

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Historisch-kritische Studien über das Ozon

Engler, Carl

Halle a. d. S., 1879

Die sanitäre Bedeutung des Ozons

[urn:nbn:de:bsz:31-266621](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-266621)

zu verschiedenen Resultaten führen mussten. Die folgenden Angaben liefern den Beweis dafür.

Plesse und Pierre¹⁾ fanden in 255 Liter Luft 0,02 mg, Zenger²⁾ in 100 Liter = 0,002—0,01 mg, Houzeau³⁾ giebt an, dass 450,000 Gew.-Thle. Luft in maximo 1 Gew.-Thl., resp. 700,000 Vol. Luft 1 Vol. Ozon enthalten.⁴⁾ Nach Richardson⁵⁾ ist schon in 10,000 Thln. Luft 1 Thl. Ozon enthalten. Plesse und Pierre sowie Zenger bestimmten das Ozon zu einer Zeit (1857), in welcher noch nicht bekannt war, dass bei der Einwirkung desselben auf Jodkalium nur der dritte Theil des Sauerstoffs zur Wirkung kommt ($2KJ + O^3 + H^2O = 2KHO + J^2 + O^2$), gaben also, da sie das Ozon aus dem ausgeschiedenen Jod des Jodkaliums berechnen, nur den dritten Theil des wirklichen Ozongehalts an. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes, wonach jene Angaben also mit 3 zu multipliciren sind, ergaben sich aus den gemachten Bestimmungen die folgenden Mengen des in der Luft enthaltenen Ozons.

	Ozongewicht in 1 Mill. kg = 20,000 Ctr. Luft	Ozonzummen in 1 Mill. Liter = 1000 cbm Luft
Nach Plesse u. Pierre	182 g	109,7 ccm
„ Zenger	46,4—231,9 g	28,0—139,9 ccm
„ Houzeau	2 kg 222 g	1 Lit. 340 ccm
„ Richardson	100 kg	60 Lit. 31 ccm

Nach Schönbein⁶⁾ enthalten 500,000 Thle. einer Luft, die noch deutlichen Ozongeruch zeigt, 1 Thl. Ozon.

Die Uebereinstimmung in diesen Angaben ist eine so geringe, dass der Werth derselben sehr illusorisch erscheint, und es wäre deshalb im höchsten Grade wünschenswerth, dass durch weitere Untersuchungen genauere und zuverlässigere Bestimmungen der absoluten Menge des in unserer Atmosphäre vorhandenen Ozons zur Ausführung gelangen würden.

Die sanitäre Bedeutung des Ozons.

1. Physiologische Wirkung künstlich ozonisirter und natürlicher ozonhaltiger Luft. Ozoninhalationen und Ozonwasser. 2. Zusammenhang zwischen Ozongehalt der Luft und einigen Epidemien, insbesondere der Cholera. 3. Desinfectirende Wirkung und Benützung derselben zur künstlichen Desinfection von Krankenzimmern und Wohnräumen im Allgemeinen. 4. Menge, Bildungsweise und Bedeutung der übrigen sogenannten „Luftreiner“ (Wasserstoffsperoxyd und Oxyde des Stickstoffs) der Atmosphäre.

Bei der äusserst energisch oxydirenden Wirkung, welche das Ozon gegenüber fast allen organischen Ge-

¹⁾ Wien. Acad. Ber. XXII, 211.

²⁾ Ibid. XXIV, 78.

³⁾ Annal. d. chim. phys. (4) XXVII, 29.

⁴⁾ Das spec. Gew. des Ozons nach Soret zu 1,685 angenommen, berechnet sich 1 Vol. Ozon in 746,100 Vol. Luft.

⁵⁾ „Ozone and Antozone“ b. Fox, 144.

⁶⁾ Journ. prakt. Chem. LVI, 349. Phil. Mag. (4) IV, 545.

bilden zeigt und welche beispielsweise diejenige des Chlors noch um ein Bedeutendes übertrifft, kann seine heftige Wirkung beim Einathmen nicht auffallen. Schönbein¹⁾ bemerkte diese Eigenthümlichkeit der ozonisirten Luft sehr bald nach Entdeckung des Ozons; sie zeigte sich bei ihm durch starke Affection der Schleimhäute und der Lunge, durch heftigen Husten etc. Jeder, der häufiger mit stark ozonisirtem Sauerstoff zu thun hatte, muss sich von der unangenehmen Wirkung desselben beim Einathmen überzeugt haben. Houzeau²⁾ insbesondere, auch P. Thenard³⁾ u. A. bestätigen die lästige und schädliche Wirkung des Ozons auf die Athmungsorgane. Dass das Ozon unter Umständen geradezu giftig wirkt, beweisen die Versuche von Dewar und Kendrick⁴⁾, nach welchen kleine Thiere, wie Kaninchen, Mäuse, kleine Vögel, in ozonisirtem Sauerstoff schon nach kurzer Zeit sterben. Das Einathmen stark mit Ozon beladener Luft verringert die Anzahl der Athemzüge und der Pulsschläge, während zu gleicher Zeit die Temperatur des Thieres merklich sinkt. Nach dem Tode findet sich das Blut in venöses verwandelt. Auch Redfern⁵⁾ hat dahingehende Versuche mit Thieren ausgeführt und gefunden, dass insbesondere ganz kleine Thiere in Luft mit $\frac{1}{240}$ Ozongehalt oft schon nach 15 Secunden getödtet wurden. Der Tod erfolgt dabei durch intensive Compression der Lunge mit Emphysema und Distention der rechten Seite des Herzens mit flüssigem oder coagulirtem Blut, begleitet von Convulsionen. Beim Einathmen in verdünntem Zustande werden die Thiere schläfrig und sie sterben unter im Uebrigen ähnlichen Erscheinungen am Coma. Auch die Experimente von Richardson⁶⁾, Ireland⁷⁾ und Schwartzenbach⁸⁾ bestätigen die heftige Wirkung ozonisirter Luft auf die Athmungsorgane. Fox⁹⁾ macht insbesondere auf die verschieden intensive Wirkung aufmerksam, welche das Ozon gegenüber verschiedenen Thieren zeigt: Mäuse können schon in einer Luft mit $\frac{1}{6000}$ Ozon nicht leben, während beispielsweise Tauben und die Vögel überhaupt viel resistenzfähiger sind. Dass gerade die Vögel weniger empfindlich gegen das Ozon sind, ist nach Fox nicht auffallend, da sie im Allgemeinen viel mehr auf die höheren ozonreicheren Luft-

¹⁾ „Ueber die langsame und rasche Verbrennung der Körper“ von Schönbein, Basel 1845, S. 13.

