

D432840

U e b e r

8961.
Qi 360

den

Einfluss ozonisirter Luft

auf die

Athmung warmblütiger Thiere.

Von

Adalbert Häcker.

Riga,

gedruckt bei W. F. Häcker.

1863.

U e b e r
den
Einfluss ozonisirter Luft
auf die
Athmung warmblütiger Thiere.

Eine
mit Bewilligung der Hochverordneten medicinischen
Facultät

der **Kaiserlichen Universität Dorpat**

zur Erlangung

des

Doctorgrades

verfasste und zur öffentlichen Vertheidigung bestimmte
Abhandlung

von

Adalbert Häcker.



Mit einer lithographirten Tafel.

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

54465

Riga,

gedruckt bei W. F. Häcker.

1863

I m p r i m a t u r

haec dissertatio ea lege, ut, simulac typis fuerit excusa, numerus exemplorum praescriptus tradatur collegio ad libros explorandos constituto.

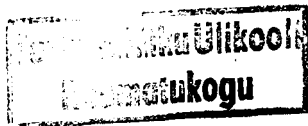
Dorpati Livonorum d. 4. m. Octobris a. MDCCCLXIII.

N^o 206.

Dr. Rud. Buchheim,

med. ord. h. t. Decanus.

(L. S.)



432841

Seit der Entdeckung des Ozons sind bisher nur wenige Untersuchungen über die physiologischen Wirkungen dieser Gasart angestellt. Die Eigenthümlichkeit und Fremdartigkeit des Stoffes erregte mehr die Aufmerksamkeit der Chemiker als der Physiologen; das Dunkel, in welches die Natur des activen Sauerstoffes gehüllt war und zum Theil noch ist, die Unmöglichkeit, ihn rein darzustellen, gab einerseits Anlass zu unbegründeten Hypothesen über seine Wichtigkeit, führte andererseits zu vornehmer Geringschätzung des „problematischen Stoffes“. — Allgemeineres Interesse erregte erst die Entdeckung *Schönbein's* ¹⁾, dass die Blutkörperchen im Stande seien, gleich dem Platinmohr den Uebertritt des erregten Sauerstoffs von einem Ozonträger auf Guajactinctur einzuleiten. Die dadurch angelegten Muthmassungen über das Verhältniss zwischen Blut und activem Sauerstoff culminirten in der Vermuthung *Schönbein's*, dass die Blutkörperchen auch den Sauerstoff erregen könnten; denn dass der Sauerstoff, in den thierischen Organismus gelangt, hier Eigenschaften erlangen müsse, die er als solcher nicht besass, dass er activ werden müsse, war eine zur Erklärung der Oxydationsvorgänge im Blut fast nothwendige Annahme, wenn man sich nicht mit unbestimmten Vorstellungen von Lebenskraft u. s. w. begnügen wollte. — In dieser speciell chemisch-physiologischen Richtung erfreute sich nun das Ozon auch weiter eingehender Untersuchungen. — *Hiss* ²⁾ in Basel konnte *Schönbein's* Entdeckung von der Uebertragbarkeit des Ozons auf

¹⁾ *Meissner's* Jahresberichts für 1856. S. 215.

²⁾ *Virchow's* Archiv. Band X. S. 388. „Ueber die Beziehungen des Blutes zum erregten Sauerstoff.“

andere oxydable Körper durch die Blutkörperchen bestätigen; das Hämatin sollte dieses vermitteln; der Nachweis der Sauerstofferregung durch die Blutkörperchen gelang ihm nicht. — Die Untersuchungen von *E. v. Gorup-Besanez*³⁾ „über die Einwirkung des Ozons auf organische Verbindungen“ haben ergeben, dass „die grösste Uebereinstimmung zwischen dem Verhalten des Ozons und des thierischen Organismus, als oxydirenden Factor aufgefasst“ stattfindet. — Durch diese Untersuchungen wird die schon ausgesprochene Vermuthung, dass der Sauerstoff als Ozon thätig sei, zur zwingenden Annahme, der man sich um so freudiger anschliessen kann, als dadurch manche dunkle Erscheinung im Organismus erklärbar wird⁴⁾. — Unter diesen

*) Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 110. pag. 86 ff.; Bd. 125. pag. 207 ff.

*) So werden z. B. Fette bei Gegenwart von Alkalien durch Ozon verseift (Annal. etc. Bd. 125. Heft 2.), wenn ihnen auch statt der caustischen Alkalien kohlen-saures Natron zugesetzt wird, wodurch die Verseifung, welche die Fette, allen Erfahrungen zu Folge, im Blute erleiden, eine Erklärung findet; denn nur kohlen-saure und phosphor-saure, nicht freie Alkalien, kommen im Blute vor und erstere können unter gewöhnlichen Bedingungen die Verseifung der Fette nicht bewirken; wenn man sich nun den Sauerstoff im Blut als Ozon wirksam denkt, so wird durch den angegebenen Versuch einiges Licht auf den möglicher Weise im Blute stattfindenden Vorgang geworfen; „indem nämlich durch den activen Sauerstoff die Atomgruppe des Glycerins zuerst vollständig zerstört würde, verbänden sich die dadurch in Freiheit gesetzten fetten Säuren mit dem Alkali unter Austreibung von Kohlensäure.“

Galle wird ferner bei Gegenwart von Alkali durch Ozon geradezu verbrannt, wodurch die Möglichkeit eines ähnlichen Vorgangs im Blute dargethan wird, denn dass die Galle vom Darm aus wieder resorbirt und im Blute verbrannt werden müsse, ist eine von vielfachen physiologischen Untersuchungen bestätigte Thatsache — und im Blute handelt es sich gerade um Oxydation in alkalischer Flüssigkeit.

Was die Analogie in der chemischen Thätigkeit des Organismus und der des activen Sauerstoffs betrifft, so zeigt *Gorup-Besanez* u. a., dass Pflanzensäuren bei Gegenwart von überschüssigem Alkali ebenso wie im Blut auch ausserhalb des Organismus durch Ozon in kohlen-saure

Umständen musste die Entdeckung von *Dr. A. Schmidt*⁵⁾, dass der Sauerstoff factisch im Blut erregt wird, ein Triumph der chemisch-physiologischen Forschung sein, welche an Stelle der Annahme die Gewissheit setzen konnte.

Bei der wichtigen Rolle, welche somit dem activen Sauerstoff im Organismus zugeschrieben werden muss, kann die Frage nach seiner directen Einwirkung auf den thierischen Organismus von aussen her nicht ohne Interesse sein, um so weniger als nach *Schönbein*⁶⁾ das Ozon ein beständiger Bestandtheil unserer Atmosphäre ist und zu gewissen Zeiten sich in grösserer Menge in derselben angesammelt findet.

In dieser Beziehung liegen blos wenige Untersuchungen vor und zwar berücksichtigen sie blos das Verhalten von Thieren, die unter Einfluss einer durch Phosphor möglichst stark ozonisirten Luft gesetzt wurden. — *Schönbein*⁷⁾ gibt über die physiologischen Eigenschaften des Ozons nur allgemeine Angaben; es soll die Schleimhäute heftig reizen; kleine Thiere, wie Mäuse, sterben bald in einer möglichst stark (durch Phosphor) ozonisirten Luft; er fand ferner, dass ein Kaninchen, welches eine Stunde lang ozonisirte Luft eingeathmet hatte, an den Folgen dieses Versuchs an Symptomen starb, die denen der Chlorvergiftung sehr gleichen sollten. Da in diesen Versuchen nur wenig ozonisirter Sauerstoff verbraucht war, so glaubt *Schönbein* mit Gewissheit annehmen zu können, dass das Ozon „eine höchst giftige Gasart ist und in ihr (wenn rein) das thierische Leben beinah augenblicklich vernichtet sein würde.“

Genauere Versuche über die Einwirkung des Ozons auf

Salze verwandelt werden; dass die Harnsäure bei Gegenwart von Alkali mit Ozon behandelt dieselben Producte gibt, wie bei ihrer Zersetzung im Organismus; nämlich Kohlensäure, Oxalsäure und Harnstoff. — u. s. w.

⁵⁾ Ueber Ozon im Blut — von *Dr. Alex. Schmidt*. Dorpat 1862.

⁶⁾ *Schönbein*: Ueber verschiedene Zustände des Sauerstoffs. Annalen der Chemie u. Pharmacie. Bd. 89. Heft 3.

⁷⁾ l. c. pag. 282.

Thiere sind von *Schwartzenbach*⁸⁾ angestellt. — Er bediente sich gleichfalls einer durch Phosphor in grossen Glascylindern möglichst stark ozonisirten Luft, welcher Thiere ausgesetzt wurden; ein zweiter gleich grosser Glascylinder wurde dann mit seiner Oeffnung über den ersten gekehrt und nun das Verhalten des im letzteren befindlichen Thieres geprüft. — In allen Fällen zeigte sich bei den Thieren (Kaninchen) bald eine beträchtliche Dyspnö und Verlangsamung der Respiration, es trat eine schaumige, klare Flüssigkeit aus Mund und Nase aus, bis nach mehren Stunden der Tod unter suffocatorischen Erscheinungen entweder im Cylinder oder, nachdem das Thier aus demselben entfernt war, erfolgte. Die Section zeigte die Alveolen, Bronchien und Trachea bis zum Larynx hinauf mit derselben klaren Flüssigkeit gefüllt, die schon während des Lebens durch das Athmen in Mund und Nasenhöhle getrieben worden war; die Halsvenen zeigten sich bedeutend ausgedehnt; das Herz, die Vena cava inferior und die Venen der Eingeweide waren stark gefüllt mit venösem, schwärzlichem Blut. — *Schwartzenbach* scheint es hiernach nicht zweifelhaft, dass die nächste Todesursache Erstickung gewesen sei, bedingt durch die heftige Exsudation in Alveolen und Bronchien (Lungen-Oedem).

Zu erwähnen ist noch ein in älterer Zeit, vor der Entdeckung des Ozons, von *Schübler*⁹⁾ angestellter Versuch über den Einfluss „electrischer Luft“ auf den Athmungsprocess. — *Schübler* fand, dass Thiere, welche unter luftdicht verschlossenen Glocken electriche und nicht electriche Luft einathmeten und so nach und nach aus Mangel an freier atmosphärischer Luft zu Grunde gingen, folgende Verschiedenheiten zeigten: die electriche Luft athmenden Thiere starben jedesmal früher und die sie umgebende Luft enthielt jedesmal mehr Oxygen, als wenn sie in gewöhnlicher Luft starben. — Wenn in den Ver-

⁸⁾ Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg. I. Bd. pag. 322 ff.

