versparen und erlaube mir hier nur noch die Resultate dreier quantitativer Versuche summarisch mitzutheilen.

I.

Während eines Versuches, der 184 Minuten dauerte, verbrannten 25,210 Gramme einer Stearinkerze, wodurch 36,921 Liter Kohlensäure entstehen mussten. Während der Versuchsdauer gingen 49722 Liter Luft durch die Gasuhr. Aus der Differenz im Kohlensäuregehalte dieser Luft und der von aussen in den Apparat einströmenden ergaben sich

hiefür 31,623 Liter Kohlensäure. Auf den Rückstand im Salon kamen noch 5,922 Liter Kohlensäure. Es wurden somit 0,6 Liter oder $1\frac{1}{2}$ Proc. zu viel gefunden.

II.

Der Versuch dauerte 215 Minuten, es verbrannten 33,776 Gramme Stearinkerze, was 49,510 Litern Kohlensäure entspricht. Durch die Gasuhr gingen 58554 Liter Luft mit 41,690 Litern Kohlensäure; im Salon blieben noch 8,019 Liter Kohlensäure. Es wurden somit 0,19 Liter oder um 0,4 Proc. zu viel gefunden

III.

Der Versuch dauerte 188 Minuten, es verbrannten 27,513 Gramme Stearinkerze, was 40,298 Litern Kohlensäure entspricht. Durch die Gasuhr gingen 50680 Liter Luft mit 33,347 Litern Kohlensäure, im Salon waren noch 7,328 Liter Kohlensäure geblieben. Es wurden somit 0,277 Liter oder 0,6 Proc. zu viel gefunden.

Man sieht, dass das Ergebniss der Versuche sehr nahe mit der Theorie zusammenstimmt, besser sogar, als man es bei den grossen Dimensionen des Apparates und der grossen Verdünnung der Kohlensäure im Voraus erwarten möchte. Die Genauigkeit ist jedenfalls vollkommen genügend für den Zweck, und durch andere Versuche habe ich die Ueberzeugung gewonnen, dass die wesentliche Quelle der noch vorhandenen geringen Unsicherheit die Bestimmung der im Salon zurückbleibenden Kohlensäure ist, welche nicht mit der wünschenswerthen Schärfe ausgeführt werden kann. Wenn die im Salon zurückbleibende Kohlensäure mehr als $\frac{1}{5}$ der Menge beträgt, welche in dem durch die Gasuhr gegangenen Strome enthalten ist, so wird die Unsicherheit im Ganzen schon sehr merklich, sie kann bei $\frac{1}{3}$ und darüber, selbst 7 und 8 Proc. betragen. Als Beleg führe ich noch zwei mit diesem Fehler behaftete Versuche an:

a) Der Versuch dauerte 157 Minuten, es verbrannten 21,485 Gramme Stearinkerze, was 31,465 Litern Kohlensäure entspricht. Durch die Gasuhr gingen 42862 Liter Luft mit 21,56 Litern Kohlensäure, im Salon blieben noch 7,57 Liter Kohlensäure. Es wurden somit 1,82 Liter oder $5\frac{3}{4}$ Proc. zu viel gefunden.

b) Der Versuch dauerte 108 Minuten, es verbrannten 16,129 Gramme Stearinkerze, was 23,621 Litern Kohlensäure entspricht. Durch die Gasuhr gingen 29626 Liter Luft mit 15,02 Litern Kohlensäure, im Salon blieben 6,73 Liter Kohlensäure. Es wurden somit 1,87 Liter Kohlensäure oder 8 Proc. zu wenig gefunden.

Auf diese und noch andere Versuche gestützt kann ich mit Sicherheit annehmen, dass bei einer Dauer des Versuches, wo mehr als $\frac{1}{2}$ der entwickelten Kohlensäure in den Luftstrom zwischen Salon und Gasuhr übergehen, keine grössern Unsicherheiten als 1, höchstens 2 Proc. zu befürchten sind. Da bei Versuchen mit Menschen und Thieren die Dauer auf 12 und 24 Stunden ausgedehnt werden kann, so ist die Hoffnung nicht ungegründet, dass man noch eine grössere Schärfe erreichen wird. Ich hätte gerne einen Controlversuch mit Kerzen 24 Stunden lang fortgesetzt, die Aspiratoren zur Untersuchung der Luft, die mir gegenwärtig zu Gebote stehen, funktionieren aber nur 5 Stunden lang ohne Unterbrechung. — Diesem Mangel wird binnen Kurzem durch einen kleinen Pump-Apparat abgeholfen sein, welcher mit den grossen Saugcylindern im Maschinenhause verbunden, so lange einen beliebigen stets gleichen Theil der Luft innerhalb und ausserhalb des Apparates zur Untersuchung bringen wird, als der Luftstrom im Gange bleibt, das heisst, so lange überhaupt ein Versuch dauert.