²⁾ Compt. rend. LXXV, 143.

³⁾ Compt. rend. LXXXII, 157.

⁴⁾ R. Soc. Edinb. Proceed. Session 1873—1874. Siehe auch „Nature“ IX, 104 und Poggend. Annal. CLII, 330.

⁵⁾ Siehe bei Andrews „Nature“ IX, 366 u. Poggend. Annal. CLII, 329.

⁶⁾ Brit. Assoc. f. th. Adv. of Science Rep. 1865.

⁷⁾ Chem. News, März 1863.

⁸⁾ „Verhandlgn. d. physik. med. Ges. Würzburg“ VI, 322.

⁹⁾ „Ozone and Antozone“ b. Fox, 142.

schichten angewiesen sind. Auffallend unempfindlich sollen sich übrigens auch die Frösche gegen Ozon zeigen.

Viele Gelehrte haben aus den heftigen Wirkungen, welche künstlich ozonisirte Luft auf den Organismus der Thiere zeigt, den Schluss gezogen, dass gewisse epidemisch auftretende Krankheiten, wie z. B. die Diphtheritis, ferner die Grippe, auch andere katarrhalische Affectionen, die an bestimmte Jahreszeiten gebunden sind, mit einem höheren Ozongehalt der Luft zusammenhängen möchten. Doch obgleich es auffallen kann, dass z. B. Lungenkrankheiten gerade in den ozonreichsten Monaten am herrschendsten sind, sprechen wieder andere Wahrnehmungen, so z. B. die Anwendung der ozonreichen Seeluft gegen Tuberculose u. a. m. so sehr gegen jene Ozonlehre, sind ausserdem die Erfahrungen auf diesem Gebiete noch so wenig zuverlässige und übereinstimmende, dass ein Zusammenhang jener Krankheitserscheinungen mit dem Ozongehalt der Luft nichts weniger als feststehend betrachtet werden darf.

Von vielen Seiten wird überhaupt die Möglichkeit einer physiologischen Wirkung des Ozons auf den menschlichen Organismus in Abrede gestellt, indem man sagt, dasselbe könne bei der Energie, mit welcher es durch animalische Stoffe zerstört wird, unmöglich den weiten Weg nach der Lunge zurücklegen, ohne dabei zersetzt zu werden. Wäre dieser Satz unumstösslich richtig, so fielen damit natürlich auch alle Consequenzen, welche daraus bezüglich der Bedeutung des Ozons für den ganzen Respirationsprocess, für die Beschaffenheit des Blutes, kurz für das ganze Wohlergehen des Menschen gezogen worden sind, in sich zusammen. Ohne mich jedoch hier auf Fragen einzulassen zu wollen, welche mir zur Beurtheilung zu ferne liegen, und über welche selbst von competenten Fachmännern, wie Schmidt, Kühne, O. Nasse, Gorup-Besanez, Binz u. A. noch keine einheitliche Ansicht erzielt werden konnte, glaube ich mich dennoch dahin aussprechen zu dürfen, dass das Eindringen des atmosphärischen Ozons in die Lungen trotzdem sehr wohl möglich ist. Gedenkt man der Leichtigkeit, mit welcher z. B. das Chlor, doch gewiss auch ein Gas, welches sehr energisch auf animalische Gebilde einwirkt, bis in die Lunge eindringt, und erinnert man sich, wie schwer es gelingt, letzte Spuren von Gasen aus Gasgemischen — und um Spuren nach unseren jetzigen Begriffen von Ozon handelt es sich doch in der Luft — auch durch sehr energische Absorptionsmittel zu entfernen, so muss man gewiss zugeben, dass die Respirationsluft sehr wohl noch in ozonhaltigem Zustand in die Lunge und damit in das Blut gelangen kann. Auch die Beobachtung, die ge-

wiss Jeder, der mit Ozon arbeitete, gemacht hat, dass der Geruch desselben an Händen und Kleidern längere Zeit erhalten bleibt¹⁾, seine Zersetzung in diesem Fall sicherlich also auch keine momentane ist, spricht für jene Möglichkeit. Was aber heute noch „Spur“ genannt werden muss, kann in 100 Jahren eine wohldefinierte Menge sein. Die Kohlensäure z. B. war vor noch nicht 100 Jahren nach den damaligen Begriffen über Quantitäten nur in Spuren in der Luft vorhanden und eine Bedeutung wusste man ihr nicht beizulegen; heute jedoch wissen wir, dass, wenn sie in der Luft fehlte, alles organische Leben in seiner jetzigen Gestaltung sehr bald aufhören müsste.

Allerdings haben wir noch wenig oder gar keine positiven Anhaltspunkte dafür, dass der Ozongehalt der Luft von besonders günstiger Wirkung auf unsere Gesundheit und unser Wohlbefinden ist; und es ist Wolffhügel Recht zu geben, wenn er sagt, es sei noch keinerlei Beweis dafür zur Hand, dass gerade dem reichlichen Ozongehalt der Land- oder Seeluft der günstige Einfluss eines Aufenthalts auf dem Lande oder an der See zukomme, und dass jener nicht auf Rechnung der veränderten Lebensweise, geistige Ruhe, Befreitsein von Berufsgeschäften, Bewegung im Freien zu setzen sei, immerhin jedoch ist bei der so kräftigen chemischen Wirkungsweise des Ozons und bei der Bedeutung, welche jedem Stoff und jeder Kraft im Haushalt der Natur zukommt, anzunehmen, dass auch dem Ozon für das vegetabilische und animalische Leben seine Rolle zufällt.

Womöglich noch weniger sichere Anhaltspunkte haben wir über die therapeutische Bedeutung des Ozons. Lender²⁾ insbesondere ist für die Anwendung von Ozoninhalationen, vor Allem mittelst des „Ozonwassers“³⁾, einer Lösung von Ozon in Wasser, gegen eine Reihe von Krankheiten: Tuberculose, Gelenkrheumatismus, Glaukoma, Asthma, Bleichsucht, Gicht u. s. w. eingetreten und hat in den ersten Jahren eine Reihe von Anhängern für seine Lehre gefunden.⁴⁾ Die Erwartungen jedoch, welche sich an die medicinische Bedeutung des Ozons von mancher Seite knüpfen, haben sich nicht verwirklicht und in einer Ver-

¹⁾ Siehe darüber auch: Houzeau, Annal. chim. phys. (4) XXVII, 16 und Schöne, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1873, 1226.