⁹⁾ *Schweiger's Journal*, Bd. III. Heft 3. pag. 297 ff. Nürnberg 1811.

suchen mit electrischer Luft die das Thier in der Glocke umgebende Luft „anhaltend durch eine Electricität einströmende Spitze im electrischen Zustande“ erhalten wurde, so ist es wol anzunehmen, dass das Ozon in grösserer oder geringerer Quantität hier das Wirksame war und das angegebene Resultat, welches *Vierordt*¹⁰⁾ als nicht weiter bestätigt bezweifelt, stimmt somit überein mit den von *Schönbein* gemachten Erfahrungen. — *Schübler* hatte ferner noch gefunden, dass die electrische Luft Vögeln „weit nicht so nachtheilig“ war als Säugethieren. — *Schwartzbach* fand bei der durch Phosphor ozonisirten Luft dasselbe; eine junge Taube konnte die ozonisirte Luft länger athmen als ein Kaninchen. Es scheint dieses sehr auffallend, da der Respirationsprocess bei den Vögeln viel lebhafter vor sich geht als bei den Säugern, erstere also beim Einathmen einer die Respirationsorgane afficirenden Gasart in kürzerer Zeit leiden müssten. Nach *Schwartzbach* sollte man hieraus schliessen können, dass vielleicht nicht nur die Respirationsorgane beim Einathmen von Ozon von der schädlichen Potenz ergriffen werden, sondern dass noch irgend ein anderes, „wahrscheinlich dem Nervenapparat angehöriges Organ unmittelbar oder mittelbar dem störenden Einfluss“ unterliege.

Die angeführten Untersuchungen, soviel bekannt, die einzigen über die physiologischen Wirkungen des Ozons, lassen noch manche Frage offen. — So ist die Frage nicht berücksichtigt, ob eine directe Einwirkung des der Athmungsluft beigemischten activen Sauerstoffs auf den thierischen Stoffwechsel stattfindet oder nicht, deren Erledigung auch die Bedeutung des atmosphärischen Ozons näher zu beleuchten im Stande ist.

Den Einfluss der ozonisirten Luft auf den Athmungsprocess näher zu prüfen, ist der Zweck der vorliegenden Untersuchungen, zu welchen ich durch Herrn Prof. C. Kupffer angeregt

¹⁰⁾ *Wagner's* Handwörterbuch der Physiologie, Bd. II. Art. Respiration, pag. 882.

bin, dem ich hiermit für die mir auch im Verlaufe der Arbeit bewiesene freundliche Unterstützung und Theilnahme öffentlich meinen Dank sage. — Zugleich kann ich nicht umhin, Herrn Prof. Bidder, Exc., für die bereitwillige Güte, mit welcher mir das zur Arbeit nöthige Material aus dem hiesigen physiologischen Cabinet zu Gebote gestellt wurde, öffentlich meinen Dank abzustatten.

Wenn auch die Chemiker bis jetzt sich nicht haben einigen können über die eigentliche Natur des activen Sauerstoffs, so steht es doch nach den Untersuchungen *Schönbein's* und anderer, von keinem bezweifelt, fest, dass das Ozon das kräftigste aller bekannten oxydirenden Agentien ist, welehes sogar schon bei gewöhnlicher Temperatur erstaunenswerthe Oxydationswirkungen hervorzurufen vermag. — Hierdurch wird die Möglichkeit zur Untersuchung gegeben, ob eine directe Beziehung des activen Sauerstoffs der Luft zum Stoffwechsel besteht, denn, da sich die Vorgänge des letztern meist auf Oxydationswirkungen im Blut zurückführen lassen, welche nach *A. Schmidt* durch den im Blute „erregten“ Sauerstoff hervorgerufen werden, so muss durch Verstärkung der oxydirenden Agentien bei vermehrtem Ozongehalt der Athmungsluft der Stoffwechsel eine bedeutende Beschleunigung erfahren, die sich zunächst in einer Vermehrung der Oxydationsproducte zu erkennen geben würde, wenn das Ozon als solches bei der Athmung vom Blute aufgenommen werden kann. — Wenn bei längerer Einwirkung einer sehr stark ozonisirten Luft auf Thiere der Tod eintritt (unter Bedingungen, die übrigens für die Athmung nicht gerade günstig sind), wie es *Schönbein* und namentlich *Schwartzbach* gezeigt, so ist damit noch nicht bewiesen, dass keine Aufnahme des activen Sauerstoffs ins Blut stattfindet; es könnte ja der Tod grade durch solch eine Aufnahme mit bedingt sein, oder es könnte vielleicht die Aufnahme ins Blut nur theilweise erfolgen. — *Dr. Stiemer* behauptet im physiologischen Theil sei-

ner Schrift über die Cholera¹¹⁾, dass die nachtheiligen Folgen bei einem über die Norm erhöhten Ozongehalt der Einathmungsluft „durch abnorm vermehrte Sauerstoffaufnahme“ ins Blut erfolgen und dass bei zu langer Dauer der Versuche der Tod herbeigeführt wird „unter den Erscheinungen und mit den Folgen zu reichlicher Sauerstoffaufnahme.“ (S. 49.) Er kommt nämlich bei seinen Untersuchungen über den Einfluss des Ozongehalts der Luft auf die Athmung zu dem Schluss, dass sich bei vermehrtem Ozongehalt der Einathmungsluft die in das Blut durch die Athmung aufgenommene Sauerstoffmenge steigert, wie bei vermindertem Ozongehalt eine verminderte Sauerstoffaufnahme stattfindet — und dass „bei einer bestimmten Grenze der Ozonarmuth (vielleicht Ozonlosigkeit) der Tod eintrete in Folge gehemmter oder aufgehobener Sauerstoffaufnahme ins Blut.“ (S. 48.) Da nun der Ozongehalt der atmosphärischen Luft nach *Schönbein* ein höchst geringer ist, so meint *Stiemer* weiter, könne man sich den Vorgang beim Athmen nicht anders vorstellen, als dass „ein Molecül Ozon sich mit oxydirbaren Blutbestandtheilen verbindet und dadurch eine bestimmte grosse Anzahl von Molecülen unerregten Sauerstoffs befähigt, in die Verbindung mit denselben Blutbestandtheilen miteinzugehen und dafür eine bestimmte Menge bereits vorhandener Kohlensäure aus diesen Blutbestandtheilen in ähnlicher Weise auszutreiben, wie Kohlensäure durch Sauerstoff aus kohlensaurem Eisenoxydul ausgetrieben wird, damit dieses zu Eisenoxyd oxydirt werden könne.“

Auf diese neue Respirations-Theorie näher einzugehen, liegt kein Grund vor, bevor nicht experimentell der Einfluss des Ozongehalts der Athmungsluft auf den Stoffwechsel geprüft ist, was *Stiemer* unterlassen hat. — Wie man sich aber auch den Einfluss denken mag, ob als directen Uebergang des Ozons

¹¹⁾ *Dr. G. F. Stiemer*: Die Cholera, ihre Aetiologie und Pathogenese, ihre Prophylaxe und Therapie — basirt auf den veränderlichen Ozongehalt der Luft und dessen Einfluss auf die Athmung: Königsberg 1858.

als solchen in das Blut, oder als durch Ozon bei der Athmung vermittelte Sauerstoffaufnahme in das Blut, jedenfalls muss, wenn solch ein Einfluss überhaupt vorhanden, bei Erhöhung des Ozongehalts der Einathmungsluft über die Norm, eine Vermehrung der Oxydationsproducte eintreten.

Bevor ich zu den Untersuchungen hierüber übergehe, muss ich eine Beschreibung der Art und Weise, welcher ich mich zur Erzeugung des activen Sauerstoffs bedient habe, so wie des bei den Untersuchungen benutzten Apparates vorausschicken.

Nach *Schönbein* kann die Ozonisation, die Ueberführung des chemischen unthätigen Sauerstoffs in chemisch „erregten“, auf chemischem, voltaschem und electricischem Wege bewerkstelligt werden.

Auf chemischem Wege wird die Ozonisation des atmosphärischen Sauerstoffs durch gewöhnlichen Phosphor bewirkt; man bringt zu diesem Zweck in einen grössern, mit atmosphärischer Luft gefüllten Ballon ein etwa 2 Zoll langes und etwas dickes Stück Phosphor von reinster Oberfläche und giesst so viel Wasser hinzu, bis das Phosphorstück zur Hälfte damit bedeckt ist; die Mündung des Gefässes wird locker verschlossen und die ganze Vorrichtung einer Temperatur von 16—20° ausgesetzt. Schon nach einigen Minuten enthält der Ballon so viel Ozon, dass es sich dem Geruch bemerkbar macht; nach Verlauf von mehren (10—12) Stunden ist das erzeugte Ozon im Stande, ein in den Ballon gelegtes Jodkaliumstärkepapiert sofort schwarzblau zu färben; nachdem nun das etwa noch übrig gebliebene Stück Phosphor entfernt und die sauer gewordene Flüssigkeit ausgespült ist, kann die gewonnene ozonisirte Luft zu Untersuchungen benutzt werden. — Nach *Schönbein's* Berechnungen kann die atmosphärische Luft durch Phosphor so stark mit Ozon beladen werden, dass sie $\frac{1}{1300}$ desselben enthält.

Der angegebenen Darstellungsweise bedienten sich *Schönbein* und *Schwartzbach* zu ihren Untersuchungen über die Einwirkung des Ozon's auf Thiere, wie sie auch bei den meisten andern Untersuchungen über die Oxydationswirkungen dieser Gas-

art benutzt ist. — Zu physiologischen Untersuchungen ist diese Methode der Darstellung jedenfalls eine ungeschickte; denn bei Einwirkung des Phosphors auf atmosphärische Luft werden nach *Schönbein* und *Meissner*¹²⁾ ausser Ozon noch Phosphorsäure, phosphorige Säure, Salpetersäure, salpetrige Säure und Ammoniak gebildet, welche Stoffe bei dem jedesmaligen Experiment entfernt werden müssen, wonach aber doch noch mancher dieser Bestandtheile, wenn auch in geringer Menge, in der Luft des Ballons enthalten sein mag; ferner erfordert die Ozonisation immer eine grössere Zeitdauer, in welcher auch nur die bestimmte Luftmenge, die der Ballon gerade enthält, ozonisirt werden kann. — Um die Diffusion des Ozons in die Atmosphäre zu verhüten, muss der Ballon während der Versuche verschlossen gehalten werden, wodurch das im Ballon sitzende Thier jedenfalls in Verhältnisse gebracht wird, die für die Athmung desselben höchst ungünstig sein müssen; daher gestatten auch die von *Schwartzenbach* angestellten Versuche einigen Zweifel darüber, ob die von ihm bei den Thieren beobachteten Erscheinungen dem Ozon allein zuzuschreiben seien.

