

# Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

---

Band XI. Jahrgang 1881.

---

**München.**

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1881.

~  
In Commission bei G. Franz.

Nachtrag zur Sitzung vom 5. Juni 1880.

---

Geheimrath v. Pettenkofer berichtet über eine von ihm mit Professor v. Voit ausgeführte Arbeit:

„Zur Frage der Ausscheidung gasförmigen Stickstoffs aus dem Thierkörper“.

Nachdem es bei einer Anzahl von Thieren (besonders am Hund und der Taube) in langwährenden Versuchsreihen und nach Ueberwindung vorher nicht geahnter Schwierigkeiten gelungen war, in dem Harn und Koth ebenso viel Stickstoff aufzufinden als in der Nahrung dargereicht worden war, und zwar unter Umständen, unter welchen früher ein Deficit bis zu 59 Prozent sich ergeben hatte, schien es uns bewiesen zu sein, dass der aus der Zersetzung der stickstoffhaltigen Stoffe im Thierkörper stammende Stickstoff vollständig oder wenigstens so weit als es für die Erforschung des Verbrauchs dieser Stoffe in Betracht kommt, in den genannten Excreten ausgeschieden wird, d. h. dass kein aus jener Quelle herrührender Stickstoff auf einem anderen Wege, namentlich nicht in gasförmigem Zustande durch Haut und Lunge, den Körper verlässt.

Ein solcher Nachweis kann selbstverständlich nur dann gelingen, wenn das Thier gerade so viel stickstoffhaltige Substanz zerstört als es aufnimmt, d. h. wenn es weder Stickstoff von seinem Körper verliert noch Stickstoff an seinem Leibe ansetzt. Wir halten es nicht für nöthig,

hier nochmals auf alle die Thatsachen zurückzukommen, welche als Beweise für jenen Satz beigebracht worden sind; wir heben nur hervor, dass in obigen Fällen nicht nur aller Stickstoff, sondern auch die nicht flüchtigen Aschebestandtheile der Nahrung vollständig im Harn und Koth wieder erschienen.

Von J. Seegen und J. Nowak, welche es schon mehrmals versucht hatten, an dieser Grundlage der Gesetze des Eiweissumsatzes im Thierkörper zu rütteln, ist im Jahre 1879<sup>1)</sup> eine Abhandlung erschienen, in welcher einestheils behauptet wird, dass wegen der Ungenauigkeit der Bestimmung der Stickstoffeinnahmen (mittels der Methode von Will-Varrentrapp) die alleinige Ausscheidung des Stickstoffs im Harn und Koth nicht erwiesen sei, ja sich vielmehr bei richtiger Ermittlung des Stickstoffgehalts der Nahrung in den betreffenden Versuchen ein nicht unbeträchtliches Stickstoffdeficit ergebe, andernteils versucht wird, die Ausscheidung von gasförmigem Stickstoff in der Perspiration experimentell festzustellen.

Bei der Art und Weise, in welcher Seegen und Nowak an unseren Versuchen Kritik üben zu können meinen, waren wir lange zweifelhaft, ob uns überhaupt zugemuthet werden könne, darauf auch nur ein Wort zu entgegnen, zudem wir keinen Augenblick im Zweifel waren, dass unsere Angaben über das Austreten des Stickstoffs im Harn und Koth richtig sind und durch sorgfältige Untersucher stets ihre volle Bestätigung finden würden<sup>2)</sup>, und ferner auch

---

1) Archiv f. d. ges. Physiol. 1879 Bd. 19 S. 347; siehe auch Sitzungsber. der Wiener Akad. 1875 Abth. 3 Bd. 71 Aprilheft.

2) Es wäre nämlich einer der sonderbarsten Zufälle gewesen, wenn stets gerade der bei der Verbrennung mit Natronkalk nicht erhaltene Theil des Stickstoffs in gasförmigem Zustande den Körper verlassen hätte, nicht nur beim Hund, sondern auch bei der Taube und bei vielen anderen Organismen, und zwar bei Versuchen, bei welchen die übrigen

voraussetzen durften, es würden die sich uns alsbald aufdrängenden Bedenken gegen die von Seegen und Nowak zum Nachweis der gasförmigen Stickstoffausscheidung angewendete Methode auch ohne unser Zuthun Anderen sich ebenfalls aufdrängen. Schliesslich glaubten wir doch im Interesse der Sache auf eine nähere Prüfung der von Seegen und Nowak gemachten Angaben eingehen zu sollen. Es bedienen sich heutzutage leider Manche in ihren kritischen Publikationen gegen Andere einer Sprache, die der Wissenschaft keinen Nutzen, sondern ihrem Zwecke, der Erkenntniss der Wahrheit, nur Schaden bringt. Es ist daher gewiss sehr zu wünschen, dass diese Art und Form der Polemik verschwinde; wir wenigstens werden selbst auf die grübsten Angriffe, zu welchen auch die Auslassungen der Herren Seegen und Nowak gehören, stets nur eine sachliche Antwort geben.

Dass der erste Theil der Einwendungen von Seegen und Nowak, wornach die Bestimmung des Stickstoffs der Einnahmen bei unseren Versuchen mit beträchtlichen Fehlern behaftet sein solle, ganz und gar grundlos ist, haben die Untersuchungen von Max Gruber <sup>1)</sup> dargethan. Derselbe hat abermals durch die genauesten Versuche, bei denen zur Ermittlung des Stickstoffs sowohl die Methode von Will-Varrentrapp als auch die von Dumas angewendet wurde, bewiesen, dass sämmtlicher Stickstoff und Schwefel der Erhaltungsnahrung beim Hund im Harn und Koth zu finden

---

Elemente der Nahrung zu gleicher Zeit vollständig mit dem Stickstoff gefunden werden. Bei reichlicherer Zufuhr von Fleisch beim Hund wächst die Stickstoffausscheidung im Harn und Koth, bis sie eben wieder den mit Natronkalk im Fleisch gefundenen Werth erreicht, auf dem sie dann verharret; giebt man darnach wieder weniger Fleisch, so sinkt die Ausscheidung allmählich, bis abermals jener Punkt erreicht ist; bei einer anderweitigen Stickstoffabgabe vom Körper wäre dies Verhalten auch unter den gewagtesten Annahmen nicht zu erklären.

1) Zeitschrift für Biologie 1880 Bd. 16 S. 367.

ist, und dass die Natronkalkverbrennung für die von uns gebrauchten Substanzen ganz sichere Resultate giebt<sup>1)</sup>).

Aus diesem Nachweis kann zugleich, wie es früher schon von uns geschehen ist, geschlossen werden, dass kein Stickstoff den Körper gasförmig verlässt, sowie dass die Angaben von Seegen und Nowak hierüber unrichtig sein müssen. Es lassen sich nun auch an dem von Letzteren be-

---

1) Nachdem von dem Einen von uns (V.) dargethan worden war (*Zeitschr. f. Biologie* 1868 Bd. 4 S. 297), dass der Hund Seegen's eben so viel Stickstoff im Harn und Koth entfernte als er im Fleisch zugeführt erhalten hatte, und dabei mehr Harn lieferte als früher, wo von diesem Secrete im Käfig verloren gegangen war, stellte Seegen die Behauptung auf (*Sitzungsber. d. Wiener Akad.* 1871 Abth. 2 Bd. 63), es wäre von dem Hunde durch das öftere Harnlassen mehr Harn entleert worden und dadurch die Summe des Harnstoffs grösser geworden; es ist aber ganz unverständlich, wie durch häufigeres Entleeren der Blase, was übrigens nicht so oft stattfand als Seegen angiebt, die 24 stündliche Harnstoffmenge gesteigert werden oder wohin der bei seltenerer Entleerung der Blase nicht ausgeschiedene Harnstoff hinkommen soll. Auch jetzt hält Seegen (a. a. O. S. 355) die damalige Harnmenge für eine anormale, denn der Hund habe 2200 g Wasser in 1200 g Fleisch und 1300 g Trinkwasser aufgenommen und dagegen 2160 ccm Harn entleert, so dass, wie er meint, nur 40 ccm Wasser für Haut und Lunge übrig blieben, was doch auf die Dauer nicht der normalen Ausscheidung entspreche. Seegen hat aber den Harn für reines Wasser genommen, denn in 2160 ccm = 2205 g Harn sind (bei 1021 spec. Gew.) nur 2088 g Wasser (siehe *Zeitschr. f. Biologie* 1865 Bd. 1 S. 138), so dass hierdurch schon 112 g Wasser für gasförmige Ausscheidung zur Verfügung stehen; ferner wird bekanntlich im Körper auch Wasser erzeugt und zwar durch Verbrennung des Wasserstoffs des verzehrten Fleisches, was nach Abtrennung des Harnstoffs 134 g Wasser ausmacht, so dass 246 g Wasser täglich für Haut und Lunge zur Verfügung stehen, was völlig genügend ist. Und wenn selbst das aufgenommene Wasser für die Lungen- und Hautausdünstung nicht zureichen sollte, so ist doch deshalb die Harnausscheidung nicht eine abnorme, und könnte in einem solchen Falle das nöthige Wasser für die Perspiration für einige Zeit ohne wesentliche Störung von dem Körper genommen werden.

nutzten Apparate und an dem von ihnen eingehaltenen Verfahren Fehler und Mängel auffinden, welche die Gewinnung richtiger Resultate unmöglich machen.

Lavoisier, welcher schon vor hundert Jahren die ersten quantitativen Untersuchungen über den Sauerstoffverbrauch durch den Menschen und durch Thiere unter verschiedenen Umständen angestellt hat, die sich durch die neueren Untersuchungen vollständig bewahrheitet haben, hielt sich zu der Annahme berechtigt, dass der atmosphärische Stickstoff am thierischen Stoffwechsel keinen Antheil nehme, dass vielmehr dabei Stickgas weder aufgenommen noch ausgeschieden werde. Regnault, welcher in Verbindung mit Reiset die Versuche von Lavoisier an kleineren Thieren in einem sinnreich construirten Apparate wiederholte, kam im Wesentlichen zu den gleichen Resultaten; nur fand er, dass die im Apparate eingeschlossene Luft, in welcher er die Thiere längere Zeit leben liess, ohne dieselbe durch Ventilation zu erneuern, in welcher er, wie schon Lavoisier gethan, nur den verzehrten Sauerstoff ersetzte und die ausgeschiedene Kohlensäure wegnahm, wodurch bei sorgfältiger Behandlung jede Aenderung des Stickstoffs durch das Thier bemerkbar werden musste, bald eine geringe Vermehrung, seltener eine geringe Verminderung ihres ursprünglichen Stickstoffgehaltes zeigte. Regnault vermied es, weiter gehende Schlüsse aus dem Auftreten und Verschwinden gasförmigen Stickstoffs zu ziehen, und die von ihm gefundenen geringen Differenzen zwischen Soll und Haben machten auch bei Anderen, bei Physiologen und Chemikern, keinen besonderen Eindruck: erst als bei den Versuchen über Stoffwechselbilanz darüber der Streit entbrannte, ob der Stickstoffgehalt von Harn und Koth dem Stickstoffgehalte sämmtlicher im Organismus umgesetzten stickstoffhaltigen Stoffe entspreche, und als es den Einen glückte, den auf die Nahrung treffenden täglichen Harn und Koth so vollständig zu

sammeln, dass sie die Gleichheit jener Grössen annehmen konnten, während Andere nicht so glücklich waren, sondern die Stickstoffmenge in jenen Excreten bald mehr, bald weniger geringer fanden als die der zugeführten Nahrung, erst da beriefen sich Letztere auf die Versuche von Regnault und Reiset und suchten ihr Stickstoffdeficit damit zu stützen.

Wir, die wir zu den Ersteren gehörten, machten darauf aufmerksam, dass bei aller Achtung vor Regnault und seinen Respirationsversuchen, bei welchen er ja auf die Menge und Zusammensetzung der aufgenommenen Nahrung, sowie auf den Harn und Koth oder die im Körper zerstörten Stoffe nicht die mindeste Rücksicht genommen hatte, die zeitweise beobachtete geringe Vermehrung des gasförmigen Stickstoffs sich auch anders erklären könnte als aus einer Ausscheidung von Stickstoffgas bei dem Zerfall von Eiweiss — ein Vorgang, welchen die im thierischen Organismus bekannten Bedingungen von vorn herein nicht als wahrscheinlich annehmen lassen. Wir machten darauf aufmerksam, dass Stickstoffgas aus der Atmosphäre während der stets lang dauernden Versuche hinzugetreten sein könnte z. B. durch Diffusion, aber auch dass das Thier Stickgas aus der Luft absorhirt oder vorher daraus absorhirtes wieder abgegeben haben könnte. Der erstere Einwand hat gewiss seine volle Berechtigung und es genügt nicht, um ihn zu widerlegen, die Versicherung Regnault's, dass ein Einströmen der äusseren Luft während des ganzen Versuchs unmöglich war. Die neueren Erfahrungen, namentlich die von Hüfner<sup>1)</sup>, bei welchen es sich um ungleich einfachere Vorrichtungen handelte, haben die besondere Schwierigkeit des vollkommenen Luftabschlusses sehr deutlich illustriert; es ist nur unter ganz bestimmten Vorsichtsmaassregeln möglich, bei einem

---

1) Journ. f. prakt. Chemie 1874 Bd. 10 S. 1, 1875 Bd. 11 S. 43, 1876 Bd. 13 S. 292.

so ausserordentlich complicirten Apparate mit den vielen Verbindungsstellen und bei der Luftbewegung durch Saugvorrichtungen die Diffusion und das Eindringen des Stickstoffs der atmosphärischen Luft vollständig auszuschliessen — und diese Maassregeln haben Regnault und Reiset nicht gekannt und nicht angewendet. Erst seitdem z. B. Ludwig in seinem Laboratorium gewisse Kautschukverbindungen an der Quecksilberpumpe vermeidet, wird daselbst ein excessiver Gehalt an Stickstoff im Blute nie mehr beobachtet.