²⁾ Siehe: „Sauerstoff und Ozonsauerstoff nebst ihrer Anwendung bei Verwundeten“, Berlin 1870, sowie insbesondere Görchen's „Deutsche Klinik“ 1870—1873, auch „Jahresber. f. gesamt. Med.“ von 1870 ab.

³⁾ Siehe darüber auch unter Kapitel „die technische Verwertung des Ozons“.

⁴⁾ Haller, Waldmann u. A.: siehe „Jahresber. für gesamt. Med.“, sowie Göschen's „Deutsche Klinik“ von 1871 ab.

sammlung der medicinischen Gesellschaft in Berlin¹⁾. 1873, fanden die Lender'schen Ideen keinerlei Unterstützung mehr. Sie dürfen, in der Form wenigstens, wie sie früher in die Therapie einzuführen versucht wurden, zur Zeit als überwunden betrachtet werden²⁾.

Der Zusammenhang einzelner Epidemien, insbesondere der Cholera, mit dem Ozongehalt der Luft, ist Gegenstand schon sehr vieler Untersuchungen gewesen. A priori wird man bei der ungewöhnlich starken chemischen Wirkungsweise des Ozons der Annahme geneigt sein, dass es das Ueberhandnehmen des Ammoniaks und verwandter Stoffe, sowie aller derjenigen Substanzen, deren Keimung und Entwicklung Krankheiten und Epidemien veranlassen würden, verhindert, so dass eine Zunahme an Ozon die Morbilität herabsetzt, ein Ueberschuss die Epidemie zum Stillstand bringt. Und warum auch nicht? Haben wir uns doch das Ozon in unserer Atmosphäre in stetem Kampfe mit jener schwebenden Materie und den Contagien zu denken, welche die Ursachen, wenn auch nicht sämtlicher, so doch gewiss vieler unserer Krankheiten bilden. — Dies jedoch ist die Annahme a priori; sehen wir, wie es mit den thatsächlichen Erfahrungen auf diesem Gebiete steht.

Es ist namentlich die Cholera, deren Zusammenhang mit dem Ozongehalt der Luft in vielen Orten verfolgt worden ist, und sehr viele Beobachter huldigen auf Grund ihrer Wahrnehmungen der Ansicht, dass dem Höhepunkt der Epidemie, der Zeit der grössten Mortalität, ein vollständiges Fehlen oder ein Minimum im Ozongehalt vorausgeht, die Zeit des Verschwindens der Epidemie aber mit einem Wiederanwachsen und Ueberhandnehmen im Ozongehalt der Luft zusammenfällt. Andere dagegen konnten eine derartige Wechselwirkung nicht auffinden.

Moffat³⁾ hat während der Cholera-Epidemien von 1854 und 1866 in England — London, Newcastle u. a. O. — zahlreiche ozonoskopische Beobachtungen angestellt, durch welche der oben ausgesprochene Satz, dass das Auftreten der Cholera mit einem Herabsinken oder Verschwinden des Ozons zusammenfällt, scheinbar bestätigt wird. Ungefähr den 1. September 1853 erschien die Cholera in Newcastle und war bis zum 20. die Zahl der Todesfälle schon auf 108 pro Tag gestiegen. Den 19. setzte Südwind ein mit sehr reichem Ozongehalt der Luft und dauerte fort, den 28. betrug die Zahl der an der Epidemie Gestorbenen

nur noch 18. Vom 1. bis 19. September hatte Moffat als tägliches Mittel 1,0 Grad seiner Ozonscala beobachtet, vom 19. bis Ende des Monats 3—8 Grad. Die Epidemie in London 1854 verschwand nach ihm unter gleichen Erscheinungen und ganz analog war auch der Verlauf der Epidemie des Jahres 1866. Während in drei vorangehenden Jahren das tägliche Mittel des dritten Jahresquartals (Juli, August, September) für Grossbritannien, Irland und die Kanalinseln täglich 4,5 betrug, zeigte dasselbe Quartal des Jahres 1866, in welchem die Cholera in England und Wales ihren Höhepunkt erreichte, nur 3,0. Cook⁴⁾ machte die gleiche Beobachtung auf einer Reihe von Stationen der Präsidentschaft Bombay in den Jahren 1863 bis 1868, auch Smallwood⁵⁾ bemerkte während einer Epidemie in Canada eine Abnahme des Ozongehalts und das Gleiche glaubte T. Böckel⁶⁾ bei der Cholera-Epidemie in Strassburg 1854 zu finden. Hier seine Resultate:

	Zahl der Krankheitsfälle	Zahl der Todesfälle	Mittlerer Ozongehalt für 24 Stunden.
Vom 10.—20. Juli	6	3	5,4.
„ 21.—31. „	148	44	2,1.
„ 1.—10. August	284	86	2,8.
„ 11.—20. „	171	74	2,6.
„ 21.—30. „	160	67	1,8.
„ 1.—10. Sept.	191	100	6,6.
„ 11.—20. „	108	39	4,0.
„ 21.—30. „	35	29	4,1.
„ 1.—10. October	16	9	3,5.
„ 11.—20. „	15	9	6,7.
„ 21.—30. „	4	2	7,2.
„ 1.—10. November	2	2	5,0.

Es wurden ferner durch ihre Beobachtungen zu der gleichen Ansicht geführt: Robert für Neudorf, Simonin (1854) für Nancy, Wolf für Bern, Contraux für Thann, Billard u. A.⁷⁾; auch für Berlin und für Marseille fiel das Auftreten der Cholera mit dem Fehlen des Ozons in der Luft zusammen.⁸⁾

Diesen positiven Resultaten zu Gunsten der oben ausgesprochenen Ansicht steht nun aber eine fast ebenso grosse Anzahl negativer gegenüber, die von anderen Beobachtern während verschiedener Cholera-Epidemien erhalten worden sind. Insbesondere Pettenkofer⁹⁾ fand bei einer grossen Anzahl von Versuchen während der Epidemie in München keinerlei Zusammenhang, ja Seitz constatirte ebendasselbe für das Jahr 1854, dass im August bei sehr hohem Ozongehalt die

¹⁾ „Klinische Wochenschr.“ 1873, 588.

²⁾ Siehe übrigens Dr. Jochheim: „Sauerstoffgas, Ozon und Stickstoffgas“, Darmstadt 1878.