Zweitens kann man ozonisirten Sauerstoff bei der Electrolyse des Wassers erhalten, welches Verfahren *Schönbein* den „voltaschen Weg zur Ozonisation“ nennt; durch ein Gemisch von destillirtem Wasser und Schwefelsäure (1 Theil reine Schwefelsäure, 12 Theile Wasser) lässt man den Strom einer kräftigen voltaschen Säule gehen; an der positiven Electrode entwickelt sich alsbald Sauerstoffgas, welches alle Eigenschaften des Ozons zeigt, doch ist hierbei die Menge der „riechenden Materie“, des Ozons, sehr gering im Vergleich zur Menge des gewöhnlichen Sauerstoffs, der gleichfalls frei wird. — Auf diesem Wege kann der active Sauerstoff jedenfalls am reinsten erhalten werden, ohne Beimischungen von Säuren, die bei den anderen Darstellungsarten immer mehr oder weniger vorhanden sind und die Beobachtung über den Einfluss des Ozons auf die

¹²⁾ *Meissner*; Untersuchungen über den Sauerstoff. Hannover 1863. p. 239.

Respiration stören können. Der Umstand aber, dass die so gewonnene Ozonmenge eine verschwindend geringe ist, dass sie nicht beliebig gesteigert oder vermindert werden kann, und die Schwierigkeit, die die Zusammenstellung der Apparate mit sich bringt, haben diesen voltaschen Weg zur Darstellung des Ozons zu den am seltensten benutzten gemacht.

Auf electricischem Wege, wenn man durch reines Sauerstoffgas oder atmosphärische Luft wiederholt electriche Funken schlagen lässt, wird gleichfalls nur eine sehr geringe Ozonmenge geliefert, wobei noch, bei Benutzung der atmosphärischen Luft, eine verhältnissmässig grosse Menge Untersalpetersäure entsteht (in Folge von Oxydation des Stickstoffs durch den activen Sauerstoff), welche ein in die Nähe des Funkenspiels gebrachtes Stück Lacomuspapier in kürzester Zeit zu röthen im Stande ist¹³⁾. — Diese Uebelstände fallen bei den neuesten Apparaten zur Darstellung des Ozons weg, die auch in anderer Beziehung zu physiologischen Untersuchungen am zweckmässigsten sind. — *Schönbein*¹⁴⁾ erwähnt schon die auch von *Becquerel* und *Fremy*¹⁵⁾ bestätigte Thatsache, dass die Ozonisation des Sauerstoffs auch durch electriche Induction bewerkstelligt werden kann; — wenn man die Aussenseite einer an beiden Enden zugeschmolzenen mit Sauerstoffgas gefüllten dünnwandigen Glasröhre, in welcher sich ein Streifen Jodkaliumstärkepapiers befindet, von electricen Funken umspielen lässt, so bläut sich alsbald das Reagenspapier. — Dass diese Reaction nicht als Folge einer Electrolyse des Jodkaliums anzusehn ist, sondern in Folge der Ozonisation des Sauerstoffs, die hier offenbar durch electriche Induction vor sich geht, geht daraus hervor, dass in einer mit sauerstofffreiem Wasserstoffgas gefüllten Röhre unter sonst gleichen Umständen die Bläuung nicht eintritt. — Später hat *Siemens*¹⁶⁾ einen Apparat zur Ozonisirung des Sauerstoffs durch

¹³⁾ *Meissner*, l. c. pag. 148.

¹⁴⁾ *Annalen* 89, pag. 264.

¹⁵⁾ *Comptes rendus* hebdomadaires. XXXIV.

¹⁶⁾ *W. Siemens*: Ueber die electrostatische Induction und die Verzögerung

„inducirte Ströme“ angegeben, nachdem er in Erfahrung gebracht, dass, wenn man zwei dünne Glasplatten einseitig mit Stanniol belegt, die nicht belegten Seiten soweit einander nähert, dass ein geringer mit Luft erfüllter Zwischenraum sich zwischen ihnen befindet, und nun den so gebildeten Collector mittelst einer Leydener Flasche stark ladet, in dem Zwischenraum, neben schwacher Licht- und Wärmeentwicklung, eine Umwandlung des Sauerstoffs der Luft in Ozon (in grösserer Menge) stattfindet. — Der von ihm construirte Apparat besteht aus zwei dünnen Glasröhren, von denen die eine, schmalere, an einem Ende festgeschmolzen und so in der anderen, weiteren, befestigt ist, dass ein gleicher Zwischenraum zwischen den Wänden beider Röhren sich befindet; die äussere Röhre wird an dem Ende, welches dem verschlossenen Ende der inneren Röhre entspricht, länger und feiner ausgezogen, am andern Ende mit der inneren Röhre zusammen festgeschmolzen und mit einem Ansatzrohr versehen, welches zu dem zwischen den beiden Röhren befindlichen Raume führt, der somit an seinen beiden Enden mit der äussern Luft in Verbindung steht. — Die innere Fläche des inneren Rohres und die äussere Fläche des äusseren sind mit metallischer Belage versehen; wenn man nun diesen in Verbindung bringt mit der secundären Spirale eines kräftigen Inductionsapparates, so wird die im Zwischenraum befindliche Luft beständig ozonisirt, die man dann durch Druck oder Zug zu weiteren Versuchen aus dem Apparat gewinnen kann. — *Siemens* gibt an, dass auf diesem Wege eine „sehr grosse Menge“ Ozon's gebildet wird, doch hat die Schwierigkeit der Construction eines solchen Apparates denselben noch nicht in Gebrauch kommen lassen.

Das Princip des *Siemens'schen* Apparates, nämlich, dass eine starke Ozonezeugung dort stattfindet, wo die electriche Entladung durch Luft und schlechte Leiter (Glas) eine beträcht-

liche Verzögerung¹⁷⁾ erleidet, hat *v. Babo* zur Construction eines anderen Apparates benutzt, der durch seine verhältnissmässig leichte Beschaffung und Handhabung zu Untersuchungen über die Wirkungen des Ozon's am brauchbarsten ist und auch, wie *Meissner* angibt, noch grössere Ozonmengen erzeugen kann als der von *Siemens* construirte.

Zu meinen Untersuchungen setzte ich mir solch einen Apparat zusammen. — Da ich die Originalabhandlung von *v. Babo* nicht erhalten konnte, habe ich mich bei Zusammenstellung des Apparates an die Angaben *Meissners*¹⁸⁾ gehalten, der gleichfalls den *v. Baboschen* Apparat benutzte.

Es besteht derselbe aus zwölf circa 5 Decimeter langen, möglichst fein ausgezogenen, also höchst dünnwandigen, Glasröhren, in welche je ein feiner Kupferdraht der ganzen Länge nach eingeschoben ist; die Röhren müssen so fein sein, dass zwischen Draht und Röhrenwand nur ein sehr geringer Zwischenraum bleibt; jede dieser Röhren wird an dem einen Ende festgeschmolzen; am anderen Ende wird das Kupferdraht mit einem gleichfalls möglichst fein ausgezogenen Platindraht fest zusammengedreht, so dass eine leitende Verbindung zwischen dem Platin- und Kupferdraht stattfinden muss¹⁹⁾. — Dieses Ende der Glasröhre wird nun über dem Platindraht zugeschmolzen, so dass die Platin-Kupferdrahtverbindung vollkommen in der

¹⁷⁾ Dass bei der Ozonerzeugung durch Funkenschlag bei längern Funken mehr Ozon entsteht, als bei sehr kurzen, war schon früher bekannt; nach *Meissner* (l. c. pag. 163) ist hier gleichfalls die bei längern Funken stattfindende „Verzögerung“ der Entladung die Ursache der stärkern Ozonerzeugung.

¹⁸⁾ l. c. pag. 14 ff.

¹⁹⁾ Man verfährt am besten so, dass man die Platin- und Kupferdrahtstücke von bestimmter Länge schon verbunden in die Röhren einführt, so dass die Verbindungsstelle dem Kupferdraht nachfolgt. Die feine Glasröhre muss gegen dieses Ende hin, welches die Verbindung der beiden Drähte enthält, etwas breiter sein, als im übrigen Verlauf, was beim Ausziehen der Röhren über einer grössern Zuglampe keine Schwierigkeiten verursacht.

luftdicht geschlossenen Röhre eingeschlossen ist und ein Theil des Platindrahts soweit aus derselben hervorragt, dass die aus je sechs solchen Röhren hervorragenden Drahtenden mit einem stärkeren und längeren Platindraht durch feste Umwicklung zu leitender Verbindung vereinigt werden können. — Die beiden auf diese Weise erhaltenen Röhrenbündel werden in eine 7—8 Decimeter lange Glasröhre geschoben, die nicht breiter sein darf, als gerade zur Aufnahme aller Röhren erforderlich ist, — und zwar der Art, dass die zusammengedrehten Drahtenden der beiden Bündel sich an den entgegengesetzten Enden der sie umfassenden Glasröhre befinden; die Röhren des einen Bündels müssen ferner so gleichmässig als möglich zwischen denen des anderen Bündels vertheilt sein und vielfach mit ihnen in Berührung kommen. — In der Wand der äusseren Röhre sind in grösserer oder geringerer Entfernung von den Enden derselben, entsprechend der Lage der zusammengedrehten Drahtenden jedes Röhrenbündels, zwei Oeffnungen eingebohr, durch welche die beiden stärkeren Platindrähte, um welche die Drahtenden je eines Bündels gewickelt sind, herausgeführt werden. (Die beiden Enden des Apparates sind in Fig. I abgebildet.) — Wenn man diese Platindrähte mit den Enden der secundären Spirale eines kräftigen Inductionsapparates in Verbindung setzt, so geht der Strom durch die mit den Platindrähten verbundenen Kupferdrähte der einzelnen feinen Röhren und die Entladungen gehen vor sich von den sechs Kupferdrähten des einen Bündels zu denen des anderen auf der ganzen Länge der Röhren durch die dünnen Glaswände derselben und die zwischen den Röhren befindliche Luft, welche hierdurch nach der angegebenen Beobachtung von *Siemens* stark ozonisiert wird. — Dabei hört man in der Röhre ein knisterndes Geräusch, einige, weniger fest sitzende, Röhrrchen zeigen deutlich eine zitternde Bewegung und im Dunkeln leuchtet die ganze Röhre in matt-violettem Licht. — Die Entladungen der Electricität finden also in der Röhre ohne Funkenschlag statt, wenn nicht eine der feinen Glasröhren zerbrochen ist; — doch be-

obachtete ich, dass Funkenschlag in der Röhre wol stattfindet, wenn die festgeschmolzenen Enden der feinen Röhren des einen Bündels zu nahe gerückt sind den aus den Röhren hervorragenden Platindrähten des anderen Bündels. Ebenso fand auch Funkenschlag statt, wenn die mit Glas überzogene eine Endspitze der secundären Spirale des von mir benutzten *Ruhmkorfschen* Inductionsapparates der anderen Spitze auf eine gewisse Distance genähert wurde. — Es muss also bei der Lagerung der Röhren in der *v. Baboschen* Ozonröhre darauf geachtet werden, dass die Spitzen des einen Röhrenbündels von den nackten Drahtenden des anderen einen oder mehrere Zolle entfernt sind, welche Entfernung natürlich von der Stärke des inducirenden Stromes abhängt. Dies ist insofern von Wichtigkeit, als nur bei den sogenannten stillen Entladungen möglichst reiner electricirter Sauerstoff gewonnen wird, dem bei der Ozonisirung durch Funkenschlag, wie früher angegeben, stets Untersalpetersäure beigemischt ist.