Wir behaupten nicht, dass die von Regnault und Reiset gefundene Zunahme und Abnahme des Stickstoffgehalts des Athemraums ganz auf solchen unvermeidlichen Fehlern beruht, aber gewisse Differenzen in der Menge des Stickstoffs ergeben sich mit Nothwendigkeit aus der Anordnung des Versuchs, und es wird nach der ganzen Anlage desselben häufiger ein Eindringen als ein Heraustreten dieses Gases stattfinden müssen.

Dass namentlich bei derartigen für grössere Thiere gebauten Apparaten solche Ereignisse eintreten und in den Thieren oder in der Methode irgendwo eine beträchtliche und nicht constante Fehlerquelle sich findet, beweisen schlagend die späteren Versuche von J. Reiset <sup>1)</sup> über die Respiration von landwirthschaftlichen Hausthieren, bei welchen im Versuche Nr. III ein Schaf, welches bedeutenden Meteorismus bekam, in 14 Stunden 42 g (33 Liter) Stickgas ausgeschieden haben soll, ansehnlich mehr als in dieser Zeit im Harn und Koth sowie im Futter enthalten ist. Diese grosse Stickstoffmenge ist entweder von aussen eingedrungen oder vielleicht auch zum Theil vom Thier in den Körperhöhlen mitgebracht worden.

---

1) *Annal. de Chim. et Phys.* 1863 (3) T. 69 p. 129; *Compt. rend.* 1863 T. 56 p. 740. Dabei fand er normal bei Hammeln für den Tag eine Abgabe von 4,00—12,94 g, bei Kälbern von 6,7 g gasförmigem Stickstoff.

Bei Gelegenheit von neueren Respirationsversuchen an kleineren Thieren, welche mit allen Hilfsmitteln aufs sorgfältigste angestellt worden sind, musste man die Frage nach einer Aenderung des Stickstoffs unentschieden lassen, da man nicht im Stande war, mit Sicherheit eine Aufnahme oder Abgabe desselben nachzuweisen. So erhielt Sanders-Ezn <sup>1)</sup> in Ludwig's Laboratorium bei Kaninchen unter 36 Beobachtungen 24, welche auf eine vollkommene Gleichgültigkeit dieses Gases schliessen liessen, und 8, welche auf eine Absorption desselben hindeuteten; Scheremetjewski <sup>2)</sup> fand ebenda in 17 Fällen 12 negative und 5 positive Werthe für den Stickstoff, die er nicht aus Fehlern der Versuchsanordnung ableiten konnte. In Pfüger's Laboratorium hatte H. Schulz <sup>3)</sup> bei Fröschen mittels eines kleinen modificirten Regnault'schen Apparates eine scheinbare Stickstoffexhalation bemerkt; G. Colasanti <sup>4)</sup> dagegen, der ebendasselbst bei Meerschweinchen innerhalb 3—6 Stunden keine Aenderung in dem Stickstoffgehalt des Athemraums nachzuweisen vermochte, sprach sich dahin aus, dass höchst wahrscheinlich die Vermehrung des Stickstoffs auf einem Beobachtungsfehler beruhe. Auch nach Speck <sup>5)</sup> verhält sich der Stickstoff bei der Respiration des Menschen ganz indifferent.

Seegen hat sich nun mit Nowak vereinigt, das Verhalten des Stickstoffs beim Athemprocess an etwas grösseren Thieren während längerer Zeit zu prüfen, obwohl Beide den Beweis für die Ausscheidung von gasförmigem Stickstoff schon längst durch Regnault für erbracht halten. Sie haben bei dieser Gelegenheit namentlich den von uns erhobenen Einwurf der Möglichkeit einer Diffusion der Gase

---

1) Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1867 S. 77.

2) ebd. 1868 S. 158.

3) Archiv f. d. ges. Physiol. 1877 Bd. 14 S. 84.

4) ebd. 1877 Bd. 14 S. 95.

5) Archiv f. exper. Pathol. u. Pharmakol. 1879 Bd. 12 S. 1.

während der Dauer der Versuche gründlich zu beseitigen gesucht, indem sie alle Dichtungen am Apparate, welche Regnault noch mit Kitt und Kautschuk bewerkstelliget hatte, nun ausschliesslich durch Quecksilberschlüsse erzielten, und indem sie ferner den aus einer Mischung von Braunstein und chlorsaurem Kali erzeugten Sauerstoff in einer Gasglocke aufsammelten, deren Sperrflüssigkeit Wasser war, welches sie mit einer Oelschicht übergossen, während Regnault dafür grosse Glasflaschen benutzt hatte, die mit einer gesättigten wässerigen Lösung von Chlorecalcium gefüllt waren. Durch diese Anordnungen glauben sie jede Möglichkeit einer Diffusion ausgeschlossen zu haben.

Ihre Bemühungen hatten nun auch den Erfolg, dass sie nicht nur wie Regnault häufig, sondern immer den Stickstoffgehalt der Luft im Apparate nach dem Versuche vermehrt fanden, was nach ihrer Ansicht nur von einer Ausscheidung gasförmigen Stickstoffs seitens der Thiere herrühren konnte, und dass sie diese Ausscheidung viel grösser fanden, als sie Regnault und Reiset durchschnittlich gefunden hatten, wornach es den Anschein gewinnt, als ob bei letzteren Forschern Stickstoffgas aus der Atmosphäre in den Apparat nicht nur nicht eingetreten, sondern aus ihm sogar Stickstoff verloren worden wäre, oder als ob sie sorgloser wie jene gearbeitet hätten.

Im Nachfolgenden wollen wir nun prüfen:

1. ob die Diffusion zwischen dem in einem mit einer Oelschicht gesperrten Gasometer aufbewahrten Sauerstoff und dem in der umgebenden Luft vorhandenen Stickstoff wirklich ausgeschlossen ist;
2. ob neben der Diffusion nicht auch noch andere Quellen für gasförmigen Stickstoff in der Methode und in dem Apparate von Seegen und Nowak gegeben waren, und
3. was sonst noch gegen deren Methode, sowie
4. gegen deren Schlussfolgerungen zu erinnern ist.

## I.

Wir wissen nicht, wie Seegen und Nowak zu der Ansicht kamen, dass die Diffusion der Gase durch Wasser hindurch verhindert werde, wenn man auf das Wasser eine Schichte Oel bringt, wie sie S. 384 ihrer Abhandlung angeben; wir wissen aber, dass Rüböl und andere fette Oele schneller und mehr Luftblasen entwickeln, selbst als Wasser, wenn man sie unter die Luftpumpe bringt und einen luftleeren Raum herstellt. Aus Versuchen von Saussure<sup>1)</sup> ist bekannt, dass Olivenöl fast 50 % mehr Kohlensäure absorbirt als Wasser. Vogel und Reischauer<sup>2)</sup> berichten über die Verdunstung von Wasser, das mit einer Oelschichte bedeckt ist, und über die Durchdringung einer Oelschichte durch atmosphärischen Sauerstoff; eine Lösung von sog. reducirten Indigo (Indigoküpe) mit einer Pipette unter Oel gebracht wird blau, wenn Luft über dem Oele steht, und Eisenoxydullösungen unter Oel aufbewahrt nehmen rasch Sauerstoff aus der Luft durch das Oel hindurch auf. Sie sagen: „Dieses Factum dürfte namentlich für jene Fälle von Bedeutung sein, wenn man durch Uebergiessen mit Oel eine Flüssigkeit von der Luft abzuschliessen und vor deren oxydirender Wirkung zu schützen sucht.“ Nägeli wollte ferner niedere Pilze von dem Sauerstoff der Luft abschliessen, indem er die Flüssigkeit, in welcher sie sich befanden, mit Oel übergoss; aber die Pilze sammelten sich unter dem Oel an und gediehen durch den das Oel durchsetzenden Sauerstoff vortrefflich.

Nach diesen Erfahrungen zweifelten wir nicht, dass fettes Oel Gase aus Wasser oder Luft absorbirt und an

---

1) Siehe Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie von Liebig, Poggendorff und Wöhler 2. Aufl. Bd. 1 S. 31.

2) Neues Repertorium f. Pharmacie von L. A. Buchner 1859 Bd. 7 S. 485 und Bd. 8 S. 437.

Wasser oder Luft abgiebt. Eine solche Flüssigkeit ist aber auch das Sperrwasser im Gasometer von Seegen und Nowak, welches Sauerstoff aus dem Gasometer trotz Oelschichte hinaus, und Stickstoff von aussen in den Sauerstoff im Gasometer hinein befördern muss.

Um uns von diesem Gasaustausch durch Oel auch thatsächlich zu überzeugen, füllten wir einen Bunsen-Gasometer aus Glas mit trockener Kohlensäure, liessen dann durch die am unteren Tubulus angebrachte Glasröhre so viel möglichst luftfrei gemachtes frisches Rüböl fliessen, dass es im Gasometer eine 25 mm hohe Schichte bildete, und liessen schliesslich durch dieselbe Röhre aus einer Pipette 100 ccm luftfrei gemachtes Wasser, das sich mit Barytwasser gemischt nicht trübte, unter die Oelschichte fliessen, und schlossen dann den Glashahn an der Spitze des Gasometers sowie die Röhre im Tubulus. Es musste sich nun zeigen, ob die Kohlensäure durch die Oelschichte hindurch ins Wasser und bis zu welchem Betrage übergeht. Nach 24 Stunden wurden mit einer Pipette 30 ccm Wasser herausgenommen und mit 30 ccm eines titrirten Barytwassers gemischt. Es zeigte sich sofort eine sehr starke Fällung von kohlen-saurem Baryt. Eine Titrirung ergab, dass die 100 ccm Wasser durch die Oelschichte hindurch  $22,5 \text{ ccm} = 44,2 \text{ mg}$  Kohlensäure aufgenommen hatten.

Um den umgekehrten Gang zu veranschaulichen, wie vom Wasser absorbirte Gase durch eine Oelschichte hindurch in darüberstehende Luft übergehen, wurde ein Bunsen-Gasometer mit kohlen-säurefreier Luft gefüllt. Auf dem Boden desselben befand sich eine ebenso hohe Oelschichte wie im vorigen Versuche, durch welche die Luft in den Gasometer eintrat. Nachdem das Einleiten und Durchleiten von Luft genügend lange gedauert hatte, liessen wir unter das Oel 100 ccm Wasser fliessen, durch welches eine Zeit lang Kohlensäure — aber nicht bis zur völligen Sättigung —

geleitet worden war. Die beiden Oeffnungen am Gasometer wurden nun wieder verschlossen und alles 24 Stunden lang sich selber überlassen. Nach dieser Zeit wurde die im Gasometer über der Oelschichte befindliche Luft durch Nachgiessen von luftfreiem Wasser verdrängt und durch titrirtes Barytwasser geleitet. Das Barytwasser trübte sich stark; 694 ccm Luft enthielten 5,8 ccm Kohlensäure (= 0,83%).

Der Versuch wurde wiederholt und die Luft im Gasometer erst nach 48stündigem Stehen durch Barytwasser getrieben. Da zeigten 570 ccm Luft 8,0 ccm Kohlensäure (= 1,40%).

Um uns zum Ueberfluss zu überzeugen, dass die im Wasser und in der Luft nachgewiesene Menge Kohlensäure nicht von einer etwaigen Kohlensäureproduction der Oelschichte während des Versuches abgeleitet werden könne, füllten wir wieder einen Bunsen-Gasometer mit kohlensäurefreier Luft, brachten die Oelschichte hinein und darunter 100 ccm kohlensäurefreies Wasser, und liessen alles 24 Stunden stehen. Nach dieser Zeit wurde die Luft aus dem Gasometer durch Barytwasser getrieben, welches vollkommen klar blieb.

Bei all diesen Versuchen zeigten sich nie Spuren von Gasblasen, weder im Oel noch im Wasser; der Gasaustausch kann demnach nur auf dem Wege der Absorption und Diffusion durch Wasser und Oel hindurch erfolgt sein.