³⁾ In „Ozone and Antozone“ b. Fox, 127, aus „On Meteorology in relation to Epidemic and Sporadic Cholera“ b. Moffat, auch „Lancet“ September 9, 1866.

⁴⁾ Aus Brit. Assoc. Report. 1869 u. bei Fox S. 130.

⁵⁾ „Ozone and Antozone“ b. Fox, S. 130—136.

⁶⁾ Aus „Ueber d. Cholera, 1855“ bei Fox, S. 135.

Krankheit von Tag zu Tag zunahm, während sie im September bei sehr wenig Ozon zu verschwinden begann. Strambio¹⁾ kam während der Cholera-Epidemie zu Mailand im Jahre 1855 bei seinen täglich unternommenen ozonoskopischen Beobachtungen zu folgenden Resultaten:

	Zahl der Erkrankungen	Zahl der Todesfälle	Mittlerer Ozongehalt per Tag
Juli	11	4	5,09.
August	429	279	4,95.
September	378	273	5,56.
October	60	54	6,46.
November	21	11	4,61.

Ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen Auftreten der Cholera und Menge des atmosphärischen Ozons fanden: Glaisher für London 1866, Peter für die Epidemie in Nordamerika 1851, E. Böckel für Strassburg, Fox, Day u. A.¹⁾ Der letztere hing 1865 in der Nähe von Häusern mit Cholerakranken Ozonpapiere auf und erhielt dabei starke Ozonreactionen. Auch in Königsberg, Wien, Krakau, Szegedin, Senftenberg, Kremsmünster etc. konnte ein Heruntergehen des Ozongehalts unter das Mittel während der dort auftretenden Cholera-Epidemien nicht bemerkt werden.²⁾

Somit kann der von vielen Seiten angenommene Zusammenhang zwischen Verminderung des Ozongehalts und Anwachsen der Epidemie durchaus noch nicht als festgestellt betrachtet werden, und Fox ist gewiss zu dem Ausspruch berechtigt, dass die häufig beobachtete Verminderung im Ozongehalt sehr wohl auch nur eine Folge der durch die Krankheit vermehrten organischen Emanationen, oder doch zugleich mit der Epidemie eine Folge der meteorologischen Constellationen sein könne, durch welche möglicherweise beide Erscheinungen, Auftreten der Epidemie und Verminderung des Ozongehalts, zu gleicher Zeit veranlasst sind.

Im Hinblick auf diese Möglichkeit ist es auch erwähnenswerth, dass Glaisher²⁾ bemerkte, wie während der drei Epidemien von 1832, 1848—49, 1853—54 Regen und Wind fehlten, und bei starker Luftpressung und hoher Temperatur eine Stagnation und eigenthümliche Dunstbildung in der Luft wahrzunehmen war, alles Umstände, durch welche der Ozongehalt herabgedrückt werden muss. Auch Wolffhügel³⁾ macht darauf aufmerksam, dass sehr leicht die gleichen Ursachen, welche, wie Regen, Gewitter, überhaupt atmosphärische Niederschläge, eine Auswaschung, eine Reinigung der Luft bedingen und so

¹⁾ „Ozone and Antozone“ b. Fox, S. 126—136.

²⁾ Aus „Report on the Meteorology of London during the epidemic of Cholera in 1854“ bei Fox, S. 126.

³⁾ „Zeitschr. f. Biologie“ XI, 447.

möglicherweise die Veranlassung zum Ueberhandnehmen des Ozons bilden, sehr wohl auch die Ursache der Abnahme von epidemischen Krankheiten sein können. Ueberhaupt leugnet er die Berechtigung eines Vergleiches des während einer Epidemie gewonnenen ozonoskopischen Bildes mit dem unter scheinbar gleichen Bedingungen in früheren Jahren ohne Epidemie skizzirten, weil in Folge noch nicht erklärter Schwankungen in der Ozon-Production und -Consumption trotz gleicher Jahreszeiten und gleicher meteorologischer Constellationen doch oftmals ein sehr verschiedener Ozongehalt zur Beobachtung kommt.

So stehen denn in der That die Beweise für den günstigen Einfluss des Ozons unserer Atmosphäre auf Gesundheit und Wohlbefinden der Menschen, seine Bedeutung für den normalen Stoffwechsel, wie auch als Antisepticum gegen gewisse epidemische Krankheiten auf sehr schwachen Füßen; und es wird noch beharrlich ausgeführt, langer Versuchsreihen bedürfen, ehe der Zusammenhang des Ozongehalts der Luft mit der normalen und pathologischen Vitalität von Pflanzen und Thieren in einer einfachen Formel zum Ausdruck gebracht werden kann. Mag dem nun aber sein wie ihm wolle, wer sich die ganz ungewöhnlich kräftige chemische Affinität des Ozons vor Augen hält, der wird sich schwer der Ueberzeugung verschliessen können, dass dem Ozon — auch wenn es nur in ganz verdünntem Zustande in der Luft vorhanden ist — seine ganz bestimmte Rolle bei den auf der Oberfläche unserer Erde eintretenden Veränderungen zufalle; und es ist deshalb aus Rücksichten allgemein wissenschaftlicher Natur sowohl, als aus speciell hygienischen Interessen in hohem Grade wünschenswerth, dass die ozonoskopischen Beobachtungen wieder von Neuem aufgenommen werden. Unsere ozonoskopischen und ozonometrischen Methoden, die einer strengeren Kritik als die früheren gewachsen sind und in Folge dessen auch zu stringenteren Schlussfolgerungen berechtigen, auf eine Reihe von Jahren, auch vor, während und nach gewissen Epidemien an verschiedenen Orten gleichmässig zur Durchführung gebracht, geben uns die Mittel an die Hand, sicherere Anhaltspunkte als bisher für die Beurtheilung jener wichtigen Fragen aufzufinden.