Bei Benutzung dieses Apparates verlangt die Ozonerzeugung keinen Zeitaufwand und kann beliebig lange fortgesetzt werden, wobei die durch die Röhre streichende Luft stets gleichmässig ozonisirt wird; es ist ferner die Röhre leicht in Verbindung zu setzen mit anderen Vorrichtungen, indem der freie Theil derselben, auf welchen die drahterfüllten Röhren sich nicht erstrecken, beliebig gebogen oder feiner ausgezogen werden kann; durch Vermehrung oder Verringerung der Zahl der Elemente, welche den Inductionsapparat in Thätigkeit setzen, kann eine Vermehrung oder Verringerung der ozonisirten Luft erzielt werden, was gerade bei den folgenden Untersuchungen benutzt werden konnte. — Eine genaue Angabe über die Menge des erzeugten Ozons kann aber leider nicht gemacht werden; gewiss ist, dass nur ein Theil der durch die Röhre strömenden Luft ozonisirt wird und dass man also ein Gemisch von atmosphärischer Luft und Ozon erhält. — Wenn *Meissner*²⁰⁾ angibt, dass

²⁰⁾ l. c. pag. 348.

hierbei etwa $\frac{1}{100}$ vom Gewicht des Sauerstoffs in Ozon verwandelt wird, so ist diese Angabe doch nur eine ungenaue, da er über die Stärke des inducirenden Stromes keine Mittheilung macht, die doch jedenfalls die Ozonerzeugung bedeutend modificiren muss.

Um nun zu prüfen, ob nach Einathmung der O_3 ozonisirten Luft der Stoffwechsel der Thiere beschleunigt wird, wurde die Ozonröhre mit einem Respirationsapparat in Verbindung gebracht, in welchem die exhalirte Kohlensäure der die ozonisirte Luft einathmenden Thiere aufgefangen und gemessen werden konnte. — Der Construction dieses Apparates stellten sich anfangs mannigfache Schwierigkeiten entgegen, da die gewöhnlichen Verbindungsmittel an den Theilen des Apparates, die mit Ozon in Berührung kommen, nicht benutzt werden konnten; Korken und Cautschoukröhren werden, wie es *Meissner, Gorup-Besanez* u. A. gesehen haben und wie auch ich mich überzeugen konnte, sehr bald vom Ozon zerfressen; es musste daher solchen Verbindungen eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Zur Veranschaulichung der folgenden Beschreibung ist in Fig. II der Apparat abgebildet. Zum Behälter für die Thiere diente eine doppelstübulturte Glasglocke, in der kleinere Thiere (Kaninchen, junge Katzen) sich bequem aufhalten konnten. Durch einen Tubulus stand die in der Glocke befindliche Luft, vermittelt eines in der Mitte durchbohrten Korks, mit der Ozonröhre in Verbindung, die an diesem Ende rechtwinklig gebogen war; in dem andern wurde, gleichfalls vermittelt durchbohrten Korks, ein Glasrohr befestigt, welches tiefer in die Glocke hineinreichte und ausserhalb derselben zweimal rechtwinklig gebogen war, so dass das Ende desselben, bei auf ihrer Basis ruhenden Glocke, gerade nach unten sah; letzteres Rohr sollte mit einem Aspirator verbunden werden, welcher die Luft aus der Ozonröhre durch die Glocke führen musste. — Die zum Verschluss der beiden Oeffnungen benutzten Korken waren nicht so lang, dass sie in die Glocke selbst hineinreichten; der daher noch freie Theil der beiden Cylinder wurde

von innen mit geschmolzenem Stearin gefüllt, das, erkaltet, einen luftdichten Verschluss abgab und die Berührung der durch die Glocke gehenden ozonisirten Luft mit den Korken verhinderte. — Das Stearin wird nämlich nach Angabe von *Gorup-Besanez*²¹⁾ sehr schwer vom Ozon angegriffen; selbst in alkalischer Lösung, wobei alle Oxydationen durch Ozon viel rascher vor sich gehen, bleibt das Stearin wenigstens 3 Wochen lang unverändert. — Im Laufe der Untersuchung wurde der Stearinkorken der Sicherheit wegen ein Paar mal erneuert. — Das Untergestell der Glocke bestand aus einer Glasschaale, deren Boden mit metallischem Quecksilber ein Paar Linien hoch bedeckt war; auf diesem schwamm eine c. $\frac{1}{2}$ Zoll dicke, runde Glasscheibe, die gerade in den innern Umfang der Glocke hineinpasste. Wurde nun die Glocke über die Scheibe gesetzt, so war durch das Quecksilber, in welches der Glockenrand hineinsank, ein luftdichter Verschluss der Glocke bewirkt. Andere Mittel, die Glocke luftdicht mit der Glasscheibe zu verbinden, wie Oel, Wachs u. s. w., werden vom Ozon gleichfalls angegriffen und gestatten auch kein so rasches Schliessen und Öffnen der Glocke, wie es bei der angegebenen Vorrichtung möglich war.

Zwischen der tiefer in die Glocke hineinreichenden Abzugsröhre und dem als Aspirator wirkenden Gasometer sollte sich der Apparat zur Bestimmung der exhalirten Kohlensäure befinden; da aber aus der Glocke noch so viel ozonisirte Luft entführt würde, dass die nächste Cautschoukröhre baldigst zerfressen wurde, musste zwischen Glocke und den folgenden Glasröhren eine Vorrichtung eingeschaltet werden, durch welche das Ozon zurückgehalten werden konnte. Hierzu diente eine gesättigte Lösung von Jodkalium. Die ozonisirte Luft wird, wie es *Schönbein* zuerst gezeigt hat, durch eine Jodkaliumlösung desozonisirt, indem das Jodkalium durch Ozon zersetzt wird; die Lösung nimmt bald eine immer dunkler werdende

²¹⁾ Annalen der Chemie Bd. 125. pag. 215.

roth-braune Farbe an, bedingt durch vom Ozon ausgeschiedenes Jod, welches an Jodkalium zu Zweifach-Jodkalium gebunden bleibt. — Die Verbindung zwischen der Jodkaliumvorlage und der Glocke wurde, nach Angaben *Meissner's*, folgendermaassen hergestellt: der die Jodkaliumvorlage luftdicht schliessende Kork war doppelt durchbohrt für ein Zuführungs- und ein Ableitungsrohr; das gerade Zuführungsrohr war vermittelt eines durchbohrten Korks in einer breiteren, kurzen Glasröhre befestigt, die oberhalb des Korks mit einer Stearinschicht, und über dieser mit Quecksilber gefüllt war, aus dessen Mitte die Spitze der Zuleitungsröhre $1-1\frac{1}{2}$ Zoll hoch hervorragte; über diese Spitze wurde nun bei jedem Versuch das Ende der Ableitungsröhre der Glocke in das Quecksilber hinein gesetzt, wodurch man eine luftdichte, leicht zu öffnende und zu schliessende Verbindung erhielt.

Von wesentlichem Einfluss auf die Menge und Reinheit des Ozons, welches im *v. Babo'schen* Apparat erzeugt werden kann, ist, nach den Untersuchungen von *Meissner* und *v. Babo*, die Trockenheit der durch die Ozonröhre strömenden Luft; die grösste Menge wird erzielt, wenn vollständig trockene Luft der Electrisirung ausgesetzt ist. — Es war daher mit der Ozonröhre ein Trockenapparat verbunden, welchen die Luft, bevor sie zur Electrisirung kam, passiren musste. Derselbe bestand aus drei U-förmig gebogenen möglichst breiten Glasröhren, von denen die erste, circa drei Fuss lang, mit Chlorcalciumstücken gefüllt war; an diese schlossen sich zwei etwas kleinere Röhren, mit groben Glasperlen gefüllt, die mit concentrirter Schwefelsäure übergossen waren. Kork und Cautschoukröhren verbanden die Röhren des Trockenapparates unter einander; durch ein längeres Cautschoukrohr konnte die Ozonröhre mit dem letzten Schwefelsäure-Apparat in luftdichte Verbindung gesetzt werden.

Zur Electrisirung benutzte ich einen grossen *Ruhmkorf'schen* Inductionsapparat, der durch 2—3 starke *Bunsen'sche* Elemente in Thätigkeit gesetzt wurde. Damit die Dämpfe der in den

Elementen benutzten Salpetersäure nicht etwa die Respirationsluft verunreinigen, war die ganze Vorrichtung so postirt, dass die Elemente in einem Zugofen stehen konnten, vor welchem sich der Inductionsapparat befand.

Davon, dass Ozon in grösserer Menge die Glasglocke durchströmte, wenn der Inductionsapparat durch zwei Elemente in Bewegung gesetzt wurde, der Trockenapparat mit der Ozonröhre und das als Aspirator wirkende Gasometer mit dem hinter der Glocke befindlichen Jodkalium-Gefäss luftdicht verbunden waren, überzeugte ich mich durch verschiedene, in die Glocke gestellte Ozonreagentien; ein mit Jodkaliumkleister bestrichenes Stück Papier wurde fast im Augenblick schwarzblau oder dunkelbraun gefärbt; Indigolösung nahm nach Verlauf von 1—3 Stunden eine gelbe Färbung an; Guajactinctur färbte sich schwärzlich, indem es ganz eintrocknete. — Ferner konnte ich das von *Meissner* angegebene Experiment über die Entstehung des Antozonnebels vollkommen bestätigen, was mir als Beweis dafür erscheinen musste, dass bei der Zusammensetzung des von mir benutzten Apparates die von *Meissner* angegebenen Postulate zur starken Ozonerzeugung erfüllt waren.

Bei Schilderung dieses Experimentes muss ich der Lehre vom Antozon mit einigen Worten Erwähnung thun.

Aus Gründen, deren Verfolgung hier zu weit führen würde, hatte *Schönbein* zuerst die Vermuthung ausgesprochen, dass es ausser dem chemisch-unthätigen Sauerstoff zwei chemisch-active Sauerstoffmodificationen gebe, die sich zu einander wie positive und negative Electricität verhalten; das Ozon bezeichnete *Schönbein* als negativ-activen Sauerstoff; dessen Gegensatz als positiv-activen Sauerstoff oder Antozon. — Später konnte *Schönbein* das Antozon im freien Zustande darstellen aus Bariumsuperoxyd. — *Meissner* aber gelang es nachzuweisen, dass beim Electriciren der Luft neben dem negativ-activen Ozon aus dem chemisch-unthätigen Sauerstoff stets auch das positiv-active Antozon auftritt; beide Modificationen treten wahrschein-

lich in aequivalenten Mengen auf²²⁾). Das Antozon zeichnet sich durch eine sehr schwache Oxydationskraft aus, welche sich wahrscheinlich auch nur auf eine bestimmte Gruppe von Körpern beschränkt, die wiederum vom Ozon nicht angegriffen werden; charakteristisch ist die Anziehung des Antozon's zum Wasser, wodurch letzteres zu Wasserstoffsperoxyd (HO_2) oxydirt wird. Nach *Meissner* hat es auch die Fähigkeit, mit Wasserdampf dichte, weisse Nebel zu bilden, die eben zum Nachweis des gleichzeitigen Entstehens des Antozon's und Ozon's beim Electrisiren der Luft dienen.