Das Einzige, wornach wir noch ein Bedürfniss fühlten, war, eine Vorstellung davon zu gewinnen, wie schnell oder langsam diese Diffusionsvorgänge durch Oelschichten hindurch stattfinden. Dazu glaubten wir am einfachsten zu gelangen, wenn wir in einem Bunsen-Gasometer den Uebergang von Kohlensäure durch eine Oelschichte in unter derselben befindliches Wasser mit Hilfe eines Manometers beobachteten. Wir wählten dazu einen langschenkigen, mit Wasser gefüllten und mit einer Millimetertheilung versehenen

Manometer, welcher mittels eines Kautschukschlauches, der auf den Glashahn des Gasometers aufgesetzt wurde, mit dem Kohlensäuregas in Verbindung gebracht wurde. Der Schlauch hatte ein verschliessbares Seitenrohr, um den Manometerstand beliebig auf Null zu stellen. Der Versuch wurde in einem Raum im Kellergeschosse des hygienischen Instituts ausgeführt, welcher für Gasuntersuchungen bestimmt nicht heizbar ist und den Tag über keine merkliche Temperaturschwankung zeigt. Gasometer, Manometer, Kohlensäureentwicklungsapparat, Oel und Wasser waren hinreichend lange vor Beginn des Versuches in dem Raume aufgestellt, um dessen Temperatur anzunehmen. Nachdem der Gasometer mit trockenem Kohlensäuregas gefüllt war, wurde die Oelschicht und darunter 100 cem luftfreies Wasser hineingebracht, die Zuflussröhre im Tubulus des Gasometers und das Seitenrohr am Manometer geschlossen, während der Hahn am Gasometer geöffnet blieb. In dem Maasse nun, als Kohlensäure vom Oel aufgenommen und an das darunter befindliche Wasser abgegeben wurde, musste die Druckdifferenz zwischen der Kohlensäure im Gasometer und der umgebenden Atmosphäre wachsen.

Die Beobachtung begann Mittags 11 Uhr 20 Minuten; die folgende Zusammenstellung zeigt, wie rasch und anhaltend die Absorption der Kohlensäure erfolgte:

	Z e i t		Druckdifferenz in Mm
7. Febr. 1880	11 Uhr 20 Min.	Mittags	0
	11 "	35 "	28
	11 "	50 "	35
	12 "	10 "	77
	12 "	35 "	108
	3 "	30 "	170
	6 "	5 "	Abends 223
8. Febr. 1880	8 "	10 "	Morgens 235
	12 "	50 "	Mittags 206

Man sieht das rasche Ansteigen der Druckdifferenz, welche schon nach 7 Stunden dem Maximum, welches nach etwa 20 Stunden beobachtet wurde, sehr nahe kommt, auf dem es aber nicht stehen bleibt, sondern von da wieder zurückgeht, wahrscheinlich in Folge unvermeidlicher Diffusion durch einige Kautschukröhren und vielleicht auch in Folge anderer minimaler Undichtigkeiten, die sich erst im Laufe der Zeit bemerkbar machten. Die Temperatur im Kellerraume schwankte zur Zeit zwischen 2,8 und 4° C., und es war am 8. Februar Mittags 12 Uhr etwas wärmer als Morgens 8 Uhr, wo das Maximum der Druckdifferenz und das Minimum der Temperatur abgelesen wurde.

Wer diese Thatsachen beachtet, kann unmöglich mehr glauben, dass das Sauerstoffgas in der Gasglocke von Seegen und Nowak, über Wasser und Oel aufbewahrt, länger als einige Secunden frei von Stickstoff wird geblieben sein. In dem Maasse, als der Absorptionscoëfficient des Stickstoffs kleiner als der der Kohlensäure ist, wird zwar die Diffusion von Stickstoff durch Wasser und Oel langsamer oder geringer als die der Kohlensäure sein, aber vor sich gehen wird sie in jedem Augenblicke und um Vieles leichter als durch Kautschuk und Korkholz. Es ist daher nur eine Frage der Zeit, wie viel Stickstoff aus der Atmosphäre in das im Gasometer aufbewahrte Sauerstoffgas eindringt.

Um hierüber Anhaltspunkte zu bekommen, liessen wir uns einen Gasometer, welcher etwa 15 Liter fasste, sowie eine kupferne Retorte ganz nach den Principien von Seegen und Nowak herstellen, brachten an allen Verbindungsstellen Quecksilberschlüsse an, gossen auf das Wasser im Gasometerbassin eine 4 cm hohe Schichte Rüböl, entwickelten den Sauerstoff aus einem Gemenge von chloresurem Kali und Braunstein, der keinen Stickstoff enthielt (was, wie wir später noch zeigen werden, durchaus nicht immer der

Fall ist). Das frisch bereitete Sauerstoffgas enthielt keine merkliche Menge Stickstoff, nach 7tägigem Stehen im Gasometer enthielt es 1,52 Vol.-Proc., nach 4 Wochen sogar 6,0 Vol.-Proc. Stickstoff.

Um das Sauerstoffgas auf Stickstoff zu prüfen, bedienten wir uns nicht der Bunsen'schen eudiometrischen Methode, weil man da stets nur verhältnissmässig kleine Mengen in Untersuchung nehmen kann, sondern wir leiteten einige Liter Sauerstoffgas, das wir mittels einer Quecksilberpumpe aus dem Gasometer zogen, durch eine Verbrennungsröhre über glühende Kupferspäne, auf welche noch glühendes Kupferoxyd folgte. Vom Quecksilberventil der Pumpe an wurde durch ein Zweigrohr zuerst längere Zeit Kohlensäure durch das glühende Verbrennungsrohr geleitet, bis alle atmosphärische Luft ausgetrieben war, was leicht daran zu erkennen ist, dass das aus der Verbrennungsröhre kommende Gas, unter Quecksilber aufgefangen, von Kalilauge vollständig absorbirt wird. Wenn dies eingetreten war, wurde der Kohlensäurestrom abgesperrt und Sauerstoffgas aus dem Gasometer durchgepumpt, welches sehr rasch vom glühenden Kupfer absorbirt wurde, so dass auch ohne Pumpen Sauerstoff durch das glühende mit Kupfer gefüllte Rohr von selbst nachgesaugt wurde. Es empfiehlt sich aber nicht, das Pumpen ganz zu unterlassen, da sonst die Wände der glühenden Glasröhre leicht nach innen sich biegen. Um das Aufblähen zu hindern, muss die Verbrennungsröhre mit Streifen von dünnem Messingblech umwickelt werden, weil die Operation meist über eine Stunde dauert, und sich sonst am Glase stellenweise Blasen bilden, welche leicht durchschmelzen. Ehe das Einleiten von Sauerstoff beginnt, wird die vom Verbrennungsrohr wegführende Gasentwicklungsröhre unter eine mit Quecksilber und zuvor ausgekochter Kalilauge gefüllte graduirte Glasglocke geleitet. Wenn

man mit dem Durchleiten von Sauerstoff aufhört, lässt man wieder Kohlensäure durchgehen, um allen Sauerstoff in die Verbrennungsröhre, und aus dieser alles etwa vorhandene Stickstoffgas in den Messcylinder zu treiben, in welchem die Kohlensäure von der Kalilauge völlig absorbiert wird. Das im Messcylinder befindliche Gas wird auf bekannte Weise gemessen.

Wir brauchten stets die Vorsicht, nach Beendigung des Versuches etwas Pyrogallussäure in die Kalilauge im Messcylinder zu bringen und zu beobachten, ob vielleicht etwas Sauerstoff unabsorbiert durch die Verbrennungsröhre gegangen sei, konnten aber nie eine Verringerung des Volums des Gases wahrnehmen. Glühendes Kupfer gehört zu den besten Absorptionsmitteln für Sauerstoffgas.

Ebenso überzeugten wir uns, dass das von Kalilauge nicht absorbierte Gas kein Kohlenoxyd war, welches sich in geringer Menge bilden soll, wenn Kohlensäure über glühendes Kupfer geleitet wird, welches aber durch glühendes Kupferoxyd wieder zu Kohlensäure wird, weshalb nach den Kupferspänen noch eine Lage Kupferoxyd angebracht war. Das gemessene Gas zeigte stets alle Eigenschaften des Stickstoffs.

3 Liter frisches Sauerstoffgas, wie es aus der Retorte kommt, gaben  $0,6 \text{ ccm} = 0,75 \text{ mg}$  Stickstoff (in 1 Liter  $0,25 \text{ mg}$ ).

2,5 Liter Sauerstoff, sieben Tage (vom 10. bis 16. Januar) im Gasometer über Wasser und Oel aufbewahrt, gaben  $38 \text{ ccm} = 47,8 \text{ mg}$  Stickstoff (in 1 Liter  $19,1 \text{ mg}$ ).

1,75 Liter Sauerstoff, 4 Wochen (vom 10. Januar bis 6. Februar) im Gasometer aufbewahrt, gaben  $105 \text{ ccm} = 131,9 \text{ mg}$  Stickstoff (in 1 Liter  $75,4 \text{ mg}$ ).

Aus diesen Thatsachen geht deutlich hervor, dass es kein glücklicher Gedanke von Seegen und Nowak war, Regnault's Verfahren verbessern zu wollen, indem sie wohl die

Kautschukverbindungen durch Quecksilberverschlüsse ersetzt, aber das Sauerstoffgas über Wasser und Oel anstatt über einer gesättigten Chlorcalciumlösung aufsammelten: sie haben durch ihre Quecksilberverschlüsse wohl einige kleine Löcher für die Diffusion verstopft, aber dafür durch die Sperrflüssigkeit ihres Gasometers ein grosses Loch aufgemacht.

Aus Saussure's Versuchen ergibt sich, dass bei einer Temperatur von  $18^{\circ}\text{C}$ . das Olivenöl 151% seines Volums an Kohlensäure aufnimmt, eine Chlorcalciumlösung von 1,402 spec. Gewicht bei gleicher Temperatur nur 26%, und das ist sicherlich einer der Gründe, wesshalb Regnault keine so grosse und constante Stickstoffvermehrung in seinem Apparate gefunden hat, wie Seegen und Nowak in dem ihrigen <sup>1)</sup>.

Bei Regnault und Reiset kann es Differenzen gemacht haben, ob eine Flasche Sauerstoff älter oder jünger war, d. h. ob sie längere oder kürzere Zeit nach der Füllung gestanden, ehe das Gas in Gebrauch kam. Seegen und Nowak haben so zu sagen stets aus ein und derselben Flasche ihr Gas genommen, und vielleicht auch deshalb keine so grellen Wechsel und Sprünge im Stickstoffgehalt, sondern constantere Werthe als Regnault und Reiset erhalten.

Das bei den Regnault-Reiset'schen und bei den Seegen-Nowak'schen Versuchen gefundene Plus an Stickstoff kann aber auch noch andere Quellen haben, auf die wir nun übergehen wollen.

---

1) Scheremetjewski (Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. 1868 S. 154), der im Laboratorium Ludwig's arbeitete, giebt an, dass Sauerstoffgas, welches in einer mit einem vorzüglich gearbeiteten und überall unter Wasser stehenden Messinghahn verschlossenen Flasche sich befand, nach einigen Wochen viel Stickstoff enthielt, weshalb es nöthig sei, an jedem Versuchstage eine Probe des Gasvorraths zu analysiren.

## II.

Eine dieser Quellen liegt in dem zur Sauerstoffbereitung verwendeten Braunstein, welcher nach den Untersuchungen von Deville und Debray <sup>1)</sup> beträchtliche Mengen Stickstoffgas liefern kann. Die Mittheilung der beiden Forscher in den Comptes rendus lautet in wörtlicher Uebersetzung: „Jedermann weiss seit Scheele, dass das Sauerstoffgas aus Braunstein Stickstoff enthält und dass dieses Gas sich zu Anfang der Darstellung entwickelt. Berzelius selbst beobachtete, dass das Gas aus Braunstein einen leichten salpetrigen Geruch besass. Diesen Geruch, den wir sehr oft beobachteten, schrieben wir der Gegenwart von Ozon zu. Da aber das Gas zu irgend einer Zeit der Sauerstoffbereitung aufgefangen immer Stickstoff enthielt, so mussten wir im Braunstein selbst den vorhandenen Stoff suchen, welcher ein Gas liefert, dessen Gegenwart bei unseren metallurgischen Operationen sehr hinderlich sein konnte. — Die Braunsteinsorten, welche wir bis jetzt untersucht haben, enthalten alle beträchtliche Mengen Wasser. 60 kg Braunstein von Giessen gaben 5 kg Wasser, welches merklich sauer reagirt. Wenn man dieses Wasser verdampft, nachdem man es genau mit reinem Kali neutralisirt hat, erhält man 15 g salpetersaures Kali und etwa 5 g Chlorkalium. Die Abwesenheit von salpetrigsauren Salzen unter den auskrystallisirten Salzen lässt uns annehmen, dass Chlor und Untersalpetersäure die zwei gasförmigen Producte sind, welche sich condensirt haben“.

Pelouze hat gelegentlich der Discussion über die Mittheilung von Deville den Stickstoffgehalt des mittels Braun-

---

1) Note sur la présence de l'acide nitrique dans le bioxyde de manganèse naturel par M. M. Sainte-Claire Deville et H. Debray. Comptes rendus hebdomadaires de séances de l'Académie des sciences T. 50 p. 868.

stein dargestellten Sauerstoffs gleichfalls bestätigt, glaubt aber nicht, dass der Stickstoff lediglich von salpetersauren Salzen stamme, sondern ist der Ansicht, dass er auch von anderen stickstoffhaltigen Substanzen herrühren könne. Wir stimmen dieser Ansicht bei, da wir gefunden haben, dass das aus einem Gemenge von gleichen Theilen chlorsaurem Kali und Braunstein entwickelte Gas stets beträchtliche Mengen Kohlensäure enthielt, wenn der Braunstein, mit verdünnter Schwefelsäure übergossen, auch nicht die Spur von kohlensauren Salzen anzeigte, so dass die Kohlensäure nur von der Gegenwart organischer Substanzen im Braunstein abgeleitet werden kann. Diese machen sich auch dadurch bemerklich, dass beim Erhitzen eines Gemenges von chlorsaurem Kali und Braunstein in einer Glasretorte sich sehr deutlich ein Funkensprühen zeigt. Manche Braunsteinsorte enthält so viel organische Substanz, dass beim Erhitzen mit chlorsaurem Kali schon Explosionen entstanden und dadurch Menschenleben gefährdet worden sind<sup>1)</sup>, so dass es räthlich erscheint, jede Braunsteinsorte, welche man zur Bereitung von Sauerstoff aus chlorsaurem Kali verwenden will, vorher in kleiner Menge zu prüfen.