Die desinficirende Wirkung des Ozons ist schon von verschiedenen Seiten untersucht worden, doch sind es meist nur Versuche über die Wirkungsweise des Ozons gegenüber niederen Organismen, Fermenten u. s. w. gewesen, aus welchen man sich zu Analogieschlüssen auf die zerstörende Wirkung des Ozons gegenüber Krankheitsträgern für berechtigt hielt. Gewiss bieten, was insbesondere

Wolffhügel¹⁾ hervorhebt, derartige Versuche nicht absolut sichere Anhaltspunkte für Beurtheilung der Wirkungsweise des Ozons gegenüber Krankheitsträgern, und ist es wünschenswerth, dass die desinficirende Kraft des Ozons auch durch Infectionsversuche an Thieren direct geprüft werde; immerhin jedoch lassen sich auch aus jenen Versuchen mit fermentartigen Bildungen Schlüsse auf das Verhalten des Ozons gegenüber Krankheitsträgern ziehen, die gewiss der Wahrheit sehr nahe kommen. Vom Standpunkt des Chemikers haben wir aber noch ein weiteres Kriterium für die Richtigkeit dieser Schlüsse. Da wir wissen, dass Ozon und Chlor in ihrer chemischen Wirkungsweise sich so nahe als nur immer möglich stehen (nur dass das Ozon im Allgemeinen sich noch durch energischere Oxydationswirkungen auszeichnet), bieten alle Versuche, welche über die desinficirende Kraft des Chlors angestellt worden sind, auch directe Anhaltspunkte für Beurtheilung der Desinfectionskraft des Ozons.²⁾ Jeder, der mit Ozon gearbeitet hat, wird ohne Bedenken sagen: wo Chlor desinficirt, desinficirt auch Ozon, voraussichtlich sogar in erhöhtem Grade. Die desinficirende Wirkung des Ozons nach alledem noch in Frage zu stellen, scheint mir im Zweifel zu weit gegangen.

Fox³⁾ hat durch seine Versuche directe Beweise für die desinficirende resp. zerstörende Wirkung des Ozons gegenüber verschiedenen niederen Organismen beigebracht, indem es ihm gelang, in faulem Wasser die Keime und Sporen von Schimmelpilzen, Bakterien, Vibrionen und kleinen Monaden zu zerstören. Diese Versuche haben durch die in neuerer Zeit von Geissler und Stein⁴⁾ ausgeführten ihre Bestätigung erhalten. Sie fanden, dass in einem ozonhaltigen Wasser sich keine niederen Organismen entwickeln können; sind schon solche vorhanden, so werden sie zerstört und zwar ohne merkliche Gasentwicklung, wobei sich salpetersaure und salpetrigsaure Verbindungen bilden. Auch Verwesungsproducte können in ozonhaltigem Wasser nicht entstehen. Wood und Richardson⁵⁾ bestätigen durch ihre Beobachtungen, die sie bei der Einwirkung ozonisirten Sauerstoffs auf faulendes Blut machten und bei denen sie den übeln Geruch desselben vollständig zum Verschwinden brachten, die starke Desinfectionskraft des Ozons. Auch nach

Boillot¹⁾ verhindert ozonhaltige Luft die Fäulniss thierischer Stoffe, und verdient hier noch erwähnt zu werden, dass nach Beobachtungen Houzeau's²⁾ schmutzige Wäsche in ozonisirter Luft ihren unangenehmen Geruch sofort verliert. Wolffhügel und Bollinger³⁾ sind mit der Prüfung der desinficirenden Wirkung des Ozons bei Rotzimpfungen an Thieren beschäftigt, Versuche, deren Ergebnisse für die vorliegende Frage gewiss von Bedeutung sein werden.

Die Desinfection vermittelt künstlichen Ozons zur Verbesserung der Luft in Krankenzimmern, auch sonstigen Wohnräumen, ist schon vielfach versucht worden. Morin⁴⁾ z. B. hat einen Apparat zum feinen Zerstäuben von Wasser in Vorschlag gebracht, um Wohnräume damit zu desinficiren und mit frischer Luft zu versehen, und ist der Meinung, dass es bei dieser hochgesteigerten Wasserverdunstung entstehende Ozon ist, welchem sein Zerstäubungsapparat seine Wirkung verdankt. Durch Aufstellung von Ozonpapieren in der Nähe des Apparates hat er die Ozonbildung nachgewiesen.

Wolffhügel⁵⁾ ist anderer Ansicht. Auf Grund seiner Wahrnehmung über den auffallend raschen Verbrauch des Ozongehalts der in bewohnte Räume eindringenden frischen Luft glaubt er nicht, dass sich das am Morin'schen Zerstäubungsapparat entwickelnde Ozon in einiger Entfernung davon, also im ganzen Wohnraume, noch bemerklich machen kann.

Den gleichen Zweifeln bezüglich ihrer luftreinigenden Wirkung durch Ozonbildung unterliegen selbst verständlich zur Zeit auch noch alle diejenigen Vorrichtungen, bei welchen eine Luftreinigung durch Verdunstung von Wasser oder Salzlösungen bewerkstelligt wird: so gewisse Lufttheilungssysteme, bei welchen wie bei dem Kelling'schen⁶⁾ Vorrichtungen zur Wasserverdunstung angebracht sind, Besprengen mit Wasser, Aufstellen einer Kochsalzlösung auf den Ofen etc.

Die Anwendung von Ozonerzeugern, bei welchen die stille Entladung zur Ozonbildung benützt ist und vermittelt welcher man die Zerstörung miasmatischer Stoffe in bewohnten Räumen aller Wahrscheinlichkeit nach noch sicherer als durch Chlor bewerkstelligen kann, muss jedenfalls mit grösster Sorgfalt geschehen, denn ein Zuviel an Ozon kann auf der anderen Seite

¹⁾ Zeitschr. f. Biologie XI, 455.

²⁾ Siehe darüber auch Houzeau: Annal. d. chim. phys. (4) XXVII, 17, Anmerkung.

³⁾ „Ozone and Antozone“ b. Fox, S. 151 u. 163.

⁴⁾ „Schmidt's Jahrbücher“ 1875, 1; „Sitz.-Bericht. d. niederrhein. Ges. für Nat.- u. Heilkunde, Bonn“, Jan. 1875; Botan. Jahrb. V, 88.

⁵⁾ „Ozone and Antozone“ b. Fox, 30.

¹⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1876, 190.

²⁾ Annal. chim. phys. (4) XXVII, 17.

³⁾ Zeitschr. f. Biolog. XI, 458.

⁴⁾ „Ozone and Antozone“ b. Fox, 109; Compt. rend. LVII, 720.

⁵⁾ Zeitschr. f. Biol. XI, 442.

⁶⁾ Siehe darüber: v. Bezold u. E. Voit: Zeitschr. d. bayr. Architekten- u. Ing.-Ver. 1874, Heft 2-4.

sehr gesundheitsschädliche Folgen haben. De Carvalho¹⁾ hat einen Apparat zur continuirlichen Desinfection der Luft in Zimmern construirt und insbesondere auch die Art und Weise, wie derselbe anzubringen ist, genauer angegeben.