Dieses Experiment konnte ich folgendermaassen veranstalten: Nachdem der trockene electrisirte Luftstrom die Glocke passirt, wurde er in der Jodkaliumvorlage desozonisirt; ein hinter dem Jodkalium befindliches Reagenspapier zeigte keine Färbung. Leitet man nun den so desozonisirten Luftstrom durch eine zwischen dem Jodkalium und Gasometer angebrachte Wasservorlage, so treten alsbald in letzterer grau-weisse Nebel auf, welche den vom Wasser frei gelassenen Raum des Gefässes ganz ausfüllen und undurchsichtig machen. Diese Nebelbildung begann bald nach Beginn der Electrisirung und hört beim Nachlassen derselben auf, ist also jedenfalls von ihr abhängig. Wenn der Versuch längere Zeit fortgesetzt war, so wurden die Nebel auch in das Gasometer fortgerissen, aus welchem, wenn es zu neuem Versuche sogleich wieder mit Wasser gefüllt wurde, die weisslichen Nebel deutlich sichtbar hervorströmten. Diese Nebel sind, wie es *Meissner* des Längern nachweist, hervorgerufen durch die Anziehung des beim Electrisiren der Luft entstehenden Antozon's zum Wasser und treten nur auf, wenn der desozonisirte Luftstrom mit einer von Wasserdampf geschwängerten Atmosphäre in Berührung kommt. Die Gegenwart des Ozon's verhindert aber die Nebelbildung und beschleunigt im feuchten Zustande das „Abklingen“ des Antozon's, wie *Meissner* die Ueberführung des positiv-activen Sauer-

²²⁾ *Meissner* l. c. p. 64 ff.

stoffs in gewöhnlichen Sauerstoff bezeichnet. Denn wenn *Meissner* den möglichst stark electricirten Luftstrom direct durch eine Wasservorlage leitete, so sah er keine oder nur ganz schwache Nebel auftreten (l. c. pag. 53), die auch, nachdem darauf der Luftstrom durch Jodkalium desozonisirt und in eine zweite Wasservorlage geleitet war, bei weitem nicht die Dichtigkeit zeigten, wie sie sich bei dem oben angegebenen Versuch bemerkbar macht. Oder (l. c. p. 57) wenn ein Kolben mit ozonfreiem Antozonnebel gefüllt wurde, so erhielt sich der Nebel 30—40 Minuten, wurde dagegen ein nicht vorher desozonisirter Luftstrom in den feuchten Kolben geleitet, so verschwanden die Nebel (die sich auch nur bemerkbar machten, wenn die Luft sehr stark electricirt war) fast sogleich und traten auch nicht wieder auf, nachdem das Ozon durch Jodkalium entfernt war — ein Beweis, dass das Ozon die Wasseranziehung durch Antozon hindert und das Verschwinden des Antozon's beschleunigt.

Dieses Verhalten des Antozon's wird später noch in Berücksichtigung gezogen werden müssen, da hiernach das in die Glocke gesetzte Thier Ozon und Antozon zusammen einathmen musste.

Die Vorrichtung zur Bestimmung der exhalirten Kohlensäure war folgendermaassen hergestellt: Der aus der Glocke durch die Jodkaliumsvorlage geführte Luftstrom passirte zunächst zwei Trockenapparate, von denen der erste eine mit Perlen gefüllte Röhre darstellte, die mit Schwefelsäure übergossen waren, der andere aus einem mit Chlorcalciumstücken gefüllten Rohr bestand; an dieses schlossen sich zwei, mit concentrirter Kalilösung gefüllte, *Liebigsche* Kaliapparate, in welchen die Kohlensäure des durch sie hindurch geleiteten trockenen Luftstromes zurückgehalten werden musste; der zweite Kaliapparat war mit einer, mit Stücken trockenen Kali's gefüllten, Röhre verbunden, um die durch die Kalilösung etwa hindurchgegangene Kohlensäure oder mitgerissene Wasserpartikel aufzuhalten. Der grösseren Sicherheit halber befand sich noch ein mit Schwefelsäure übergossene Perlen enthalten-

des Rohr zwischen dem trockenen Kali und dem Gasometer. Die Verbindungen der einzelnen Theile waren vermittelt Kork und Cautschoukröhren luftdicht hergestellt. — Die Kaliapparate wurden vor und nach jedem Versuch genau gewogen; die Differenz bezeichnete das Gewicht der aufgefangenen Kohlensäure. — Eine absolute Bestimmung der vom Thiere in der Glocke während der Versuchszeit gebildeten Kohlensäure wird hierdurch natürlich nicht erreicht, indem die in der Glocke noch übrig gebliebene Menge unberücksichtigt bleibt; es kommt im Folgenden auch nur darauf an zu bestimmen, ob die Kohlensäure-Production, wenn Ozon geathmet wird, eine grössere ist, als die Kohlensäure-Production desselben Thieres bei Athmung gewöhnlicher Luft, unter sonst völlig gleichen Umständen. Dieses muss sich im beschriebenen Apparat deutlich kund thun; wird mehr Kohlensäure in der Glocke gebildet, so muss auch mehr aus derselben entführt und in den Kaliapparaten zurückgehalten werden. Die Nichtberücksichtigung der in der Glocke zurückbleibenden Kohlensäure ist somit als constanter Beobachtungsfehler ohne Einfluss auf die Erfolge der Untersuchung, da die Bestimmungen bloß relativ zu sein brauchen.

Was die Luftmenge anbetrifft, die die Glocke durchströmte, so wurde der Strom des aus dem Gasometer ausfliessenden Wassers so regulirt, dass bei den entsprechenden Versuchen mit Ozon und mit gewöhnlicher Luft, die Luftmenge stets eine gleiche war; in einer Stunde passirten 18—19 Litres Luft die Glocke, wobei die Thiere in der Glocke bei Athmung gewöhnlicher Luft sich vollkommen wohl befanden, was stets geprüft wurde vor dem Versuch mit ozonisirter Luft. Desgleichen war der Trockenapparat bei den Versuchen mit atmosphärischer Luft ganz ebenso angebracht, wie bei den Versuchen mit ozonisirter Luft, so dass ein Unterschied in dem Verhalten der Thiere oder in der aufgefangenen Kohlensäure-Menge sich nur auf die veränderte Athmungsluft beziehen liess.

Nachdem bei einem jungen Kaninchen von 558 Gr. Gewicht in einigen Versuchen die Kohlensäure-Menge, die es bei Athmung gewöhnlicher Luft in einer Stunde producirte, oder genauer, die in den Kaliapparaten absorhirt wurde, geprüft war, wurde in den folgenden Versuchen die zugeführte Luft ozonisirt. — Die Electricisirung geschah hier, wie auch meist in den anderen Versuchen, durch 2 Elemente. Nach kurzer Zeit machte sich an dem Thier eine Verlangsamung der Respiration und eine allmählig heftiger werdende Dyspnö bemerkbar, die sich durch Aufrichten des Vorderkörpers, Ueberbeugen des Kopfes nach hinten und weiter Oeffnung der Nasenflügel kundthat; nach einer halben Stunde trat aus Nase und Mund eine helle Flüssigkeit aus, die die Umgebung des Mundes und der Nase bis zum Ende des Versuchs, der eine Stunde dauerte, feucht erhielt. — Lippen und namentlich die Ohren des Thieres zeigten gegen Ende des Versuchs eine entschieden livide Färbung. Aus der Glocke entfernt, erholte sich das Thier bald und zeigte kein Abweichen von seinem gewöhnlichen Verhalten. Nach zwei Tagen, nachdem vorher noch ein Versuch mit gewöhnlicher Luft angestellt war, wurde das Thier zum zweiten Mal dem Ozon ausgesetzt. — Die beschriebenen Erscheinungen traten rascher ein als das erste Mal, namentlich machte sich der Ausfluss aus Nase und Mund früher bemerkbar und war, ebenso wie die Cyanose, heftiger als das erste Mal; Ende des Versuchs um 3 Uhr nachmittags; — in der Nacht darauf trat der Tod ein. Die am anderen Morgen veranstaltete Section ergab im unteren Theil der Trachea und in den grösseren Bronchien eine ziemlich heftige Injection; die beiden unteren Lappen der Lungen zum grösseren Theil vollständig verdichtet, lassen sich nicht aufblasen; die übrigen Parthien der Lungen sehr blutreich; Ueberfüllung des rechten Herzens mit venösem Blut; die vena cava inferior, die übrigen Uterleibsvenen stark ausgedehnt.

Die in den einzelnen Versuchen in den Kaliapparaten aufgefangenen Kohlensäure-Mengen zeigen folgendes Verhältniss:

| | | |
|--------------------------------|--------------|------------------------------|
| Bei Athmung gewöhnlicher Luft. | | } Versuchsdauer 1 Stunde. |
| 1. Versuch | 0,607 Gramm. | |
| 2. „ | 0,382 „ | |
| 3. „ | 0,591 „ | |
| Bei Athmung ozonisirter Luft. | | |
| 1. Versuch | 0,316 Gramm. | |
| 2. „ | 0,451 „ | |

Exp. II. Eine junge Katze von 673 Gramm wurde abwechselnd einen Tag um den andern eine Stunde lang in der Ozonglocke gehalten; an den dazwischen liegenden Tagen wurde die Prüfung der Kohlensäure-Exhalation bei Athmung gewöhnlicher Luft vorgenommen. — Hier trat beim ersten Versuch mit Ozon nach 20 Minuten ein heftiger Ausfluss schaumiger Flüssigkeit aus Nase und Mund auf, der gegen Ende des Versuchs so stark wurde, dass der Boden der Glocke gleichsam überschwemmt war; dabei Verlangsamung der Athembewegungen und heftige Dyspnö; gegen Ende der Stunde krampfhaftes Abdominalathmen, wobei das Thier, bei weitgeöffnetem Munde, klägliche Schreie hören lässt. — Aus der Glocke entfernt, war das Thier zuerst auffallend matt, blieb auf dem Boden liegen, knickte bei den ersten Gehversuchen zusammen, — erholte sich jedoch im Verlauf einer halben Stunde vollständig und zeigte in seinem weiteren Verhalten bis zum nächsten Versuch nichts Anomales. — Der Ausfluss hörte auf, fast augenblicklich nachdem die Ozoneinwirkung aufgehoben war. — Bei dem zweiten und dritten Versuch zeigten sich dieselben Erscheinungen in höherem Maasse; der Ausfluss trat früher ein; sowie die Dyspnö und Verlangsamung des Athmens; es dauerte längere Zeit, bis das Thier, aus der Glocke gebracht, sich erholte. — Im vierten Versuche setzte ich den Inductionsapparat durch drei Elemente in Bewegung; die gekennzeichneten Erscheinungen traten fast sogleich mit der höchsten Heftigkeit auf; unter langsamem, krampfhaftem Athmen fiel das Thier nach 50 Minuten in der