Um zu erfahren, ob und wie viel eine Braunsteinsorte Stickstoff liefert, verfährt man ähnlich, wie bei der Prüfung des Sauerstoffes angegeben wurde: man beschickt eine Verbrennungsröhre mit doppeltkohlensaurem Natron, darnach mit dem Braunstein, darnach mit Kupferspänen und darnach mit Kupferoxyd. Durch Erhitzen des hintersten Theiles des doppeltkohlensauren Natrons entwickelt man zuerst so viel Kohlensäure, um die atmosphärische Luft auszutreiben, dann macht man das Kupferoxyd, das Kupfer und den Braunstein glühend, nachdem man das Gasentbindungsrohr

---

1) Handbuch der technischen Chemie von Kerl und Stohmann Bd. 5 S. 1488.

unter einem mit Quecksilber und Kalilauge gefüllten Glaszylinder wie bei der Dumas'schen Stickstoffbestimmung gebracht hat. Aller Sauerstoff wird vom glühenden Kupfer absorbiert. Zuletzt entwickelt man wieder Kohlensäure, um allen Stickstoff aus der Verbrennungsröhre in den Messzylinder zu treiben.

Man könnte schliesslich noch sagen, der beim Erhitzen eines Gemenges von chlorsaurem Kali und Braunstein sich entwickelnde Sauerstoff entstehe ja nicht aus dem Braunstein, sondern nur aus dem chlorsaurem Kali, der Braunstein spiele nur die Vermittlerrolle zur leichten Zersetzung des chlorsauren Kalis und bleibe selbst unzersetzt, — aber dies auch zugegeben, werden durch das schmelzende und sich zersetzende chlorsaure Kali doch jedenfalls die salpetersauren Salze und die stickstoffhaltigen organischen Substanzen im Braunstein zersetzt und machen das aus dem chlorsauren Kali sich entwickelnde Sauerstoffgas stickstoffhaltig.

Die hier mitgetheilten Thatsachen beweisen jedenfalls, dass die Bereitung von reinem, namentlich auch stickstofffreiem Sauerstoffgase aus einem Gemenge von chlorsaurem Kali und Braunstein keine Sache ist, welche sich von selbst versteht und keiner weiteren Controle bedarf. Jeder Chemiker weiss, dass reines Sauerstoffgas nur aus chlorsaurem Kali oder chlorsaurem Kali und Kupferoxyd gewonnen werden kann und man mit Braunstein ein Gasmengende erhält, dessen Zusammensetzung man ohne genauere Untersuchung nicht anzugeben vermag.

Es giebt Braunsteinsorten im Handel, welche viel, und solche, welche sehr wenig Stickstoff liefern. Wir haben z. B. eine Sorte erhalten, welche auf 50 g, die mehr als 4 Liter Sauerstoff entwickeln, nur 0,4 ccm Stickstoff lieferte. Wie viel von diesem Gase die Sorte giebt, welche Seegen

und Nowak zur Sauerstoffbereitung verwendeten, kann nur durch eine besondere Prüfung entschieden werden. —

Es giebt noch eine andere Möglichkeit des Auftretens von Stickstoff in dem Athemraume des Apparats von Seegen und Nowak. Die Thiere verweilen von 12 bis zu 110 Stunden in demselben, und es werden der Harn und der Koth in ihm entleert. Aus dem alkalisch reagirenden Harn der Kaninchen wird bald durch Zersetzung des Harnstoffs Ammoniak entwickelt, aber auch aus dem Harn des Hundes, namentlich wenn er in Berührung mit dem Koth kommt und die beiden Excrete die Wandungen des Käfigs sowie den Thierkörper beschmutzen. Dies findet aber in dem Apparate von Seegen und Nowak statt, da in ihm keine Vorrichtung getroffen ist, den Harn und Koth von dem Thier zu separiren. Wir haben während 72 Stunden einmal fünf Kaninchen und ein anderes Mal einen kleinen Hund in den etwa 343 Liter fassenden Athemraum des kleinen Respirationsapparates gebracht und denselben mittels Durchsaugen von Luft eben ausreichend ventilirt. Man macht sich keine Vorstellung davon, welchen Anblick der Käfig und die Thiere nach Verlauf einiger Zeit darbieten. Die Wandungen des Käfigs beschlagen sich mit Wasser, weil die Thiere den Harn in denselben lassen und auch Trinkwasser in einer Schale darin aufgestellt ist; das Wasser rinnt von den Wänden auf den Boden herab und mischt sich mit dem Harn und Koth; die Füße der Thiere und zuletzt der ganze Körper derselben waren benetzt und besudelt von der Jauche. Niemals würden wir unter solchen Umständen einen Versuch über den Gasaustausch eines Thieres angestellt haben.

Nach Aufhören der Ventilation und nach der Entfernung der Thiere ist in dem Raume ein ganz entsetzlicher Geruch bemerkbar, aus dem man mit aller Sicherheit Ammoniak herauskennen und mit Curcumapapier leicht

nachweisen kann. Da auch die am Boden des Käfigs befindliche Flüssigkeit sowie das an den Wandungen niedergeschlagene Wasser stark alkalisch reagieren, so sollte man glauben, dass mit dem Luftstrom beträchtliche Quantitäten von Ammoniak entführt werden.

Wir haben nun den Ammoniakgehalt der Luft in den beiden vorher erwähnten Versuchen bestimmt.

a) Versuch am Kaninchen (2. bis 5. März 1880).

Fünf Kaninchen; Versuchsdauer 72 Stunden; Versuchsraum 343 Liter fassend; Futter: Semmel mit Milch, gelbe Rüben und Wasser.

Eine Probe der in den Kasten eindringenden Luft (650,9 Liter), sowie die aus dem Kasten ausgesaugte Luft (10946,8 Liter) wurden durch Flaschen geleitet, in welchen sich mit Salzsäure befeuchtete Glasperlen befanden, durch welche das vorhandene Ammoniak gebunden wurde. Es fanden sich:

in der inneren Luft . . .	0,04609 g Ammoniak
in der äusseren Luft . . .	0,01640 „
	<hr/>
von den Thieren	0,02969 g Ammoniak
	= 0,02441 Stickstoff.

b) Versuch am Hund (12. bis 15. März 1880).

Ein kleiner Hund von etwa 3 kg Gewicht; Versuchsdauer 72 Stunden; Versuchsraum 343 Liter fassend; Futter: Semmel mit Milch und etwas Fleisch.

Wie bei dem vorigen Versuch wurde eine Probe der in den Kasten eintretenden Luft (427,1 Liter) und die ganze aus dem Athemraum ausgesaugte Luft (68707,7 Liter) durch Salzsäure geleitet, um das Ammoniak abzufangen. Es wurde erhalten:

in der inneren Luft . . .	0,21037 g	Ammoniak
in der äusseren Luft . . .	0,169	„
	0,041 g	Ammoniak <sup>1)</sup>
	= 0,034	Stickstoff.

Das aus dem Kasten kommende Ammoniak wird bei der Versuchsanordnung von Seegen und Nowak durch das glühende Kupferoxyd zerlegt und Stickstoff daraus entbunden.

Aber es war in hohem Grade auffallend, dass trotz der nachträglichen Ammoniakansammlung in der Luft und in den Excreten während des Versuches nur so kleine Mengen von Ammoniak im Gasstrom sich fanden: in drei Tagen von fünf Kaninchen nur 0,030 g, von einem kleinen Hunde nur 0,041 g Ammoniak. Das entspricht so geringen Quantitäten von Stickstoff, dass sie gegenüber den von Seegen und Nowak erhaltenen Werthen nur in geringem Maasse in Betracht kommen.

Es muss also irgend eine Ursache den Uebergang des Ammoniaks aus den flüssigen sich zersetzenden Excreten in die Luft verhindern. In der an Kohlensäure reichen schlecht ventilirten Luft des Athenraums wird offenbar das in der Flüssigkeit vorhandene doppeltkohlensaure Ammoniak nicht zerlegt und also nicht in den Luftstrom übergeführt. Daher kommt es, dass die Luft im Kasten, während die Thiere sich darin befanden, nicht nach Ammoniak roch und auch nicht auf Curcumapapier reagirte, alsbald aber nach Unterbrechung der Ventilation und Entfernung der Thiere. Nur bei ausgiebiger Ventilation des Raumes oder bei Entfernung der Kohlensäurequelle wird der Uebergang des Ammoniaks in die Luft stattfinden, und es ist daher wohl möglich, dass dies bei den Versuchen von Seegen und Nowak der Fall war. Wir geben diese Erfahrung an, weil sie

---

1) Die Ammoniakbestimmungen wurden durch Herrn Dr. Feder ausgeführt.

wichtig für den Nachweis des Ammoniaks in der Athemluft ist; denn wenn sich an den Wandungen des Kastens Wasser niederschlägt, so kann dasselbe Ammoniak aus der Luft mitnehmen, welches sich dann nur schwer als Gas wieder entfernen lässt. Auch dürfen dabei selbstverständlich die Thiere den Harn und Koth nicht im Atherraume entleeren. Bei unseren früheren Versuchen über die Ausscheidung von Ammoniak durch Haut und Lunge liessen die Thiere den Harn stets ausserhalb des Käfigs und condensirte sich kein Wasser an den Wänden des Respirationsapparates. —

Das Sauerstoffgas, womit Seegen und Nowak ihren Käfig speisen, scheint den Thieren nicht gesund gewesen zu sein, denn die letzteren erkrankten und starben selbst, wenn die durch die Saug- und Druckpumpen circulirende Luft nicht über glühendes Kupferoxyd geleitet wurde. Sie schreiben die Krankheit zwar den organischen Dämpfen zu, welche die Thiere entwickelten, aber diese Annahme steht in auffallendem Widerspruche mit den bestimmtesten Angaben von Regnault und Reiset, welche sagen <sup>1)</sup>: „Wir haben die Thiere so viel als möglich unter die Bedingungen ihres gewöhnlichen Lebens zu bringen gesucht: wir glauben, dass uns dieses gelungen ist. Vielleicht wird man uns indessen vorhalten, dass es nicht genüge, die erzeugte Kohlensäure wegzunehmen und den verbrauchten Sauerstoff zu ersetzen; man müsste auch die aus dem Thierkörper entwickelten Miasmen entfernen, welchen man im Allgemeinen einen sehr schädlichen Einfluss auf die Gesundheit der Thiere zuschreibt, obgleich ihre Menge zu gering ist, um durch die chemische Analyse sich nachweisen zu lassen. Wir glauben, ohne die Existenz dieser Miasmen zu leugnen, dass man ihren Einfluss sehr übertreibt. So hält man

---

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 73 S. 320.

während des Winters die Schafe in Ställen, welche in vielen Ländern so viel als möglich verschlossen gehalten werden. Wenn man des Morgens eintritt, ist die Luft so stinkend, dass ein nicht daran gewöhnter Mensch nicht einige Minuten darin sich aufhalten kann, ohne davon angegriffen zu werden, und doch scheinen die Thiere keine nachtheiligen Wirkungen davon zu verspüren. Wir können ausserdem mittheilen, dass in keinem Versuch, in welchem ein Thier ein passendes Futter erhielt, wir an ihm Zeichen von Uebelbefinden bemerken konnten, selbst nicht nach mehrtägigem Aufenthalt; es verzehrte sein Futter mit demselben Appetit wie in freier Luft, und nahm beim Herausnehmen aus dem Apparat sogleich seine früheren Gewohnheiten an. Dasselbe Thier diente häufig zu vielen Versuchen, ohne dass seine Gesundheit angegriffen schien; einige der Thiere, mit welchen wir operirten, lebten noch einige Jahre darnach“.

Wir wissen nicht, ob Seegen und Nowak in diesem Falle die Autorität von Regnault und Reiset, welche sie sonst bedingungslos anerkennen, ablehnen; aber sie sagen<sup>1)</sup>: „Sobald die Thiere über 24 Stunden im Apparate verweilen mussten, wurde an ihnen in der Mehrzahl der Fälle ein deutliches Unwohlsein bemerkt, das an Intensität mit dem noch weiteren Aufenthalt im Käfig sich fortwährend steigerte“. Das veranlasste sie nun, die Luft im Käfig bei ihrer Circulation über glühendes Kupferoxyd zu führen, wornach sich die Thiere gesund erhielten.

Da in der Versuchsanordnung von Regnault und Reiset und von Seegen und Nowak kein wesentlicher Unterschied besteht, so kann die von letzteren beobachtete schlimme Wirkung des Aufenthalts im Athemraum nicht von den organischen Dämpfen der Thiere herrühren, welche ja auch bei den Versuchen der ersteren Forscher vorhanden waren;

---

1) a. a. O. S. 387.

es bleibt nichts übrig als die krankmachende Ursache in einer Verunreinigung des Sauerstoffs zu suchen.