Uebrigens ist durchaus nicht einzusehen, warum nicht auch durch die oben erwähnten schwachen Ozonquellen eine Reinhaltung der Luft in Wohnräumen soll bewerkstelligt werden können, wenn die Apparate sich in continuirlicher Wirkung befinden. Gerade die Versuche Wolffhügel's zeigen ja, wie eine Zerstörung organischer Staubtheile durch consequente Behandlung mit ozonführender Luft bewerkstelligt werden kann, und wie auch in Zimmern ein erhöhter Ozongehalt zu bemerken ist, wenn bei hohem Ozongehalt der äusseren Luft für starke Ventilation gesorgt wird.²⁾ Dass aber die der Wirkung eines Ueberschusses von Ozon ausgesetzt gewesenen contagiösen und miasmatischen Stoffe wirklich „unschädlich gemacht“ sind, ist zwar noch nicht direct bewiesen, hat aber in Rücksicht auf die chemische Wirkungsweise des Ozons alle Wahrscheinlichkeit für sich.

Auch andere Luftreinigungsmittel, die auf Entwicklung von Ozon beruhen oder beruhen sollen, sind in Vorschlag gebracht worden: übermangansaures Kali und Schwefelsäure, Bariumsuperoxyd und Schwefelsäure, Ozonwasser, Verdunstung von Aether, von Terpentinöl etc. Richardson³⁾ empfiehlt zur Desinfection von Krankenzimmern ganz besonders Sprengungen mit „Ozonäther“⁴⁾, einer Lösung von Wasserstoffsuperoxyd in Aether, der etwas Alkohol enthält. Auch Wolffhügel⁵⁾ constatirt die entstehende starke Bläuung von Jodkaliumstärkepapier beim Verdunsten alten und dadurch wasserstoffsuperoxydhaltigen Aethers ohne sich jedoch besondere Erfolge von diesem Desinfectionsmittel zu versprechen. Mantegazza räth die Anpflanzung von Sträuchern mit stark duftenden, an ätherischen Oelen reichen Blüten, wie Lavendel, Pfeffermünze, Wachholder, Fenchel etc. zur Desinfection der Luft an miasmenreichen Orten an. Auch Eukalyptus wurde von Ramel u. A. zu gleichem Zweck empfohlen.⁶⁾

Doch alle diese Vorschläge begegnen zur Zeit noch dem Einwurf, dass sie des strengen experimentellen Hintergrundes, des Beweises ihrer Nützlichkeit, entbehren, sie beruhen vielfach auf Voraussetzungen, die

¹⁾ Compt. rend. LXXXII, 157.

²⁾ „Zeitschr. f. Biol.“ XI, 430 und 422.

³⁾ Vierteljahrsschrift f. öff. Ges.-Pflege II, Heft 1, 150.

⁴⁾ Man erhält denselben durch Uebergiessen von Bariumsuperoxyd mit Aether und langsames Zusetzen von Salzsäure (Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1869, 612).

⁵⁾ Zeitschr. f. Biol. XI, 425.

⁶⁾ Jahrb. f. ges. Med. 1870, I, 316. Siehe auch: N. Wochenschr. f. Oel und Fettw. 1879, 193, 239, 279, 307.

nicht feststehen, auf Schlussfolgerungen, die noch sehr jenes schlagendsten aller Beweise von Richtigkeit, des praktischen Erfolges, bedürfen. Ehe die Vorfrage „wie und unter welchen Umständen desinficirt das Ozon“ ihre definitive Beantwortung gefunden hat, haben Versuche über die Anwendung des Ozons zu Zwecken der Luftreinigung nur einen Sinn, wenn sie in Rücksicht auf die Lösung jener Vorfrage angestellt werden.

Menge, Bildungsweise und Bedeutung der übrigen sogenannten „Luftreiniger“ (Wasserstoffsuperoxyd und Oxyde des Stickstoffs) der Atmosphäre.

Es sei hier in wenigen Worten auch noch der anderen accessorischen Luftbestandtheile Erwähnung gethan, welche ihrer Bildung und ihrem Verhalten nach mit dem Ozon in naher Beziehung stehen, und die mit demselben häufig unter der Bezeichnung „Luftreiniger“ zusammengefasst werden, des Wasserstoffsuperoxyds, der salpetrigen Säure und Salpetersäure. Namentlich die beiden ersteren entstehen unter gewissen Umständen zu gleicher Zeit mit dem Ozon, oder werden durch Einwirkung von Ozon auf andere Bestandtheile der atmosphärischen Luft gebildet.

Schon Prout¹⁾ hat im Jahre 1834 die Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit von Wasserstoffsuperoxyd in unserer Atmosphäre ausgesprochen, eine Wahrscheinlichkeit, die durch die späteren Untersuchungen von Schönbein²⁾, Dumas³⁾, Meissner⁴⁾, Struve⁵⁾, W. Schmidt⁶⁾, Goppelsröder⁷⁾ u. A. zur Gewissheit erhoben worden ist. Vor Allem aber den fleissigen und ergebnissreichen Untersuchungen Em. Schöne's⁸⁾ haben wir es zu danken, dass über die Frage des Wasserstoffsuperoxydgehalts unserer Atmosphäre volles Licht verbreitet worden ist. Folgendes sind in der Kürze die Resultate der Beobachtungen Schöne's, die er im Laufe eines Jahres zu Petrowskoje Rasumowskoje bei Moskau angestellt hat.

Die Menge des dampfförmigen Wasserstoffsuperoxyds unserer Atmosphäre ist um so grösser,

¹⁾ Bridgewater Treatise S. 342, 343. Im Anhang S. 569, 570. Bei Fox S. 51.

²⁾ Verhandlgn. d. naturf. Ges. Basel, 1859 und 1860. Poggend. Annal. CVIII, 471; CIX, 134. Journ. f. prakt. Chem. LXXVIII, 63; LXXIX, 65, 71, 285; CVI, 270.

³⁾ „Allocution sur le développement qu'ont reçu quelquesunes des principales découvertes de Thenard.“ Compt. rend. d. l. Séance annuelle d. l. Soc. d. Secours d. Amis d. Sciences, 1861.

⁴⁾ Götting. Nachrichten 1863, 264.

⁵⁾ Zeitschr. f. analyt. Chem. VIII, 315; XI, 28.

⁶⁾ Journ. f. prakt. Chem. CVII, 60.

⁷⁾ Ibid. N. F. IV, 139.