Glocke zu Boden und zeigte nach einigen Zuckungen keine Lebenszeichen mehr; sogleich aus der Glocke entfernt und ins Freie gebracht — that es noch ein Paar Athemzüge und starb. Die gleich nach dem Tode angestellte Section ergab Folgendes: Beim Druck auf den Thorax trat dieselbe schaumige Flüssigkeit aus dem Munde hervor, die sich schon während des Lebens bemerkbar gemacht hatte. — Die Lungen stellenweis tief geröthet und blutreich; an einigen Stellen, namentlich an den Rändern, stark emphysematös; die Bronchien gefüllt mit einer schaumigen farblosen Flüssigkeit, die sich in die Trachea bis über den Larynx hinaus fortsetzt; beim Einschnitt in das Lungenparachym strömt eine schaumige, etwas blutige Flüssigkeit über die Schnittfläche. — Geringe Injection im untern Theil der Trachea und in den grösseren Bronchien; der obere Theil der Trachea und des Larynx zeigen sich ganz unverändert. — Das rechte Herz, die vena cava inferior und die Venen der Eingeweide stark mit schwärzlichem Blute gefüllt; die Halsvenen und der quere Blutleiter stark ausgedehnt, sowie die Hirngefässe.

Die aufgefangene Kohlensäure betrug:

Bei Athmung atmosphärischer Luft.

| | | |
|----------------------|-------|--------|
| 1. Versuch | 0,490 | Gramm. |
| 2. „ | 0,500 | „ |
| 3. „ | 0,632 | „ |

Bei Athmung ozonisirter Luft.

| | | |
|----------------------|-------|--------|
| 1. Versuch | 0,644 | Gramm. |
| 2. „ | 0,633 | „ |
| 3. „ | 0,369 | „ |
| 4. „ | 0,256 | „ |

Mit demselben Thiere hatte ich vorher einige nur $\frac{1}{4}$ Stunde andauernde Versuche angestellt, um die in dieser Zeit (bevor noch die Respiration so stark beeinträchtigt war) gebildete Kohlensäure zu messen.

Bei Athmung gewöhnlicher Luft wurden aufgefangen:

| | | | |
|---------------------|-------|-------|-------------------|
| Im 1. Versuch . . . | 0,048 | Gramm | CO ₂ . |
| „ 2. „ . . . | 0,064 | „ | „ |
| „ 3. „ . . . | 0,047 | „ | „ |

Bei Athmung ozonisirter Luft:

| | | | |
|---------------------|-------|-------|-------------------|
| Im 1. Versuch . . . | 0,041 | Gramm | CO ₂ . |
| „ 2. „ . . . | 0,067 | „ | „ |
| „ 3. „ . . . | 0,047 | „ | „ |

Doch machte sich in diesen Versuchen, wenn ozonisirte Luft geathmet wurde, schon vor 15 Minuten eine Verhinderung der Respiration bemerkbar, namentlich auch ein geringer Ausfluss aus Mund und Nase. Ich setzte daher diese Versuche nicht weiter fort, weil das Resultat schon deshalb ein ungenaues ist. Auch ist die Menge der aufgefangenen Kohlensäure ungemein klein im Vergleich zu der in den übrigen, eine Stunde andauernden Versuchen erhaltenen. — Es lässt sich dieser Umstand wol daraus erklären, dass zum Anfang des Versuchs die in der Glocke befindliche, noch reine Luft entführt wird.

Ein Huhn von 604 Gramm Gewicht zeigte anfangs in der ozonisirten Luft weniger heftige Beschwerden als die Katze; doch nahmen gegen Ende des Versuchs, der auch hier eine Stunde dauerte, die Respirationsbeschwerden bedeutend zu; aus den Oeffnungen der Nase trat nur ein geringer Ausfluss heller Flüssigkeit auf, doch wurde das Athmen durch häufige Deglutitionsbewegungen unterbrochen. — Nach zwei einstündigen Versuchen zeigte das Thier keine Veränderung in seinem Verhalten ausserhalb der Glocke. — Beim dritten Versuch steigerten sich die Respirationsbeschwerden bald zur beträchtlichen Höhe; der Ausfluss wurde stärker, aber bei weitem nicht so heftig wie bei der Katze; häufige Deglutitionsbewegungen, langsames, keuchendes Abdominalathmen bei weit geöffnetem Schnabel; nach 50 Minuten fiel das Thier in der Glocke zu Boden und starb unter heftigen Convulsionen. — Die Section zeigte die-

selben Erscheinungen, wie bei der Katze. Inselförmige Hyperämie der Lungen, Emphysem an den Lungenrändern; schaumige Flüssigkeit in der Trachea, Bronchien und Alveolen; die venösen Gefässe überall stark ausgedehnt. — Injection in der Trachea und in den Bronchien nicht bemerkbar. — Der sehr ausgedehnte Magen gefüllt mit wässriger, zum Theil schaumiger Flüssigkeit.

Aufgefangene Kohlensäure:

Bei Athmung gewöhnlicher Luft.

| | |
|----------------------|--------------|
| 1. Versuch | 0,550 Gramm. |
| 2. „ | 0,590 „ |
| 3. „ | 0,530 „ |

Bei Athmung ozonisirter Luft.

| | |
|----------------------|--------------|
| 1. Versuch | 0,546 Gramm. |
| 2. „ | 0,602 „ |
| 3. „ | 0,261 „ |

Fernere, mit der stark ozonisirten Luft angestellte Versuche ergaben die nämlichen Resultate; der Tod der Thiere erfolgte meist, nachdem ein Paar Stunden das Ozon auf sie eingewirkt hatte; ein grösseres Kaninchen (1200 Gramm) starb sogar 2 Stunden nach dem ersten einstündigen Versuch (die aufgefangene Kohlensäure betrug hier bei Athmung gewöhnlicher Luft 0,683 Gramm, bei Athmung ozonisirter Luft 0,666 Gramm). — Die Section ergab überall dieselben Erscheinungen, wie sie bei der Katze und dem Huhn geschildert sind; bei dem letzterwähnten Kaninchen fand sich noch eine auffallend livide Färbung des unteren Theils der Trachea. — Abweichend von diesen war das Sectionsresultat bei dem in den ersten Versuchen zu Grunde gegangenen Kaninchen; es fanden sich in den Lungen verdichtete Stellen. Etwas Aehnliches sah ich nur bei einer Ratte, die bei Ozon-Athmung nach 1½ Stunden in der Glocke unter heftigen Convulsionen starb; hier zeigten sich ausser der die Alveolen und Bronchien füllenden schaumigen

Flüssigkeit, einzelne verdichtete Parthien in den Lungen, die sich äusserlich durch tiefere Röthung und Eingesunkensein unter der Oberfläche kundthaten und sich nicht von der Trachea aus aufblasen liessen.

Bei einer derartigen, ziemlich rasch tödtenden Einwirkung der stark ozonisirten Luft auf Thiere konnte die Untersuchung über die Kohlensäure-Production der Thiere keine genaue sein, wenigstens war keine grössere Reihe von Zahlen zu erhalten. Die wenigen angeführten Zahlen bezeugen, dass ein wesentlicher Unterschied der bei Ozonathmung gebildeten Kohlensäure-Menge und der bei Athmung gewöhnlicher Luft erzeugten nicht stattfindet, so lange nicht die Ozonwirkung eine so heftige ist, dass das Thier schwer leidet und stirbt; im letzteren Fall ist die Kohlensäure-Production eine sehr geringe, was sich durch den Schwächezustand des Thieres und das behinderte Athmen zur Genüge erklären lässt. — Schwächere oder stärkere Behinderung des Athmens war übrigens in allen Versuchen mit ozonisirter Luft vorhanden und es lässt sich denken, dass dieser Umstand nicht ohne Einfluss auf die Menge der gebildeten Kohlensäure gewesen sei. — Um daher den Zweck der Untersuchung weiter zu verfolgen, war es nöthig, die Ozonisirung der Athmungsluft so zu reguliren, dass einerseits die Respiration der Thiere nicht leidet, andererseits eine grössere Ozonmenge vorhanden ist, als in der atmosphärischen Luft. — Durch Weglassung des Trockenapparates und Benutzung etwa nur eines Elements zur Electrisirung konnte bei der beschriebenen Vorrichtung eine Verringerung der aus der Ozonröhre zu entführenden Ozonmenge leicht erzielt werden. — Dass hierbei noch eine im Verhältniss zu der in der atmosphärischen Luft vorhandenen ziemlich beträchtliche Ozonmenge erzeugt wurde, zeigte schon der sehr auffallende Geruch der aus der Röhre strömenden Luft; auch wurde ein in die Glocke gestelltes Jodkaliumstärkepapiert nach 10—15 Minuten ziemlich intensiv blau gefärbt. — Die der in solcher Weise ozonisirten Luft ausgesetzten Thiere zeigten weder in der Glocke noch nach dem

Experiment irgend welche bemerkbare Abweichung von ihrem gewöhnlichen Verhalten. — Die folgende Zahlenreihe gibt die in den Versuchen mit atmosphärischer Luft und mit Ozon in den Kaliapparaten aufgefangene Menge Kohlensäure.