Am Schlusse erlaube ich mir noch besonders hervorzuheben, dass der Respirations- und Perspirations Apparat im physiologischen Institut dahier der erste ist, in welchem ein Befinden unter normalen Umständen möglich ist, Menschen können ebenso darin leben, wie in einem gutgelüfteten Wohnzimmer, worin sie sich frei bewegen, arbeiten, essen und schlafen können, wie sie es sonst gewohnt sind. Durch ein bewegliches Fenster an der Thür des Salons können Speisen und andere Dinge ein- und ausgebracht werden, ohne dass man zu befürchten hat, den Versuch zu stören, gerade so unbedenklich, als man in einem Zimmerchen — vorausgesetzt, dass der Zug im Kamine in Ordnung ist, die Ofenthüre aufmacht, um nachzuschüren, oder Asche auszuziehen, ohne dass Rauch herausschlägt. Der ausserhalb des Salons Befindliche, einen Versuch Beaufsichtigende stört durch seine Respiration etc. nicht im mindesten das Resultat; denn der Kohlensäuregehalt der in den Salon einströmenden Luft wird ja fortwährend durch einen von den beiden Untersuch-

ungsapparaten controlirt und kann somit in Abzug gebracht werden. Ich habe nie Bedenken getragen, Cigarren zu rauchen, während ein Control-Versuch im Gange war, oder Besuche zu empfangen, welche gleichfalls rauchten u. s. f., ich wusste ja, dass die Veränderungen der Luft ausserhalb des Salons ganz auf gleiche Weise und mit derselben Exaktheit ermittelt werden, wie die Veränderungen im Salon; da man nur mit der Differenz rechnet, ist es gleichgiltig, ob diese grösser oder kleiner ist, wenn sie überhaupt nur mit Sicherheit bestimmt werden kann.

Bei den Controlversuchen mit Kerzen habe ich bisher einen Luftwechsel von etwas mehr als 11 englischen Kubikfussen (ca. 314 Litern) per Minute angewendet. In den Salon, der etwas über 12000 Liter fasst, strömte somit in einer Stunde weit mehr als sein eigener Inhalt frische Luft ein. Durch Vergrösserung der Hubhöhe der Saugcylinder, welche von der Maschine bewegt werden, kann der Luftwechsel noch um das Vierfache verstärkt werden, ohne dass dadurch im Geringsten ein fühlbarer Luftzug im Salon wahrgenommen wird, ausgenommen in unmittelbarer Nähe (4 bis 6 Zoll) an den Einströmöffnungen der Salonthüre. Diesen Oeffnungen gegenüber ist der Querschnitt des Salons doch ein so bedeutender, dass die Geschwindigkeit der Luftbewegung im Salon selbst eine unfühlbare werden muss, wenn sie auch unmittelbar an den engen Oeffnungen gefühlt wird. Selbst bei der grössten Hubhöhe der Saugcylinder, die einer Ventilation von 3000 englischen Kubikfussen in der Stunde entspricht, brennt ein Licht in der Mitte des Salons noch vollkommen ruhig.

Dass an den Oeffnungen der Salonthüre die Geschwindigkeit der eintretenden Luft grösser ist, als die Geschwindigkeit der Diffusion, mit andern Worten, dass kein Verlust an Kohlensäure durch Diffusion zu befürchten ist, wurde einfach dadurch constatirt, dass während die Maschine in Gang war, im Salon ein penetrant riechender Rauch erzeugt und beobachtet wurde, ob an den Fugen der Thüre von aussen der Geruch bemerklich würde. Nachdem dieser Versuch wiederholt mit negativem Resultate gemacht worden war, konnte man schon a priori beruhigt sein, dass keine im Salon entwickelte Kohlensäure verloren gehen kann, was auch die quantitativen Bestimmungen vollkommen bestätigen.

Ich habe die Ueberzeugung gewonnen, dass mit diesem Apparate alle Fragen der Thier- und Pflanzenphysiologie, soweit sie sich auf eine Vermehrung oder Verminderung der Kohlensäure und des Wassers in

der Luft beziehen, auf exakte Weise und unter ganz natürlichen Umständen beantwortet werden können.

3) Herr Aug. Vogel jun. las einen Aufsatz

„über die Bestimmung der nicht flüchtigen Bestandtheile des Weines.“

Der nach Verdampfung des Weines bei 100° C. zurückbleibende feste Rückstand, der sogenannte Weinextrakt, enthält die festen freien Säuren, die Salze, Zucker, Gummi, Eiweiss, Extraktivstoff und die Farbstoffe. Es kann wohl nicht bezweifelt werden, dass dieser nach der Verdampfung des Weines zurückbleibende feste Rückstand von dem grössten Einflusse auf den Geschmack und den Werth des Weines sein müsse; das Gummi z. B., so gering auch dessen im Weine vorkommende Menge ist, vermag immerhin vereint mit dem Zucker die scharfen Säuren im Geschmacke etwas zu mildern etc. Ausser dem Alkoholgehalte und dem Bouquet tragen zur Güte eines Weines alle Stoffe, welche in dem Extrakte vorkommen, in ihrer Totalität zusammengefasst sehr vieles bei, von nicht minderem wesentlichen Einflusse auf die Güte des Weines ist aber auch jeder nicht flüchtige Bestandtheil im Einzelnen. Wenn auch die Menge des Weinextraktes keinen ausreichenden Masstab für die Beurtheilung eines Weines sein kann, so besteht doch gewiss ein bestimmtes Verhältniss zwischen derselben und dem Werthe, den man einigen Weinsorten beilegt.

Die ausgedehntesten Untersuchungen über die festen Bestandtheile des Weines sind von Vlaanderen¹ geliefert worden. Die von ihm gefundenen Mengen Weinextraktes stehen nicht ganz in Uebereinstimmung mit dem, was Andere vor ihm fanden. Seine Resultate stehen durchschnittlich etwas niedriger; es mag indess wohl sein, dass bei früheren Untersuchungen der Weinextrakt, welcher äusserst schwierig wasserfrei zu erhalten ist, nicht so sorgfältig getrocknet worden war. Vlaanderen's

(1) Mulder, die Chemie des Weines. 1856. S. 299.