⁸⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1874, 1693; 1878, 482, 561, 874, 1028.

je höher die Sonne sowohl während des Tages als auch während des Jahres sich über dem Horizonte erhebt, und je weniger Hindernisse die Sonnenstrahlen auf ihrem Wege durch die Atmosphäre antreffen. Das Maximum im Wasserstoffsuperoxydgehalt fällt übrigens nicht genau auf Mittags 12 Uhr, tritt vielmehr meist erst einige Stunden später ein. Mit der Erhebung über die Oberfläche der Erde steigt der Gehalt an Wasserstoffsuperoxyd in den atmosphärischen Niederschlägen. Im Ganzen ist jedoch die Menge des Wasserstoffsuperoxyds, welches dampfförmig in der Luft enthalten ist, nur gering. Im Laufe des ganzen Beobachtungsjahres sind in 600 kg Regen und Schnee nur 110 mg auf 1 qm niedergefallen, was pro 1 Hectare 1,1 kg beträgt. Das in den unteren Luftschichten beobachtete Maximum beträgt im Liter Luft 1,4 cem Superoxyddampf, im Mittel vom 27. Juni bis 14. Juli 1875, also der günstigsten Jahreszeit, nur 0,38 cem pro Liter. In Wohnungen, insbesondere in schlecht ventilirten Räumen, ist wenig oder gar kein Wasserstoffsuperoxyd nachzuweisen.

Die atmosphärischen Niederschläge zeigen sehr verschiedenen Superoxydgehalt, Regen (und Hagel) im Allgemeinen am meisten. Im Ganzen sind in dem angeführten Versuchsjahre 215 mal Regen und Hagel, und 172 mal Schnee und Graupeln untersucht, also überhaupt 387 Proben dieser Art gemacht worden. Unter diesen gaben nur 93, nämlich 7 Regenproben und 86 Schneeproben keine Wasserstoffsuperoxydreactionen¹⁾; immer enthält der Schnee (0,04—0,07 mg im Liter) ungleich weniger Wasserstoffsuperoxyd als der Regen (0,2—0,5, ja bis 0,7 mg H²O² im Liter). Im Morgenthau, Reif und in den Eisnadeln wurde niemals Superoxyd gefunden, wohl aber ganz geringe Mengen im Raufrost und Glatteis (0,04—0,05 mg H²O² im Liter). Bezüglich der Windrichtung constatirt Schöne, dass der Aequatorialstrom den grössten, der Polarstrom den geringsten Superoxydgehalt mit sich bringt. Je höher unter sonst gleichen Bedingungen die Temperatur, je klarer der Himmel, je höher die absolute und je geringer gleichzeitig die relative Feuchtigkeit der Atmosphäre in regenloser Zeit ist, desto grösser ist ihr Gehalt an Superoxyd.

Versuche, die von Kern²⁾ in einem Dorfe an der Newa oberhalb St. Petersburg insbesondere mit Regen-

¹⁾ Die Reactionen wurden 1. mit Jodkalium, Stärke und Eisenvitriol, 2. mit Guajak und Malzauszug ausgeführt. Mit dem ganz empfindlichen Reagens: rothes Blutlaugensalz und Eisenchlorid, gaben fast sämtliche Schneeproben noch schwache Reaction.

²⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1878, 491, aus Chem. News. XXXVII, 35.

wasser angestellt worden sind, bestätigen, soweit sie zur Durchführung gelangten, die Resultate Schöne's.

Die salpetrige Säure und Salpetersäure in der Atmosphäre. Schon im Jahre 1750 ist es Marggraff gelungen, Salpetersäure als Bestandtheil unserer atmosphärischen Luft, speciell im Schnee, nachzuweisen; später wies Priestley¹⁾ geringe Mengen salpetersaures Ammoniak im Regenwasser nach, und gelang es in der Folge auch vielen Anderen, Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs, resp. deren Verbindungen in der atmosphärischen Luft aufzufinden. So fanden Liebig²⁾, Schönbein³⁾, Boussingault⁴⁾, Barral⁵⁾, Bieneau⁶⁾ u. A. Salpetersäure bez. Verbindungen derselben im Regenwasser und in anderen atmosphärischen Niederschlägen auf; und Fox⁵⁾ wies nach, dass diese Salpetersäure immer an Ammoniak oder an andere Basen gebunden angenommen werden muss. Die Bildung der Säure bei elektrischen Entladungen in atmosphärischer Luft hat bekanntlich zuerst Cavendish beobachtet, und Schönbein⁶⁾ hat diese Beobachtung bestätigt unter der gleichzeitigen Annahme, der Sauerstoff werde vor seiner Verbindung mit Stickstoff ozonisiert. Ueber das Vorkommen der salpetrigen Säure und Salpetersäure in der Luft und deren wässrigen Niederschlägen sind von Schönbein⁷⁾, Haller⁸⁾, Bineau⁹⁾, Chabrier¹⁰⁾, Sainte-Claire-Deville¹¹⁾, Cloëz¹¹⁾, Houzeau¹²⁾, Böttger¹³⁾, de Luca¹⁴⁾, Struve¹⁵⁾ und vielen Anderen eingehende Beobachtungen angestellt worden, aus welchen sich zumeist ergibt, dass fast überall in frischer Luft salpetrige Säure und Salpetersäure oder deren Salze anzutreffen sind, und dass sich diese Salze in besonders reichlicher Menge in den Gewitterregen ansammeln.

Wie verschieden der Gehalt der Luft an diesen Oxyden des Stickstoffs übrigens ist, beweisen die folgenden Bestimmungen Boussingault's¹⁶⁾:

¹⁾ Siehe bei Schönbein: Verhandln. d. naturf. Ges. Basel III, 218.

²⁾ „Ozone and Antozone“ b. Fox, 214.

³⁾ „Verhandln. d. naturf. Ges. Basel“ III, 216.

⁴⁾ Compt. rend. XLVI, 1123 u. 1175 u. „Sur les Eaux météoriques“.

⁵⁾ „Ozone and Antozone“ b. Fox, 215.

⁶⁾ Verhandln. d. naturf. Ges. Basel III, 209.

⁷⁾ „Verhandln. d. naturf. Ges. Basel“ III, 216, 342, 367. Journ. prakt. Chem. LV, 14.

⁸⁾ Schmidt's Jahrb. d. gesamm. Medic. LXXIII, 3.

⁹⁾ Compt. rend. XLIII, 162.

¹⁰⁾ Ibid. 27. November 1871.

¹¹⁾ Siehe bei Fox S. 220.

¹²⁾ Compt. rend. LXX, 1296. Annal. chim. phys. (4) XXVII, 58.