Versuchsthier — Taube — 300 Gramm.

| Bei Athmung atmosphärischer Luft. | | | Bei Athmung ozonisirter Luft. | |
|-----------------------------------|------------|--|-------------------------------|--|
| Datum. | Tageszeit. | Aufgefangene CO ₂ in Gramm. | Tageszeit. | Aufgefangene CO ₂ in Gramm. |
| Juli 16. | | | 4—5 n. M. | 0,291 |
| „ 17. | | | 4—5 — | 0,330 |
| „ 18. | 4—5 n. M. | 0,349 | | |
| „ 19. | 12—1 | 0,274 | 3—4 — | 0,329 |
| „ 20. | | | 12—1 | 0,448 |
| — | | | 4—5 | 0,339 |
| „ 21. | 1—2 | 0,345 | | |
| — | 5—6 | 0,318 | | |
| „ 22. | 11—12 | 0,231 | | |
| — | 1—2 | 0,279 | | |
| — | 4—5 | 0,295 | | |
| „ 23. | 1—2 | 0,530 | | |
| — | 4—5 | 0,552 | | |
| „ 24. | | | 4—5 | 0,510 |
| „ 25. | 6—7 | 0,536 | | |

Es ergibt sich hieraus als Mittel für die aufgefangene Kohlensäure:

Bei Athmung atmosphärischer Luft = 0,3709

Bei Athmung ozonisirter Luft . . . = 0,3745

Versuchsthier — Katze — 950 Gramm.

| Bei Athmung atmosphärischer Luft. | | | Bei Athmung ozonisirter Luft. | |
|-----------------------------------|------------|--|-------------------------------|--|
| Datum. | Tageszeit. | Aufgefangene CO ₂ in Gramm. | Tageszeit. | Aufgefangene CO ₂ in Gramm. |
| Juli 22. | | | 6—7 n.M. | 1,063 |
| „ 23. | | | 6—7 | 1,078 |
| „ 24. | 12—1 | 0,981 | | |
| „ 25. | 4—5 n.M. | 1,285 | | |
| „ 26. | 4—5 | 1,384 | | |
| „ 27. | 12—1 | 0,921 | | |
| „ 28. | | | 3½—4½ n.M. | 1,470 |
| „ 29. | | | 3—4 | 1,092 |
| „ 30. | 10—11 | 1,220 | | |
| „ 31. | | | 10—11 | 1,102 |

Im Mittel bei Athmung atmosphärischer Luft = 1,158 Gramm.

„ „ „ „ ozonisirter Luft . . . = 1,161 „

Es ergibt sich aus den angeführten Zahlen, dass die Kohlensäure-Production durch einen vermehrten Ozongehalt der Einathmungsluft, wie er durch Electricisirung der atmosphärischen Luft erhalten wird, keine Veränderung erleidet. Die angegebenen Mittelzahlen sind fast gleich; die Differenzen in der gebildeten Menge Kohlensäure bei Athmung atmosphärischer Luft und ozonisirter Luft kommen den Differenzen bei Athmung ein und derselben Luftart gleich; diese halte ich bedingt durch den verschiedenen Appetit der Thiere, Bewegung u. s. w.

Ich glaube hieraus schliessen zu dürfen, dass der active Sauerstoff als solcher durch die Athmung nicht in das Blut gelangt und dass der vermehrte Ozongehalt der Luft keinen directen Einfluss auf den Stoffwechsel ausübt. Die oxydirende Kraft des Ozoa's ist eine so grosse, dass bei directer Aufnahme

auch nur einer kleinen Menge desselben ins Blut, Kohlensäure als Endprodukt der Verbrennung alsbald in beträchtlich vermehrter Menge gebildet werden müsste.

Den nach Einathmung grösserer Mengen Ozon's erfolgenden Tod halte ich für einen Erstickungstod, bedingt durch acutes Lungenoedem. Die Sectionen lassen keinen Zweifel darüber; die Flüssigkeit, die Bronchien und Alveolen füllt, muss nothwendig die Circulation des Blutes in den Lungen, die Aufnahme frischen Sauerstoffs hindern; die überall stark ausgesprochene venöse Hyprämie erklärt sich hieraus.

Woher stammt aber diese äusserst lebhaft e Exsudation? Ist sie bedingt durch Fluxion, in Folge directer Reizung der Lungen durch Ozon, oder ist es eine Stauungserscheinung in Folge gelähmter Herzkraft? Oder ist dem mit dem Ozon vereint in die Lungen dringenden Antozon eine Rolle hierbei zuzuschreiben? — Was zunächst das letztere betrifft, so ist das durch Electriciren der Luft entstandene Antozon nach *Meissner* ausgezeichnet durch seine Wasseranziehung, vermöge welcher es die vorher geschilderten Nebel bildet, wenn es mit Wasserdampf in Berührung kommt. Man könnte nun möglicher Weise annehmen, dass das Antozon entweder noch in Verbindung mit dem Ozon, oder, nachdem letzteres irgendwie absorhirt, in den Lungen und Bronchien so vielfach mit Wasserdampf in Berührung kommt, dass es beständig die Wassertheilchen zu Nebeln anzieht, welche schliesslich, sich allmählig zu Tropfen sammelnd, die die Alveolen füllende Flüssigkeit bilden. — Abgesehen von Manchem, das sich dieser Annahme entgegenstellt, wird sie schon zurückgewiesen durch die Erfahrung von *Meissner*, nach welcher das Antozon bei Gegenwart von Ozon, im feuchten Zustande und in höherer Temperatur sehr rasch abklingt. *Meissner* meint, dass das Antozon beim Einathmen der electricischen Luft durch die Nase schon in der Nasenhöhle abklingt (*Meissner* l. c. pag. 121). Aber auch das freie Antozon, wie es erhalten wird, wenn der electricisirte Luftstrom durch Jodkalium seines Ozongehaltes beraubt ist, übt auf die Athmungsorgane keine auffallende Wir-

kung aus, was ich folgendermaassen direct prüfen konnte: Die Ozonröhre wurde mit der Jodkaliumvorlage direct verbunden; mit denselben Vorsichtsmaassregeln, die früher bei Verbindung der Glocke mit dem Jodkaliumgefäss beobachtet waren; der möglichst stark electricisirte, trockne Luftstrom wurde, nachdem er durch die Jodkaliumlösung desozonisiert war, durch die Glocke geleitet, hinter welcher sich der Gasometer befand. Ein in der Glocke befindliches Thier musste somit mit Antozon geschwängerte Luft athmen. Bei diesen Versuchen, die ebenso, wie diejenigen mit Ozon, eine Stunde lang andauerten, trat durchaus keine Veränderung im Verhalten des Thieres (Kaninchen) ein; weder eine Behinderung des Athmens noch ein Ausfluss aus Nase oder Mund machte sich bemerkbar.

Eine Lähmung oder Schwächung der Herzthätigkeit als primäre Ursache des Oedems in den Lungen anzunehmen, liegt kein Grund vor; eine directe Einwirkung des activen Sauerstoffs aufs Blut, der man vielleicht eine solche Wirkung zuschreiben könnte, ist nach Obigem zurückzuweisen. Später, wenn die Circulation und Decarbonisation des Blutes in den Lungen gestört ist, beschleunigt die dadurch bedingte allmähige Lähmung der Herzkraft das Wachsen des Oedems und das letale Ende.

Es scheint somit die Erklärung am annehmbarsten, dass die Exsudation in den Lungen die Folge einer irritablen Fluxion ist, hervorgerufen durch den heftigen Reiz, welchen das Ozon, wie auf fast alle organische Verbindungen, so auch auf die Schleimhaut der Bronchien und die Auskleidung der Alveolen ausübt. — Auffallend muss aber die Massenhaftigkeit der Exsudation erscheinen, wie sie namentlich bei einigen Thieren (Katzen) sich bemerkbar macht; schon nach 15 Minuten tritt der Ausfluss aus der Nase auf; das Thier muss den Mund zum Athmen öffnen, aus welchem dann in grösseren Massen die helle, zähe, schaumige Flüssigkeit abfließt; Lungen, Bronchien, Trachea bis über den Larynx hinauf zeigen sich in der Leiche mit derselben Flüssigkeit gefüllt. Dass diese Flüs-

sigkeit aus den Lungen stammt, erscheint bei der Section unzweifelhaft; morphologische Bestandtheile sind dabei nicht nachzuweisen; nur bei Katzen fanden sich einzelne Epithelstücke, wie sie sich auch im Speichel zeigen. Auch hat *Schwartzbach* dieselbe Menge Flüssigkeit austreten gesehen, wenn einem Ozon athmenden Kaninchen eine gläserne Röhre in die Trachea unterhalb des Larynx eingeführt und die Trachea oberhalb der Einführungsstelle unterbunden wurde, so dass die Luft direct in die Lunge gelangte und die Voraussetzung von möglicher Weise in die Trachea regurgitirtem Speichel nicht aufkommen konnte.

Der Sectionsbefund zweier durch Ozon getödteter Thiere stach merkwürdiger Weise von den übrigen ab; bei einem Kaninchen und einer Ratte fanden sich in den Lungen verdichtete Parthien; bei der letztern noch ausserdem Oedem und Emphysem an den Rändern. Woher gerade in diesen zwei Fällen luftdichte Parthien entstanden sind, muss dahin gestellt bleiben. Die Ozonmenge war überall eine gleiche; eine länger dauernde Wirkung des Ozons, wie man wol meinen könnte, ist auch nicht die Ursache, da auf andere Thiere, bei welchen sich diese Erscheinungen nicht zeigten, das Ozon eine bei weitem längere Zeit eingewirkt hatte. Man muss an eine besondere Disposition der betreffenden Thiere glauben.

Bei der heftig irritirenden Kraft, die das Ozon in den Lungen geltend zu machen scheint, muss es Wunder nehmen, dass der Weg bis zu den Lungen im Ganzen wenig afficirt wird; nur in einzelnen Fällen zeigte sich der untere Theil der Trachea injicirt; in einem Fall stark livid gefärbt; in andern war gar keine Röthung nachzuweisen. Die Larynxschleimhaut erschien in allen Fällen intact. Es könnte dies so erklärt werden, dass die ozonisirte Luft erst bei dem etwas längern Aufenthalt in den Alveolen und feinsten Bronchien bei allgemeinerer und innigerer Berührung mit den betreffenden Parthien zur Wirkung kommt; das rasche Vorbeistreichen an der Larynx- und Trachealschleimhaut verhindert eine intensivere Wirkung.

Und doch weist die nach den ersten Athemzügen in ozonisirter Luft auftretende Verlangsamung der Respirationsbewegungen auf eine Affection des Larynx hin; die Verlangsamung tritt auf, bevor sich der Ausfluss aus Nase oder Mund bemerkbar macht, bevor also wesentliche Respirationshindernisse vorhanden sind. Bei dem erwähnten Experiment von *Schwartzbach* zeigt sich dieses deutlich: Wenn das Thier durch eine in eine Trachealwunde eingeführte Röhre die ozonisirte Luft einathmete, letztere also mit der Larynxschleimhaut nicht in Berührung kam, so trat keine Verlangsamung der Respiration ein²³⁾. Nach der Entdeckung *Rosenthal's* lässt sich diese so auffallende Verlangsamung der Respirationsbewegungen aus einer Reizung der in der Larynxschleimhaut befindlichen Endigungen des nervus laryngeus superior erklären. Nach *Rosenthal*²⁴⁾ ist nämlich eine „Abnahme der Respirationsfrequenz der constante Erfolg einer Reizung des nervus laryngeus superior“. Die Reizung desselben Nerven bewirkt ferner eine „Unterdrückung der Inspiration.“ Die gleich bei den ersten Athemzügen in ozonisirter Luft auffallend erschwerte Inspiration erklärt sich somit gleichfalls aus einer durch das Ozon bewirkten Reizung des nervus laryngeus superior.