Dies veranlasste uns, das nach Seegen und Nowak bereitete Sauerstoffgas, wie es aus der Retorte in den Gasometer strömt, etwas genauer zu betrachten. Wir leiteten es zunächst durch eine Jodkaliumlösung und fanden, dass es daraus sehr beträchtliche Mengen von Jod abscheidet. 7 Liter Sauerstoffgas, aus einem Gemenge von 25 g chlorsaurem Kali und 25 g Braunstein entwickelt, schied 76,2 mg Jod — durch arseniksaures Natron nach Mohr titirt — aus. Dieselbe Menge von chlorsaurem Kali allein, mit dem gleichen Theile Quarzpulver gemengt, lieferte ein Gas, welches nur 3,81 mg Jod ausschied. Bei Zersetzung eines Gemenges von 25 g chlorsaurem Kali und 25 g Kupferoxyd wurden nur 11,4 mg Jod ausgeschieden.

Es haben zwar Regnault und Reiset ebenso wie Seegen und Nowak den Sauerstoff aus chlorsaurem Kali und Braunstein entwickelt; es besteht jedoch der Unterschied, dass Erstere das Gas sehr sorgfältig mit Aetzkali in Berührung gebracht, ehe sie es über Chlorcalciumlösung aufgefangen haben, während Letztere es nur sehr oberflächlich mit Kalilauge waschen, ehe es in den Gasometer und von da in den Käfig zu den Thieren gelangt.

Es ist uns daher sehr wahrscheinlich, dass die Insalubrität des Sauerstoffgases bei Seegen und Nowak von einem Gehalte an Chlor herrührt, welches bekanntlich Jod aus einer Jodkaliumlösung abschneidet. Man weiss nämlich, dass das aus chlorsaurem Kali und Braunstein bereitete Sauerstoffgas Chlor enthält, welches man bei Beginn der Sauerstoffentwicklung schon durch den Geruch leicht wahrnimmt. Es war uns von Bedeutung, über die Quantitäten des dabei erzeugten Chlors einigen Aufschluss zu erhalten. Zu dem Zweck wurden 70 g eines Gemenges von gleichen Theilen chlorsaurem Kali und Braunstein, das etwa 9 Liter

Sauerstoffgas liefern konnte, in eine Verbrennungsröhre eingefüllt und nach und nach von hinten an erhitzt; das gleichmässig und langsam sich entwickelnde Gas wurde durch zwei kleine Woulff'sche Flaschen geleitet, in welchen kohlen-saures Silberoxyd in Wasser suspendirt sich befand, und dann durch eine dritte, mit Jodkaliumkleister gefüllte Flasche. Bei Beginn des Versuchs tritt eine geringe Bläuung des Kleisters ein, wahrscheinlich von einer Bildung von Oxydationsproducten des Stickstoffs der in der Röhre noch enthaltenen atmosphärischen Luft herrührend; dann bleibt der Kleister farblos, bis ganz am Schlusse des Versuchs das Silbersalz nicht mehr hinreicht, das Chlor vollständig abzufangen, es ist aber auch hier die Bläuung nur ganz unbedeutend. In den das Silbersalz enthaltenden Flaschen war jedoch eine starke Abscheidung von weissem Chlorsilber eingetreten; der Inhalt der Flaschen wurde mit verdünnter Salpetersäure übergossen, worin das Chlorsilber unlöslich ist. Das Chlorsilber wog 0,3027 g, entsprechend 0,0749 g oder 23,6 cem Chlor. Das aus dem Gasometer kommende Sauerstoffgas enthält demnach etwa 0,26 Vol.-Proc. Chlor<sup>1)</sup>. Wir fanden, dass ein sehr gründliches Waschen des frisch erzeugten Gases mit Aetzkali- oder Aetzbarytlösung die Eigenschaft desselben, aus Jodkaliumlösung Jod auszuscheiden, welche Eigenschaft dann an die Kali oder Barytlösung übergeht, sehr herabmindert, und dass Sauerstoffgas aus chlor-saurem Kali- und Braunstein entwickelt, im Gasometer aufbewahrt, die Eigenschaft Chlorsilber zu bilden und Jodkalium zu zersetzen, nach einigen Tagen verliert. Beim Leiten des Chlors über glühendes Kupferoxyd bildet sich das wenig flüchtige Kupferchlorür, weshalb aller Wahrscheinlichkeit nach die Thiere beim Glühen des Gases gesund blieben.

Es kam uns der Gedanke, ob das chlorhaltige Sauer-

---

1) Von Dr. Feder ausgeführt.

stoffgas nicht aus dem Harnstoff oder dem Ammoniak des Harns im Athemraum Stickgas entwickelt, wie das Chlor es bekanntlich thut. Wir haben deshalb von dem Sauerstoffgase durch eine Harnstofflösung von bekanntem Gehalt geleitet, beobachteten aber keine Aenderung des Titres derselben. Auch nach längerer Berührung des Gases mit Ammoniak konnte in demselben kein Stickstoff nachgewiesen werden<sup>1)</sup>. Jedoch ist eine solche Entwicklung von Stickstoff bei den Versuchen von Seegen und Nowak, wenigstens bei denjenigen, bei welchen die circulirende Luft nicht über glühendes Kupferoxyd strich, wohl möglich, da sich dabei das im Sauerstoff befindliche Chlor allmählich im Athemraum ansammeln und die Luft darin somit reicher an Chlor werden musste. —

Es finden sich demnach mehrfache Quellen für Stickstoff in der Vorrichtung von Seegen und Nowak.

Aller Stickstoff, der in einer kleinen Probe des Sauerstoffgases kaum erkennbar ist, sammelt sich aber nach und nach im Athemraum an; alle Fehler, welche bei dem Versuche gemacht werden, rechnen sich zum Stickstoff zu, dessen Menge aus dem Volum des rückständigen Gases entnommen wird. Seegen und Nowak geben über die Gasanalyse nichts an, sie sagen nur, dass sie dieselbe nach der Bunsen'schen Methode gemacht hätten; aber wie weit die Genauigkeit ihrer Bestimmung geht, ist leider nicht zu entnehmen, da sie jedesmal nur eine einzige Analyse mittheilen und kein Beispiel mit allen Zahlenresultaten angeben, aus dem die Fehlergrenzen ersichtlich wären. Bei der äussersten Sorgfalt ist die Genauigkeit der Bestimmung des Stickstoffs nach Bunsen's Methode wohl nicht grösser als auf 0,05 Vol.-Proc.; der geringste daraus stammende Fehler beträgt daher bei Analyse von 50 ccm Luft wegen

---

1) Von Dr. Feder ausgeführt.

der Berechnung von dem kleinen Gasvolum auf 50, 70 und 310 Liter und der Multiplication mit den Factoren 1000, 1400 und 6200:

bei 50 Liter Luft	25 ccm	= 0,031 g	Stickstoff
" 70 "	" 35 ccm	= 0,044 g	"
" 310 "	" 155 ccm	= 0,195 g	"

Wir wollen nun noch untersuchen, wie viel Stickstoff in dem zugeführten Sauerstoffgas enthalten sein müsste, um die von Seegen und Nowak gefundenen Mengen von Stickstoff zu decken.

Dieser Nachweis gelingt am besten, wenn man sich nicht auf ihre Versuche allein beschränkt, sondern zugleich auch die von Regnault und Reiset in Betracht zieht, welche über den gesammten Gaswechsel im Apparate ein vollständigeres Bild geben. Wir finden uns zunächst veranlasst, auf das relative Verhältniss zwischen ausgeathmetem Stickstoff und verzehrtem Sauerstoff hinzuweisen. Regnault und Reiset sagen schon in der Einleitung <sup>1)</sup>: „Die vorhergehenden Versuche zeigen, dass im Allgemeinen eine Entwicklung von Stickstoff stattfindet, dass aber die Menge des entbundenen Stickstoffs nur ein sehr kleiner Bruchtheil von der Menge des verbrauchten Sauerstoffs ist“. Wenn man die Versuche Nr. 16—26 an Kaninchen hernimmt <sup>2)</sup> und den Versuch Nr. 19, in welchem das Thier wegen Stillstandes der Pumpen zu Grunde ging, ausschliesst, so wurden 1078,6 g Sauerstoff verzehrt und 4,1 g Stickstoff ausgeathmet, was sich wie 10000:37 verhält. Die Gewichte Sauerstoff und Stickstoff in Volume umgerechnet, kommen auf 10000 Raumtheile Sauerstoff 42 Raumtheile Stickstoff, d. i. weniger als  $\frac{1}{2}$  Vol.-Proc.

1) a. a. O. S. 264.

2) a. a. O. S. 266.

Nimmt man die Versuche an Hunden <sup>1)</sup>, so ergeben sich fast genau dieselben relativen Verhältnisse. Die Hunde verbrauchten in den Versuchen Nr. 27—38 1481,4 g Sauerstoff und lieferten 5,6 g Stickstoff, was auf 10000 g Sauerstoff 38 g Stickstoff entspricht oder 43 Zehntausendtheilen, also wieder noch nicht  $\frac{1}{2}$  ‰ dem Volumen nach. Bei diesen 12 Versuchen war ein Hund *A* viermal verwendet und dabei wurde

Nr.	Sauerstoff verzehrt	Stickstoff ausgeathmet
	in Grm.	in Grm.
27	182,288	0,182
28	182,381	0,624
29	146,479	1,016
35	156,330	0,059
	667,478	1,881

oder es treffen auf 10000 g Sauerstoff 28 g Stickstoff.

Die Verhältnisszahl für den Stickstoff ist daher beim Hunde *A* niedriger als das vorher angegebene Mittel, ohne dass sich in der Nahrung oder im Verhalten des Thieres ein Grund dafür finden liesse. Die Stickstoffwerthe in den einzelnen Versuchen an einem und demselben Thiere schwanken so regellos und so bedeutend, ohne dass man sich den geringsten Grund dafür denken kann, dass man nur das Walten eines Zufalls darin zu erblicken vermag. Im Versuche Nr. 29 scheidet der Hund binnen 21 Stunden 15 Minuten 1,016 g, im Versuche Nr. 35 binnen 17 Stunden 40 Minuten nur 0,059 g aus, also einmal in der Stunde 0,041 g, das andere Mal 0,003 g — ein Unterschied um mehr als das 11fache. Die Physiologie kennt keine einzige Function, welche unter sonst normalen und gleichbleibenden Verhältnissen in solchen Sprüngen schwankte.

Die Stickstoffzahlen von Regnault und Reiset und die

---

1) a. a. O. S. 270.

von Seegen und Nowak sind nicht direct vergleichbar; die ersteren geben an, wie viel Stickstoff auf den verzehrten Sauerstoff kommt, die letzteren, wie viel auf 1 kg Thier in der Stunde trifft. Die Versuche der Letzteren können nicht auf den Maassstab der Ersteren umgerechnet werden, weil Seegen und Nowak den verzehrten Sauerstoff nicht bestimmt haben; aber die Versuche der Ersteren können auf den Maassstab der Letzteren gebracht werden, und wir wählen da wieder die Versuche am Hunde A.

Nr.	Körpergewicht in Grm.	Stickstoff in Grm.	Versuchsdauer	Stickstoff pro Kilo Thier u. Stunde in Grm.
27	6393	0,182	24 St. 30 M.	0,0011
28	6370	0,624	22 15	0,0044
29	6290	1,016	21 15	0,0075
35	6390	0,059	17 40	0,0005
Mittel:				0,0034

Unter den Versuchen von Seegen und Nowak finden sich fünf mit Hunden, welche wir in der gleichen Form anschreiben wollen:

Nr.	Körpergewicht in Grm.	Stickstoff in Grm.	Versuchsdauer	Stickstoff pro Kilo Thier u. Stunde in Grm.
16	4200	2,384	62 St.	0,0090
20	3500	2,085	70	0,0085
21	3500	1,726	62	0,0081
29	6500	1,585	32	0,0076
30	6500	2,888	68	0,0063
Mittel:				0,0079

Demnach haben die Hunde von Seegen und Nowak durchschnittlich mehr als nochmal so viel Stickstoff ausge-

athmet als der Hund A von Regnault und Reiset, was vielleicht davon herrührt, dass das über Wasser und Oel stehende Sauerstoffgas nochmal so viel Stickstoff aufnimmt als das über Chlorcalcium.

Um das volumetrische Verhältniss zwischen gewonnenem Stickstoff und verzehrtem Sauerstoff auch bei den Versuchen von Seegen und Nowak beurtheilen zu können, wollen wir zunächst annehmen, dass sie, wenn sie den verzehrten Sauerstoff bestimmt hätten, keine andere Relation als durchschnittlich Regnault und Reiset gefunden hätten.

Nach Regnault kommen bei Hunden im Mittel auf 1 g verzehrten Sauerstoffes 0,0038 g ausgeathmeten Stickstoffs. Unter Annahme der Constanz dieses Verhältnisses lässt sich die Sauerstoffmenge approximativ berechnen, welche die Hunde von Seegen und Nowak verzehrt haben müssen.

Der zu Versuch 16 verwendete	ergab	2,384 N	entsprechend	627 g O
" " "	20	" "	2,085 N	" 548 O
" " "	21	" "	1,726 N	" 454 O
" " "	29	" "	1,585 N	" 417 O
" " "	30	" "	2,888 N	" 760 O

Man kann nun die gefundenen Gewichte des Stickstoffs und die berechneten des Sauerstoffs in Volumen bei 0° und 760 mm Druck umrechnen und erhält in Litern:

für Versuch	Stickstoff in Liter	Sauerstoff in Liter	Summe von N und O	N in Vol.-Proc.
16	1,9	438,4	440,3	0,45
20	1,7	383,2	384,9	0,44
21	1,4	317,4	318,8	0,44
29	1,2	291,6	292,8	0,41
30	2,3	530,7	533,0	0,43
Mittel:				0,43

d. h. wenn das von Seegen und Nowak verwendete Sauerstoffgas 0,4 Vol.-Proc. Stickgas enthielt, so erklärt sich

unter obiger Voraussetzung die von ihnen beobachtete Vermehrung des Stickstoffs im Athemraum.

Da aber Seegen und Nowak wesentlich mehr Stickstoff erhielten als die französischen Forscher, so ist es vielleicht nicht gerechtfertigt, bei beiden das nämliche Verhältniss von Stickstoff und Sauerstoff anzunehmen; es ist daher möglicherweise besser, die Quantität des von den Hunden von Seegen und Nowak verbrauchten Sauerstoffs nach den von Regnault und Reiset für diese Thiere gefundenen Zahlen zu berechnen, nach denen im Mittel auf 1 kg des Thieres für 1 Stunde 1,19 g Sauerstoff treffen. Darnach würde sich ergeben:

Versuch Nr.	Zeit in Stunden	Gewicht des Thieres	Sauerstoff in Grm.	Sauerstoff in Liter	Stickstoff in Liter	Stickstoff in Vol.-Proc.
16	62	4200	309,9	216,6	1,9	0,87
20	70	3500	291,6	203,9	1,7	0,82
21	62	3500	258,2	180,5	1,4	0,77
29	32	6500	247,5	173,0	1,2	0,69
30	68	6500	526,0	367,7	2,3	0,62
Mittel:						0,75

d. h. es liesse sich die von Seegen und Nowak gefundene Vermehrung des Stickstoffs vollständig von einer Verunreinigung des Sauerstoffs ableiten, wenn dieser 0,75 Vol.-Proc. Stickstoff enthielte.

Da wir nachgewiesen haben, dass das Sauerstoffgas in unserem Gasometer, obschon es nahezu stickstofffrei in denselben gebracht worden war, nach 7 Tagen bereits 1,52 Vol.-Proc. und nach 4 Wochen sogar 6,0 Vol.-Proc. Stickstoff aufgenommen hatte, so wäre es wohl möglich, den zur Erklärung des von Seegen und Nowak gefundenen Stickstoff-

überschusses im Sauerstoffgas nöthigen Gehalt von 0,43 bis 0,75 Vol.-Proc. an Stickstoff durch die Wirkung der Diffusion und die übrigen Stickstoffquellen zu decken. Es ist auffallend, dass Seegen und Nowak, die doch von so Vielem sprechen, keine Silbe in ihrer langen Abhandlung darüber verlieren, wie sie die Reinheit ihres Sauerstoffgases controlirt haben. So erklärlich uns die von ihnen gefundene Stickstoffvermehrung im Athemraum bei Thieren ist, so schwer erklärlich ist es bei der Annahme einer Verunreinigung des Sauerstoffgases, dass ihre Weingeistlampe nur eine so geringe Stickstoffzunahme geliefert hat, in dem einen Controlversuch nur 9 und in dem andern nur 88 mg, was einem Gehalte des Sauerstoffs von nur 0,008 und 0,06 Vol.-Proc. an Stickstoff entsprechen würde.

Es liessen sich zwar manche Einwendungen gegen diese beiden Controlversuche mit Weingeist machen, aber wir sind nicht gewillt, die von Seegen und Nowak gefundene Stickstoffansammlung ausschliesslich von einem Gehalt des Sauerstoffgases an Stickstoff abzuleiten; weitaus das Bedenklichste der Versuchsanordnung bei Seegen und Nowak liegt in einer anderen Richtung.

### III.

Es ist bekannt, welche Sorgfalt man bei Gasanalysen darauf verwenden muss, um dem Gasmengende die nämliche Temperatur zu ertheilen wie die der nächsten Umgebung und die letztere genau zu ermitteln. Befindet sich das Eudiometer, welches doch nur ein kleines Volum Gas (nicht 100 ccn) einschliesst, in der Luft, so muss man sehr viele Vorsichtsmaassregeln anwenden, wenn man in dem ganzen Gasmische die gleiche Temperatur erzielen will. Man versenkt daher gewöhnlich, um die Zeit abzukürzen, in welcher dies eintritt, und die Störungen, welche sich beim Ablesen

geltend machen, hintanzuhalten, die ganze Eudiometerröhre in eine grössere Menge von Wasser.

Bei der Methode von Seegen und Nowak muss das Volum der in dem grossem Athemraum und der ganzen langen Leitung eingeschlossenen Luft (50—310 Liter betragend), um deren Stickstoffgehalt zu erfahren, genau bekannt sein, aber auch ihre Temperatur vor und nach dem Versuch und der Druck, unter dem sie steht, denn es wird dabei nicht der gesammte Stickstoff bestimmt, sondern derselbe aus dem Stickstoffgehalte einer kleinen Probe durch tausendfache Multiplication nur berechnet.

Wenn nun schon es grosse Schwierigkeiten macht und grosse Vorsicht erheischt, das geringe in einem Eudiometer befindliche Luftvolum auf seine Temperatur zu untersuchen, so ist selbstverständlich, dass jenes grosse Luftvolum des Athemraumes diese Schwierigkeiten entsprechend erhöhen muss. Bei den Versuchen von Seegen und Nowak wird aber die Temperatur an dem ausgedehnten Apparate durch ein einziges an einer bestimmten Stelle des Athemraums angebrachtes Thermometer bestimmt und ohne weiteres vorausgesetzt, dass die Temperatur im ganzen Raum, in dem die Thiere sich befinden, sowie in der langen übrigen Leitung absolut die gleiche sei und zwar in einem Zimmer, in welchem für gewöhnlich in der Nähe des Athemkastens und in die Leitung, durch welche die Luft circulirt, eingeschlossen während langer Zeit ein Verbrennungsofen glühend erhalten worden war und auch Menschen thätig sind.

Unter solchen Umständen die Temperatur eines grossen Luftvolums genau zu bestimmen schien uns von vorn herein unmöglich zu sein. Wir haben aber dennoch, um uns von dem thatsächlichen Verhalten zu unterrichten, einige Versuche hierüber an unserem kleinen Respirationsapparate angestellt.

1. In den Athemkasten, welcher einen Kubus von je 73 cm Seitenlänge darstellt, also 389 Liter fasst, wurden in

einen Drahtkäfig eingeschlossen, drei Kaninchen gebracht. An verschiedenen Stellen des Kastens waren 12 Thermometer aufgestellt, um die Temperatur der Luft zu bestimmen. Der Kasten wurde ventilirt (1015 Liter in der Stunde); die Temperatur der Zimmerluft war eine niedrige,  $8,2-8,7^{\circ}\text{C}$ . Es währt länger als 5 Minuten (gewöhnlich 15—25 Minuten), bis nach dem Einbringen der Thiere die Temperatur nicht mehr steigt. Die Temperatur an verschiedenen Stellen des mit Thieren belegten Raumes schwankte von  $8,5$  bis  $11,9^{\circ}\text{C}$ ., die Differenz betrug also  $3,4^{\circ}\text{C}$ .

2. In einer zweiten Versuchsreihe mit drei Kaninchen war die Zimmertemperatur eine höhere, ähnlich der bei den Versuchen von Seegen und Nowak ( $19,2^{\circ}\text{C}$ ). Die übrige Anordnung war die nämliche wie bei dem ersten Versuche; nur war die Ventilation eine wesentlich schwächere (666 Liter in der Stunde), nur halb so gross als bei den Versuchen von Seegen und Nowak. Hier nimmt an einigen Stellen nach 15 Minuten die Temperatur nicht mehr zu, an anderen währt es 35 Minuten, bis eine Constanz eingetreten ist. Die Temperaturdifferenzen betragen  $19,5-21,1 = 1,6^{\circ}\text{C}$ .

3. Es wird eine Weingeistlampe, welche für 1 Stunde  $6,02\text{ g}$  Alkohol verzehrte, auf dem Boden des Athemkastens aufgestellt und zur Verhütung der Erwärmung der Decke Drahtnetze in einiger Entfernung von der Flamme angebracht. Wir hatten nämlich in einem früheren Versuche die Erfahrung gemacht, dass eine in einem kleineren, nur  $64\text{ Liter}$  fassenden Athemkasten befindliche Alkoholflamme, welche in der Stunde  $9,0\text{ g}$  Alkohol verbrannte, nach 20 Minuten die  $32\text{ cm}$  davon entfernte Glasdecke bis auf  $47,6^{\circ}\text{C}$ . erwärmte, während die Temperatur der übrigen Theile nur um  $2,9-4,6^{\circ}\text{C}$ . zugenommen hatte. Bei dem jetzigen Versuche nun hatte sich an einigen Stellen nach 20 Minuten ein Gleichgewichtszustand hergestellt, an anderen noch nicht nach 40 Minuten. Die Temperaturen im Kasten schwankten

zwischen  $17,5$  und  $27,0^{\circ}\text{C}$ . Die äussere Temperatur betrug  $17,1^{\circ}\text{C}$ . Nach dem Auslöschten der Flamme und fortdauernder Ventilation währte es mindestens 37 Minuten, bis die Abkühlung bis zur Temperatur der Zimmerluft an einigen Thermometern eingetreten war, an anderen war sie noch nach 67 Minuten nicht vollendet.

4. In diesem Versuche wurde mit der Luftzuleitungsröhre des kleineren Athemraums von 64 Liter Inhalt ein Verbrennungsofen verbunden, in welchem die Luft zuerst über eine glühende Glasröhre strich. Zwischen dem Ofen und dem Kasten befand sich ein 46 cm langer Liebig'scher Kühler, der 300 ccm Wasser fasste. Die Entfernung des Ofens vom Kasten betrug 1,19 m; dazwischen war als Schirm gegen die Wärme ein Brett aufgestellt. Obwohl am Ofen nur 15 Flammen brannten und zwar nur so weit als zur schwachen Rothglut der Glasröhre nöthig war, und die Ventilation eine beträchtliche war (für 1 Stunde 1533 Liter, nahezu die gleiche wie bei den Versuchen von Seegen und Nowak), so stieg die Temperatur des Kühlwassers doch auf  $60^{\circ}\text{C}$ . Die Temperatur im Innern des Kastens nahm nach der Verbindung des Ofens mit dem Zuleitungsrohr sehr ungleich zu, nämlich an den von der Zuleitungsröhre entfernteren Stellen um  $5,7$ — $8,7^{\circ}\text{C}$ ., an den näheren um  $12,4$ ,  $19,9$  und  $37,7^{\circ}\text{C}$ . Nach dem Auslöschten und Ausschalten des Ofens war im Innern noch nach 52 Minuten die Temperatur etwas höher als aussen, wo sie zuletzt  $19,4^{\circ}$  betrug.

Wenn nun schon im Innern des Kastens an verschiedenen Stellen die Temperatur nicht die gleiche ist, so ist dies noch viel weniger möglich in der langen Leitung, in welcher die Luft in Röhren bewegt und durch Flüssigkeiten geleitet, ja an einer Stelle sogar geglüht wird. Die stark erhitzte Luft tritt bei dem Apparat von Seegen und Nowak in eine mit Wasser gefüllte Kühlvorrichtung, worin sie aber schwerlich ganz abgekühlt werden kann. Sie gelangt nach

dem obigen Versuche wahrscheinlich noch sehr heiss in den Atherraum zurück. Und nun soll durch ein einziges Thermometer an einer bestimmten Stelle die mittlere Temperatur des ganzen 50--310 Liter fassenden Atherraums mit der Röhrenleitung genau bestimmt werden. Dies ist einfach unmöglich.

An dem Atherraum von Seegen und Nowak sind alle Leitungsröhren sowie das Thermometer am Deckel angebracht, so dass das aus dem Gasometer kommende Sauerstoffgas oben eintritt, die aus dem Raume weggesaugte Luft oben weggenommen und die dahin zurückkehrende heisse Luft oben wieder zugeführt wird, ferner die Probe der Luft zur Analyse oben abgesaugt und die Temperatur in den oberen Schichten gemessen wird; es ist denkbar, dass dadurch keine vollständige Mischung der Luft im Kasten sich herstellt und eine Luft zur Untersuchung kommt, welche nicht die mittlere Zusammensetzung und Temperatur der Luft im Kasten besitzt.

Regnault und Reiset haben wohlweislich den ganzen Atherraum (von nur 45 Liter Inhalt) mit Wasser umgeben und in diesem letzteren die Temperatur gemessen; sie haben so den Fehler jedenfalls wesentlich verkleinert.