Die von *Schwartzbach* beobachtete längere Widerstandsfähigkeit der Tauben gegen die Wirkungen der ozonisirten Luft, konnte ich bestätigen. Während eine Katze der ozonisirten Luft nach 4½ Stunden erlag, starb eine (junge) Taube erst, nachdem sie 8 Stunden lang Ozon geathmet. (Bei diesen beiden Versuchen wurden zwischen je 2 Stunden längere Pausen gemacht zur frischen Füllung der Gasometer.) Die Enderscheinungen waren bei beiden Thieren dieselben: Unfähigkeit sich aufrecht zu erhalten und Convulsionen; — das Sectionsresultat bei beiden das nämliche. — Ein Huhn dagegen ertrug bei meinen

²³⁾ *Schwartzbach* l. c. pag. 329.

²⁴⁾ *Dr. J. Rosenthal*, die Athembewegungen und ihre Beziehung zum nervus vagus. Berlin. 1862. S. 67. 224.

Versuchen die Wirkungen des Ozon's nicht länger als die benutzten Säugethiere. Es kann daher nicht als Gesetz hingestellt werden, dass Thiere mit rascherem Respirationsprocess (Vögel) der Einwirkung des Ozon's langsamer unterliegen als die weniger rasch athmenden Säuger. Ob vielleicht die bekannte Lebenszähigkeit der Tauben oder sonst irgend welche Eigenschaft von Einfluss ist bei ihrem langsameren Sterben in der Ozonglocke, muss dahingestellt bleiben; jedenfalls ist eine directe Wirkung des Ozon's auf irgend ein, dem Nervenapparat angehörendes Organ, wie *Schwartzbach* andeutet, nicht anzunehmen, da eine Aufnahme der ozonisirten Luft ins Blut beim Athmen nicht stattfindet.

Der Umstand, dass das Ozon, dessen die Respirationsorgane „reizende“ Wirkung schon *Schönbein* erwähnt, ein beständiger Bestandtheil unserer Atmosphäre ist und zu manchen Zeiten sich in grösseren Mengen in derselben angesammelt findet, liess schon bald nach der Entdeckung dieser Gasart die Vermuthung laut werden, dass manche, namentlich en- und epidemisch auftretende Affectionen der Respirationsorgane ihren Grund zum Theil in einem vermehrten Ozongehalt der Luft haben könnten²⁵⁾. — Von verschiedenen Beobachtern scheint diese Vermuthung bestätigt. — So berichtet *Ecker* von einer „catarrhalischen Epidemie“, während welcher die catarrhalischen Erscheinungen am allgemeinsten und intensivsten waren zu einer Zeit, in der gerade ein besonders hoher Ozongehalt der Luft nachgewiesen werden konnte. — Aehnliche Beobachtungen liegen vor von *Dr. Spengler*²⁶⁾; desgleichen von *Dr. Clemens*²⁷⁾. — Untersuchungen, die *Betz*²⁸⁾ auf Wunderlichs *Klinik* zur Zeit

²⁵⁾ Beobachtungen von *Schönbein*, mitgetheilt von *Ecker*, Zeitschrift für rationelle Medicin, VI. pag. 178 ff.

²⁶⁾ *Dr. Spengler*: Influenza und Ozon; Zeitschrift für rationelle Medicin Bd. VII. Heft I. pag. 70 ff.

²⁷⁾ Zeitschrift für rat. Med. VII. 243.

²⁸⁾ Archiv für physiologische Heilkunde VII. 113.

einer grossen Grippe-Epidemie veranstaltete, haben allerdings ergeben, dass die Ozonreaction (Bläuung eines mit Jodkaliumkleister bestrichenen Papierstreifens) nicht zunahm mit dem Auftreten der Epidemie; *Betz* sucht dabei nachzuweisen, dass Jodkalium kein präcises Reagens auf Ozon in der Atmosphäre sei und die bisher angestellten Untersuchungen auf Illusionen beruhen. — Doch hat *Schönbein*²⁹⁾ die Mangelhaftigkeit der *Betz'schen* Untersuchungsmethode deutlich nachgewiesen. — Auch ist nicht behauptet worden, dass der Ozongehalt der Luft die einzige Ursache von Catarrhen ist. — Die heftigen Einwirkungen, die eine stark ozonisirte Luft auf die Respirationsorgane von Thieren ausübt, wie das auch die vorliegenden Untersuchungen zeigen, können die Behauptung, dass ein vermehrter Ozongehalt der Luft eine nicht unwesentliche Ursache von manchen Krankheiten der Respirationsorgane sein könne, gewiss unterstützen, zumal wenn auch berücksichtigt wird, dass das einmalige Einathmen dieser Gasart die Empfindlichkeit für dasselbe offenbar steigert. — Es ist diese Einwirkung nur denkbar als directe, locale Reizung. — Eine andere Ansicht spricht *Stiemer* aus, gemäss seiner vorher citirten Theorie: „Bei einem über die Norm erhöhten Ozongehalt der Luft werde ein grösseres Quantum Sauerstoff in den Lungen vom Blute aufgenommen als nothwendig und zuträglich sei; es fänden daher gleich am Orte der Aufnahme des Sauerstoffs abnorme Oxydationen im Blute statt, namentlich werde ein grösserer Eiweissantheil des Bluts zu Faserstoff oxydirt, als dies bei normaler Luft der Fall; die Capillaren der Schleimhaut der Nase, der Fauces, des Larynx etc. athmeten ohne Zweifel auch, — so entständen Catarrhe der Luftwege, Hyperinose des Bluts, Entzündungen.“ — Da ich eine directe Beziehung des Ozons der Luft zum Stoffwechsel und etwaige durch einen erhöhten Ozongehalt der Luft beim Athmen bewirkte „abnorme Oxydationen“ im Blut verwerfen

²⁹⁾ *Schönbein*: Ueber atmosphärisches Ozon, Zeitschr. für rat. Med. VII. pag. 184 ff.

muss, so brauche ich wol auf die eigenthümliche Theorie von der Entstehung der Catarrhe und Entzündungen nicht weiter einzugehen.

Mit dem veränderlichen Ozongehalt der Atmosphäre stehen gewisse andere meteorologische Elemente im Zusammenhang. — Aus einer Zusammenstellung von vieljährigen, in den verschiedensten Ländern angestellten Ozonbeobachtungen³⁰⁾ ergibt sich, dass atmosphärische Feuchtigkeitsmenge, sowie die Intensität des Windes die Ozonreaction vermehren; dass Temperatur und Ozongehalt der Atmosphäre zu einander im verkehrten Verhältniss stehen; bei Nacht werden ferner höhere Ozonreactionen beobachtet als am Tage. — Der Feuchtigkeit, der kalten Luft, der Intensität des Windes, der Nachtluft hat man schon seit ältester Zeit einen Einfluss auf Entstehung gewisser Krankheiten zugeschrieben und thut es auch jetzt, ohne sich diesen Einfluss irgend wie klar machen zu können; es sind eben Erkältungen. Wenn nun eine diesen verschiedenen Momenten gemeinsam zukommende Potenz gefunden worden, deren Fähigkeit, ähnliche Affectionen hervorzurufen, wie man sie von jenen ableitete, experimentell erwiesen ist, so scheint es nahe zu liegen, dieser Potenz, dem erhöhten Ozongehalt der Luft, wenigstens einen Antheil bei der Hervorrufung jener Affectionen zuzuschreiben.

³⁰⁾ *Fr. Neumann: Ueber den Ozongehalt der Atmosphäre; Poggendorf's Annalen. XII. 617 ff.*

T h e s e s.

1. Ortus morborum miasmaticorum deficiente in atmosphaera ozonte adjuvatur.
2. „Muscae volitantes“, quae dicuntur nec ab entozois in humore aqueo nec a corpusculis non translucidis in humore vitreo obviis sunt ducendae.
3. Dualismus, qui dicitur vīri syphilitici argumentis probatus non est.
4. Post factam herniotomiam opium remediis laxantibus praefendum est.
5. In instituenda herniotomia necesse est, pars intestini prolapsa, dum dilatetur locus incarcerans, semper retineatur.
6. Processus putredinis ex ozonte, quod in aëre atmosphaerico, non pendet.



Erklärung der Abbildungen.

Fig. I.

Die Enden der *v. Babo'schen* Ozonröhre.

Fig. II.

- A. Doppeltubulirte Glasglocke, Behälter für das Versuchsthier.
- a. Glasscheibe, welche in den innern Umfang der Glocke hineinpasst.
 - b. Glasschaale, deren Boden mit metallischem Quecksilber bedeckt ist.
 - cc. Die den Kork deckende Stearinschicht.
 - dd. Ozonröhre.
 - ee. Abzugsrohr.
 - f. Jodkaliumlösung.
 - g. Glasrohr, welches den obern Theil des in die Jodkaliumlösung hineinreichenden Röhren's hh umschliesst.
 - k. Stearinschicht.
 - l. Quecksilberschicht, in welche das Ende der Röhre e hineinreicht.
- mm. Mit concentrirter Schwefelsäure übergossene Perlen.
- n. Chlorcalcium.
 - oo. Concentrirte Kalilösung.
 - p. Trockenes Kali causticum.
- B. Gasometer, als Aspirator wirkend.
- C. Trockenvorrichtung.
- q. Chlorcalcium.
 - p'p'' Mit concentrirter Schwefelsäure übergossene Perlen.
 - s. Gauthoukrohr zur Verbindung der Röhre p'' mit der Ozonröhre.



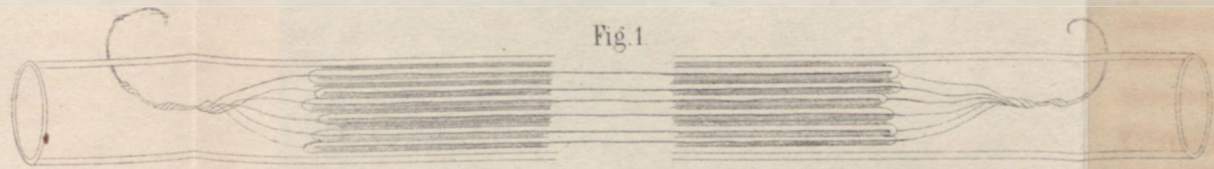


Fig. 1

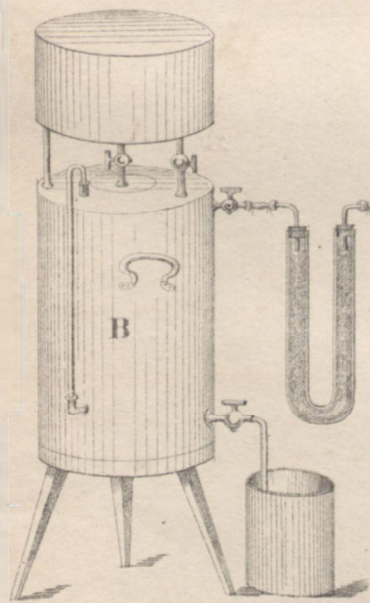


Fig. 2.