Man kann berechnen, wie viel es im Stickstoffgehalte ausmacht, wenn die Mitteltemperatur bei den Versuchen von Seegen und Nowak um 1° oder 2° oder 3° etc. ungenau bestimmt worden ist. Nimmt man bei sonst unveränderten Verhältnissen statt 17° eine höhere Temperatur, von 18° oder 19° oder 20° etc. an, so ergeben sich für die drei Versuchskäfige folgende Differenzen der Stickstoffmengen in Gramm:

Atherraum in Liter	für 18°	für 19°	für 20°	für 21°	für 22°	für 23°
50	0,161	0,321	0,478	0,636	0,791	0,947
70	0,223	0,450	0,670	0,890	1,108	1,325
310	1,000	1,990	2,970	3,940	4,907	5,870

d. h. es erklärt sich das von Seegen und Nowak gefundene Plus an Stickstoff vollständig, wenn sie eine zu niedrige mittlere Endtemperatur durch ihren Thermometer erhalten haben und zwar um  $1-5^{\circ}\text{C}$ .

Dies ist nun nach unsern obigen Erfahrungen sehr wohl möglich. Da die Differenzen im procentigen Stickstoffgehalt der Luft im Athemraum nach den Bestimmungen von Seegen und Nowak beim Beginn und am Ende des Versuchs nur gering sind, im Mittel nur  $1,5\%$ , so kommt es ganz wesentlich auf die genaue Feststellung des mittleren Temperaturgrades an. Jedenfalls darf man schliessen, dass die Resultate der Beiden kein Zutrauen verdienen, ehe diese Fehlerquelle nicht ausgeschlossen ist. Daraus scheint sich nun auch zum Theil aufzuklären, warum die beiden Weingeistcontrolversuche derselben nur ein unbedeutendes Stickstoffplus ergeben haben<sup>1)</sup>. Denn bei diesen Versuchen allein wurde nach dem Verlöschen der Lampe das Auspumpen der Luft noch 4 Stunden fortgesetzt, wodurch sich die Ungleichartigkeit der Temperatur ausgleichen musste. Es wäre interessant zu wissen, welche Erfahrungen Seegen und Nowak dabei gemacht haben; ob sie hier gleich auf den guten Gedanken gekommen sind, nach dem Erlöschen der Flamme noch zu ventiliren, oder ob sie durch beträchtliche Verschiedenheiten der Temperatur der äusseren und inneren Luft oder vielleicht gar durch ein hohes Stickstoffplus dazu genöthigt worden sind. Bei den Thierversuchen ist im Allgemeinen in derselben Zeit, namentlich bei Einschaltung des Verbrennungsofens, nicht weniger Wärme geliefert worden als durch den verbrennenden Weingeist; wenn das nachträgliche Auspumpen für die Versuche

---

1) Abgesehen davon, dass sich dabei auch kein Ammoniak entwickelt haben kann wie bei den Thierversuchen aus dem Harn.

mit dem Weingeist nöthig war, so musste es auch bei den Thierversuchen geschehen.

Vielleicht erklärt sich das geringe Plus und Minus an Stickstoff, welches Regnault und Reiset gefunden haben, theilweise auch dadurch, dass das den Athemraum umgebende Wasser durch Schwankungen der äusseren Temperatur während des Versuchs eine etwas niedrigere oder höhere Temperatur angenommen hat als die Luft im Athemraum<sup>1)</sup>.

Kellner<sup>2)</sup> wendet gegen Seegen und Nowak ein, die Luft des Athemraums, aus welchem diese die Gasprobe zur Untersuchung genommen, habe nicht die gleiche Zusammensetzung wie die der 17 Liter fassenden Röhrenleitung; die letztere enthielte nämlich am Schluss des Versuchs Luft,

---

1) Die Verminderung des Stickgases, welche Regnault und Reiset bei einer Anzahl von Versuchen erhalten haben, ist eine Thatsache, welche sehr wohl beachtet werden muss. Seegen und Nowak, die im Gegensatz dazu stets eine Zunahme des Stickstoffs fanden, sprechen darüber kein Wort, und wir wissen daher nicht, wie sie sich dieselbe erklären. Entweder liegt dabei ein Versuchsfehler vor, dann kann aber auch die ebenso beträchtliche Vermehrung des Stickstoffs auf einem solchen beruhen. Oder es ist der verschwundene Stickstoff zum Aufbau stickstoffhaltiger Substanz verwendet worden, was man doch wohl nicht annehmen will. Oder es ist derselbe endlich als solcher in die Säfte und Höhlen des Körpers eingetreten, dann muss aber die ebenso grosse Stickstoffabgabe auf die gleiche Weise aufgefasst werden. In den Fällen, bei welchen es sich um eine grössere Ausscheidung von Stickstoff beim Athmen in einem Luftgemenge handelt, in welchem der Stickstoff durch Wasserstoff ersetzt ist (bei einem Kaninchen in 20 Stunden 1,073 g Stickstoff), findet offenbar ein Austreiben des im Körper des Thieres vorhandenen, aus der atmosphärischen Luft stammenden Stickstoffs durch das Wasserstoffgas statt, wie es Regnault und Reiset ebenfalls für wahrscheinlich halten.

2) Untersuchungen über einige Beziehungen zwischen Muskelthätigkeit und Stoffzerfall im thierischen Organismus, ausgeführt auf der kgl. landw. Versuchsstation Hohenheim, in den landw. Jahrbüchern 1880, 2. Bericht.

welche grösstentheils frei von Kohlensäure und Wasserdampf sei, weil, wie er meint, die Absorptionsgefässe unmittelbar nach dem Austritt der Luft aus dem Käfig sich befunden hätten. Dieser Einwand ist nicht ganz gerechtfertigt, da die Absorptionsapparate nicht am Anfang, sondern am Ende der Leitung angebracht sind; Kellner ist wahrscheinlich durch die falsche Zeichnung der Ventilstellung in der Abhandlung von Seegen und Nowak zu seiner Meinung verführt worden. Aber es hat doch gewiss ein Theil der Luft der Röhrenleitung eine andere Zusammensetzung wie die im Athemraum und ist es richtig, dass die verschiedene Tension des Wasserdampfes bei den Berechnungen von Seegen und Nowak nicht berücksichtigt ist, wenigstens ist von dieser Fehlerquelle in ihrer Abhandlung nicht die Rede.

Eines aber ist endlich noch in hohem Grade auffallend, das ist die fast gleiche Temperatur bei den Versuchen von Seegen und Nowak. Dieselben sagen, sie hätten sich 6 Jahre lang mit ihrer Untersuchung beschäftigt; in 34 Versuchen, die von ihnen angegeben werden, schwankt die Temperatur von  $16,8$ — $17,9^{\circ}$  C., die grösste Schwankung beträgt also  $1,1^{\circ}$  C. In manchen Versuchen, welche bis zu 110 Stunden währen, ist die Temperatur zu Anfang und am Ende absolut die nämliche, oder sie ist nur um einige Zehntel Grad verschieden. Wir können nur sagen, dass es uns unmöglich war, eine solche Constanz der Temperatur in Räumen zu beobachten, welche in besonderer Weise für Gasanalysen gebaut waren, um die Temperaturschwankungen so klein als möglich zu machen. Wenn die Arbeit von Seegen und Nowak 6 Jahre in Anspruch genommen hat, so ist wohl ein Theil ihrer Versuche bei kälterer, ein Theil bei wärmerer Jahreszeit gemacht worden, aber die Temperatur des Raumes wird immer zu nahezu  $17^{\circ}$  angegeben. Sind die Versuche nur im Winter ausgeführt worden, so will es uns wenigstens nicht gelingen, die Temperatur durch Heizen

stets so gleichmässig zu halten; sind sie nur im Sommer angestellt worden, so wüssten wir nicht, wie man die Temperatur in einem gewöhnlichen Zimmer stets auf der nämlichen Höhe bewahren kann, denn der Beginn und das Ende des Versuchs fielen meist nicht in die gleiche Tageszeit. Jedermann weiss, dass im Sommer die Räume zu verschiedener Tageszeit eine sehr ungleiche Temperatur besitzen. Das Thermometer ist im Athemkasten aufgestellt; trotzdem ist es fast gleichgültig, ob in dem Kasten ein einziges Huhn oder fünf Hühner sich befanden, ein Kaninchen oder vier Kaninchen darin lebten. In 28 Versuchen brannte ein Verbrennungsofen im Zimmer nahe dem Athemraum, in 14 Versuchen nicht; die Temperatur wurde jedoch dadurch nach den Angaben von Seegen und Nowak nicht beeinflusst. Als wir bei den vorher erwähnten Versuchen den Verbrennungsofen anzündeten, stieg die Temperatur im Zimmer von  $17,7^{\circ}$  in 1 Stunde 25 Min. auf  $22,0^{\circ}$  und fiel nach dem Abkühlen desselben erst in 52 Minuten wieder auf  $19,4^{\circ}$  ab<sup>1)</sup>.

Es ist uns absolut unmöglich, dieses merkwürdige Gleichbleiben der Temperatur zu verstehen. Wir glauben, dass neben der nicht vermiedenen Diffusion von Stickstoff in den Vorrath des Sauerstoffs die Annahme der gleichen Temperatur an allen Stellen des Athemraums und in der

---

1) Wenn man aus den von Seegen und Nowak auf S. 414 ihrer Abhandlung mitgetheilten Zahlen der täglichen Stickstoffausscheidung der Thiere die stündliche Stickstoffabgabe berechnet, so findet man, dass für jeden der drei Athemkästen fast immer die gleiche Stickstoffmenge sich ergibt, im Mittel 0,0129 g für den 50 Liter fassenden Raum, 0,0317 g für den von 70 Liter Inhalt und 0,0469 g für den von 310 Liter. Es finden sich nur einige Ausnahmen, und es scheint in einer Anzahl von Fällen, als ob die Grösse des Kastens für die Stickstoffproduction von wesentlicherem Einfluss ist als die Grösse des darin athmenden Thierkörpers, d. h. dass irgendwo eine bestimmte Fehlerquelle sich findet, die mit dem Volum des Athemraums wächst.

langen Röhrenleitung, sowie auch die geringen Schwankungen der Temperatur bei den verschiedenen Versuchen zu so gewichtigen Bedenken gegen die Versuchsanordnung von Seegen und Nowak Veranlassung geben, dass wir vor deren Hebung die dadurch erhaltenen Resultate nicht als richtig ansehen können. Es ist durch die Versuche von Seegen und Nowak daher nicht, wie sie meinen, „unzweifelhaft festgestellt, dass der thierische Organismus im Stande ist, einen Theil des aus der Umsetzung der Albuminate frei werdenden Stickstoffs in Gasform auszuschcheiden“, sondern man muss vielmehr annehmen, dass das von ihnen erhaltene Plus an Stickstoff das Resultat mangelhafter Beobachtung ist.

Richtig angestellte Versuche, welche allerdings grossen Schwierigkeiten begegnen, werden, dies sind wir fest überzeugt, nicht die Zunahme des Stickstoffs im Athemraum ergeben, wie sie Seegen und Nowak gefunden haben. Nach den Versuchen von M. Gruber ist es unmöglich, dass aus der Zersetzung des Eiweisses herrührendes Stickgas den Körper verlässt, denn er erhielt bei sorgfältigster Berücksichtigung aller Cautelen während 17 Tagen von 368,53 g im Fleisch eingeführtem Stickstoff 368,28 g im Harn und Koth wieder, während Seegen und Nowak nach ihren Versuchen behaupten, dass 9,5% des umgesetzten Stickstoffs vom Körper in Gasform weggehen, wornach im Harn und Koth nur 333,52 g Stickstoff hätten gefunden werden müssen.

#### IV.

Wir könnten nun wohl unsere Entgegnung beschliessen. Seegen und Nowak haben sich aber auch gegen den zu unseren Respirationsbestimmungen benutzten Athemapparat gewendet; um nicht die Meinung aufkommen zu lassen, als ob sie hierin im Rechte wären, sei es uns gestattet, hierauf einiges zu erwidern. Seegen und Nowak richten sich be-

sonders gegen die Vielen so höchst unbequemen Controlversuche, welche uns darthaten, dass unser Apparat bis zu einem bekannten Grade zuverlässige Angaben liefert.

Gegen die Genauigkeit der Kohlensäurebestimmungen können sie keine berechtigte Einwendung machen; sie ist durch die dahier, sowie in Weende von Henneberg<sup>1)</sup> und in Leipzig von Stohmann<sup>2)</sup> ausgeführten Controlversuche über allen Zweifel nachgewiesen.

Aber die Controlversuche, welche gemacht wurden, um die Genauigkeit der Wasserbestimmung im Apparat zu prüfen, wird von ihnen kritisirt. Wir sind nicht gewillt, Seegen und Nowak<sup>1</sup> in das Detail ihrer Darstellungen zu folgen, da jeder, welcher die Berichte über unsere Versuche<sup>3)</sup> aufmerksam liest, im Stande ist, die Insinuationen derselben zu beurtheilen. Es war in den ersten Versuchen der Art gezeigt worden, dass bei Verdunstung einer grösseren Wassermenge durch eine Weingeistflamme, wenn der Versuch durch 24 Stunden fortgesetzt wurde, der Fehler 1,5% betrug. Allerdings war der Fehler bei späteren nur 8stündigen Versuchen und Verbrennung von Stearin grösser; weil aber erfahrungsgemäss der procentige Fehler mit der Zeit abnimmt, so wurde von uns darnach für einen 24stündigen Versuch der mittlere Fehler zu 9,6 g Wasser berechnet. Da dieser Fehler die Schlussfolgerungen aus unseren Versuchen nicht alterirte und vollkommen gleichgültig war, so waren wir damals nicht bestrebt, den Grund für jene etwas grössere Abweichung zu suchen. Wir haben aber stets angegeben,

---

1) Neue Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer 1870 Heft 1 S. 48.

2) Landw. Versuchsstationen 1876 Bd. 19 S. 95.

3) Ann. d. Chem. u. Pharm. 1862, 2. Suppl.-Bd. S. 47; Sitzungsber. d. k. b. Akad., math.-physik. Classe, 14. Febr. 1863 S. 152; Zeitschrift für Biologie 1875 Bd. 11 S. 126.

wie weit genau unsere Bestimmungen sind; so haben wir z. B. für das durch die Respiration beim Menschen verdunstete Wasser bis zu 30 g als grösstmöglichen Fehler bezeichnet<sup>1)</sup>).

Nachdem aber Henneberg mit seinem in viel grösserer Dimension gebauten Respirationsapparate bei den Wassercontrolversuchen sehr bedeutende Differenzen gefunden hatte, ohne im Stande zu sein, den Grund dafür zu entdecken, beschäftigten wir uns wieder mit der Sache<sup>2)</sup> und suchten, woher die differenten Resultate kommen mögen. Dass unser Apparat für unsere Zwecke genügend genaue Werthe für das Wasser, wenn auch anscheinend nicht so genaue wie für die Kohlensäure, giebt, stand fest; wir waren jedoch bestrebt, den Grund der Henneberg'schen Resultate zu finden und zu gleicher Zeit die Bestimmungen des Wassers auf einen noch höheren Grad der Vollkommenheit zu bringen, weshalb wir alles, was von Einfluss auf jene Bestimmung sein konnte, experimentell untersuchten. Aber es gelang lange nicht, obwohl mannigfache Ursachen aufgedeckt wurden, welche die Ermittlung des Wassers zu einer weniger genauen machen als die der Kohlensäure, und obwohl alle möglichen Verbesserungen angebracht wurden, bei Brennen von Stearinkerzen den Fehler wesentlich zu verkleinern. Es wurde dargethan, dass sich bei unserem Apparate an den Wandungen des Kastens oder der Leitungsröhren kein Wasserdampf condensirt, oder vorher niedergeschlagenes Wasser weggenommen wird, dass die Verbesserung der Absorptionsapparate für das Wasser oder der Gasuhren keinen wesentlichen Ausschlag giebt. Schliesslich wurde der so lange gesuchte Fehler in der Wasserbestimmung nicht im

---

1) Zeitschrift für Biologie 1866 Bd. 2 S. 476.

2) Zeitschrift für Biologie 1875 Bd. 11 S. 126 (mit Ernst Voit und J. Forster).

Apparat und in der Methode, sondern in dem Material, welches zur Erzeugung von Wasser benutzt wurde, nämlich in den Stearinkerzen, erkannt; dieselben liefern ein unvollständig verbranntes, an Wasserstoff reiches Gas oder Wasserstoff, sie liefern aber auch meist nur sehr wenig Wasser, wodurch der procentige Fehler stark vergrössert wird. Beim Verdunsten einer der Abgabe des thierischen Organismus entsprechenden Wassermenge erhielten wir dasselbe wieder bis auf 3 Procent; deshalb hatten wir auch früher bei unsern ersten Wassercontrolversuchen, wo mit einer kleinen Weingeistflamme viel Wasser verdunstet worden war, brauchbare Resultate erzielt. Die bei den Thierversuchen mit unserem Apparat ausgeführten Bestimmungen sind daher für die Kohlensäure bis auf etwa 1 Procent, für das Wasser bis auf etwa 3 Procent genau. Wir haben dabei auf eine Anzahl von Mängeln bei den Wasserbestimmungen von Henneberg aufmerksam gemacht, auf die grossen Differenzen der beiden gleichzeitigen Proben und auf die Anwendung der Stearinkerzen; es kann sich aber auch bei den viel grössere Dimensionen darbietenden Apparaten, welche von Henneberg und von Stohmann für die Untersuchung des Gasaustausches grösserer Thiere gebaut worden sind und bei welchen die Wände der Kammer ungleiche Temperaturen besitzen, um eine Condensation von Wasser an denselben handeln, wie Stohmann<sup>1)</sup> durch Verdampfung von Wasser mittels Erhitzung des Bodens des Kastens nachzuweisen suchte.

Seegen und Nowak haben unsere Wassercontrolbestimmungen vorzüglich deshalb angegriffen, um zu wiederholten Malen sagen zu können, dass auffallenderweise trotz der unvermeidlichen Fehler in den Einnahme- und Ausgabeposten doch die Bilanzen genau übereinstimmen. Wir können

---

1) Landw. Versuchsstationen 1876 Bd. 19 S. 81 u. S. 159.

daraus nur schliessen, dass Seegen und Nowak unsere Bilanzen nicht näher angesehen haben, oder dass sie sich mit ihrer Kritik derselben nur einen Spass erlauben wollten, der aber in den Augen Sachverständiger gewiss uns nicht lächerlich gemacht hat. Unsere Bilanzen kamen in derselben Weise zu Stande und klappen aus demselben Grunde, wie bei jeder chemischen Analyse mehrfach zusammengesetzter Stoffe, wo ein Bestandtheil nicht direct, sondern aus der Gewichts-differenz zwischen der Summe der direct gefundenen Bestandtheile und dem Gewichte der ganzen zur Analyse verwendeten Menge bestimmt wird. Die bei der Bestimmung der einzelnen Bestandtheile gemachten Fehler fallen sämmtlich auf den einen indirect (aus der Differenz) ermittelten Bestandtheil, und wird dadurch die Bilanz jedesmal unvermeidlich zum Stimmen gebracht. So wird bei der Elementaranalyse organischer Verbindungen stets der Sauerstoff derselben aus dem Versuche entnommen: 100 Theile Essigsäure geben z. B. bei der Verbrennung mit Kupferoxyd bald etwas mehr, bald etwas weniger Kohlensäure oder Wasser, woraus dann der Kohlenstoff und Wasserstoff berechnet und das von 100 Fehlende als Sauerstoff in die Rechnung eingesetzt wird. Bei unseren Respirationsversuchen haben wir ebenso den Sauerstoff aus der den Apparat durchströmenden Luft angenommen und in Rechnung gesetzt, wie er bei den Elementaranalysen aus dem Kupferoxyd stammt. Aus dem gleichen Grunde geben auch, obwohl dabei ebenfalls Fehler nicht zu vermeiden sind, die Gasanalysen von Seegen und Nowak, bei denen der Stickstoff aus dem zuletzt übrig bleibenden Gasvolum bestimmt wird, genau die Zahl 100 und nicht manchmal mehr, manchmal weniger. Die Richtigkeit der sich uns ergebenden Sauerstoffzahl aber haben wir auf eine ganz andere Art controlirt, nämlich dadurch, dass wir berechneten, wie viel Sauerstoff nothwendig ist, um die im

Körper zersetzten Stoffe zu oxydiren; da haben wir gezeigt, dass diese Sauerstoffmengen in Soll und Haben nie völlig übereinstimmen, dass jedoch die Differenzen die von uns bestimmten Fehlergrenzen nicht wesentlich überschreiten.

Wir haben die von uns verwendeten Respirationsapparate auf die Genauigkeit ihrer Angaben durch Controlversuche geprüft und für die der Kohlensäure Stearinkerzen angewendet, für die des Wassers die Verdampfung einer bestimmten Menge Wasser als das Beste erkannt. Bei keinem anderen Apparate der Art weiss man, wie weit genau die damit erlangten Resultate sind. Es wäre daher, wie wir schon öfter und gewiss mit Recht hervorgehoben haben, höchst wünschenswerth, wenn die von Anderen benutzten Respirationsapparate ebenfalls in ähnlicher Weise untersucht werden würden. So haben wir dies auch für die Angaben von Regnault und Reiset in Hinsicht der Zunahme oder der Abnahme des Stickstoffs im Athemraum gewünscht. Seegen und Nowak meinen dagegen: „Wenn es sich darum handelt, nachzuweisen, dass der im Apparat entwickelte Stickstoff wirklich aus dem Thierleibe stammt, braucht nur nachgewiesen zu werden, dass dieser Stickstoff nicht von aussen in den Apparat gelangt sein kann; zu dem Zwecke genügt es, zu beweisen, dass während des ganzen Versuches ein Einströmen der äusseren Luft unmöglich, und dass der verwendete Sauerstoff durch Stickstoff nicht verunreiniget war“. Wir sind ganz der gleichen Meinung, nur scheint uns dieser Beweis nicht dadurch geführt zu sein, dass man, wie Regnault und Reiset es thun, versichert, sie seien diesen Forderungen gerecht geworden; wir haben darum Regnault und Reiset vorgeschlagen, eine Stearinkerze statt des Thieres in dem Apparate brennen zu lassen und zuzusehen, ob der Stickstoffgehalt im Athemraume wirklich unverändert bleibt.

Seegen und Nowak konnten es sich dennoch nicht versagen, das von Regnault gegen unsere Controlversuche aufgebrauchte geflügelte Wort, dass sie ein barbarisches Experiment (*procédé barbare*) seien, neuerdings zu wiederholen. Wir können nur wiederholt erwidern, dass wir noch immer nicht einsehen können, worin da die Barbarei liegen soll. Eine Stearinkerze ist viel einfacher zusammengesetzt als ein Hund oder ein Kaninchen oder eine Henne, und der Verbrennungsprocess einer solchen Kerze viel weniger in Dunkel gehüllt als der Lebensprocess dieser Thiere. Wie viel eine Kerze oder eine andere Flamme aus der Luft Sauerstoff verzehrt und Kohlensäure abgiebt, muss in einem Apparate, in welchem bestimmt werden kann, wie viel davon Thiere einnehmen und ausgeben, ebenso leicht bestimmbar sein, und falls die Verbrennung keine vollständige ist und sich neben Kohlensäure auch Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd oder Wasserstoff bildet, so muss dies ebenso zu finden sein, als wenn sich diese Gase aus dem Darm der Thiere entwickeln. Uns kömmt es sogar viel barbarischer vor, drei oder vier Kaninchen in ein kleines Gehäuse zu sperren und sie darin zwei und drei Tage lang in ihren Excrementen liegen zu lassen ohne die gesammte Luft zu wechseln, als eine Kerze oder ein Weingeist- oder Oelflämmchen darin zu brennen: die Luft wird im letzteren Falle bei weitem nicht so barbarisch riechen wie im ersteren. Während Regnault und Reiset bei ihren Versuchen nie gewusst haben, was und wie viel ihre Thiere zersetzt haben, hätten sie sehr genau wägen und messen können, wie viel Stearin oder Weingeist oder Oel von genau bekannter Zusammensetzung verbrannt ist und welche Verbrennungsproducte sich in der Luft finden, und wie das Gefundene mit ihren Voraussetzungen stimmt.

Nach unseren Auseinandersetzungen stehen drei That-  
sachen fest und sind es vorzüglich, welche die Schlussfolger-  
ungen von Seegen und Nowak unzulässig erscheinen lassen;  
erstens hat M. Gruber in dem angegebenen mit allen Vor-  
sichtsmaassregeln angestellten Versuche am Hunde während  
17 Tagen genau so viel Stickstoff und Schwefel im Harn  
und Koth aufgefunden als in der Nahrung gereicht worden  
war; zweitens haben Seegen und Nowak nicht, wie sie ge-  
glaubt haben, die Möglichkeit einer Diffusion des Stick-  
stoffs aus der Luft in den von ihnen verwendeten Sauer-  
stoff hinein ausgeschlossen, und drittens haben sie keinerlei  
Garantie dafür geboten, dass die Temperatur der in ihrem  
Apparate eingeschlossenen Luft, auf deren genaueste Mes-  
sung alles ankommt, zu Anfang und Ende des Versuchs  
mit der nöthigen Sicherheit bestimmt worden ist.<sup>1)</sup> Nament-  
lich letzteres halten wir für eine der schwierigsten Auf-  
gaben; wie sorgfältig muss man bereits verfahren, um die  
Temperatur der Luft in einer schmalen Eudiometerröhre  
in einem Gaszimmer richtig zu bestimmen, und nun denke  
man sich den Athemraum und die Annexe des Apparates  
von Seegen und Nowak, in welchem Wärme abgebende  
Thiere sich befinden und bei dem die circulirende Luft in  
einem glühenden Verbrennungsofen erhitzt wird. Obwohl  
diese Schwierigkeiten längst bekannt sind, haben sich die  
Genannten sehr leicht darüber hinweggesetzt und die an  
verschiedenen Stellen jedenfalls sehr ungleiche Temperatur  
des 50 — 310 Liter fassenden Athemraums mittels eines  
einziges Thermometers an einer einzigen Stelle des grossen  
Raumes abgelesen. Wir halten es für unmöglich, der An-

---

1) Diese Unsicherheit in der Temperaturbestimmung scheint sich  
uns auch darin auszudrücken, dass der Athemraum unter den ver-  
schiedensten Umständen stets fast die gleiche Temperatur gehabt  
haben soll.

forderung einer genauen Temperaturbestimmung mit dem Seegen-Nowak'schen Apparate bis zum erforderlichen Grade zu genügen.

Es sind demnach nicht nur die Behauptungen vom Auftreten gasförmigen Stickstoffes, sondern auch die Einwände, welche Seegen und Nowak gegen die Gültigkeit unserer Arbeiten über den Stoffwechsel gemacht haben, vollständig grundlos.

---