¹³⁾ Jahrb. d. Frankfurt. phys. Verein. 1860/61, 68.

¹⁴⁾ Compt. rend. XLIII, 865.

¹⁵⁾ Journ. f. prakt. Chem. CVII, 503.

¹⁶⁾ „Ozone and Antozone“ b. Fox, 220.

	1 Liter Wasser enthielt salpetrige Säure
Schnee vom St. Bernhard	Spuren.
Regen „ „ „	0,30 mg.
Schnee vom Mont Combin nach hef- tigem Sturme	22,00 mg.

Das bei dem fortwährenden Consum, der durch die Lebensthätigkeit der Pflanzen und Thiere bedingt ist, auch für diese Luftreiner ebenso wie für das Ozon die Quellen fortwährender Neubildung in der Atmosphäre selbst gegeben sein müssen, liegt auf der Hand, denn bei der geringen absoluten Menge, in der sie in der Luft enthalten sind, müssten sie sonst längst daraus verschwunden sein.

Carius¹⁾ hat durch eine Reihe von Untersuchungen den Nachweis geliefert, dass die Neubildung des Wasserstoffsperoxydes und der Oxyde des Stickstoffs in der Atmosphäre zum Theil bedingt sein muss durch die Anwesenheit des Ozons, welche Sauerstoffmodification energisch auf das Ammoniak der Luft einwirkend daraus Wasserstoffsperoxyd, salpetrigsaures und salpetersaures Ammoniak bildet.

Schon Baumert²⁾ hatte diese Bildungsweise des salpetersauren Ammoniaks wahrgenommen. Die Annahme jedoch, dass das Ozon das Wasser unter Umständen direct zu Wasserstoffsperoxyd oxydire, wie Schönbein³⁾, Meissner⁴⁾ u. A. gefunden zu haben glaubten, ist durch Versuche, die vom Verf. in Gemeinschaft mit Nasse⁵⁾, von Carius⁶⁾, von Schöne⁷⁾ u. A. angestellt wurden, nicht bestätigt worden; auch die Bildung von salpetriger Säure oder Salpetersäure bei Einwirkung von Ozon auf Stickstoff und Wasser⁸⁾ findet nach den eingehenden Versuchen, die Carius⁹⁾ über diese wichtige Frage anstellte, nicht statt. Salpetrige Säure resp. Salpetersäure sollten ferner entstehen, wenn ozonisirte Luft in Kalkwasser eingeleitet wird, oder überhaupt, wenn Ozon und Stickstoff zu gleicher Zeit auf stark basische Stoffe, wie Alkalien und alkalische Erden, einwirken, Berthelot¹⁰⁾ hat jedoch nachgewiesen, dass beim Einleiten ozonisirter Luft in Barytwasser nichts von jenen Säuren gebildet wird.

¹⁾ Annal. d. Chem. u. Pharm. CLXXIV, 49. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1874, 1481.

²⁾ Poggend. Annal. LXXXIX, 42.

³⁾ Journ. f. prakt. Chem. LXXXIII, 88.

⁴⁾ „Untersuchungen über d. Sauerstoff“ v. Meissner, Hannover bei Hahn 1863.

⁵⁾ Annal. d. Chem. u. Ph. CLIV, 215.

⁶⁾ Ibid. CLXXIV, 12.

⁷⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1873, 1225.

⁸⁾ Siehe Meissner: „Untersuchungen über d. Sauerstoff“ S. 125; v. Babo: Annal. d. Chem. u. Ph., Suppl. II, 293, u. Bohlrig: ibid. CXXV, 21.

⁹⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1874, 1481. Annal. d. Chem. u. Ph. CLXXIV, 14, 39.

¹⁰⁾ Compt. rend. LXXXIV, 61.

Nach Analogie des Verhaltens von Ozon gegenüber wässriger Lösung von Jodkalium, überhaupt bei Oxydationswirkungen in Gegenwart von Wasser, wobei immer Wasserstoffsperoxyd gebildet wird¹⁾, ist es mir in höchstem Grade wahrscheinlich, dass nicht blos bei der Einwirkung von Ozon auf das atmosphärische Ammoniak, vielmehr bei allen Oxydationswirkungen, welche das Ozon gegenüber gewissen Bestandtheilen der Luft, insbesondere aber gegenüber den organischen Staubtheilen zeigt, auch Wasserstoffsperoxyd entsteht, und halte ich es ferner nicht für unwahrscheinlich, dass auch Oxyde des Stickstoffs gebildet werden, sofern jene Staubtheile stickstoffhaltige organische Stoffe enthalten.

Eine weitere nicht zu unterschätzende Quelle für das Wasserstoffsperoxyd und die Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs in unserer Atmosphäre sind die verschiedenen Oxydations- und Verbrennungsprocesse, unter deren Einfluss Wasserstoffsperoxyd entsteht und Stickstoff und Sauerstoff der Atmosphäre sich zu salpetriger Säure und Salpetersäure vereinigen. Schon Schönbein hat dies für den langsam sich oxydirenden feuchten Phosphor und eine grosse Zahl anderer langsam und rasch verlaufender Verbrennungsprocesse nachgewiesen.²⁾ Böttger³⁾ weist salpetrigsaures Ammoniak, Kolbe⁴⁾ salpetrige Säure als Product der Verbrennung von Wasserstoff (der erstere auch von wasserstoffhaltigen Verbindungen) in Luft resp. in stickstoffhaltigem Sauerstoffgas nach.⁵⁾

Eine wichtige Quelle für salpetrige Säure und Salpetersäure unserer Atmosphäre sind endlich noch die elektrischen Entladungen. Schon Cavendish hat die Bildung von Salpetersäure aus Stickstoff und Sauerstoff unter der Wirkung des elektrischen Funkens nachgewiesen; Schönbein, Böttger und viele Andere haben diese Bildungsweise bestätigt, und Houzeau⁶⁾ zeigte, dass ganz trockener Stickstoff und Sauerstoff sich selbst unter der Einwirkung stiller Entladungen zu nitrosen Verbindungen vereinigen. Gegenwart von Wasser oder basischen Stoffen veranlasst dabei die Bildung von Nitraten und Nitriten. Auch beim Durchschlagen der Funken eines mässigen Ruhmkorff'schen Inductionsapparates durch Stickstoff und Wasser-

¹⁾ Engler und Nasse: Annal. d. Chem. u. Ph. CLIV, 215.

²⁾ Verhandlgn. d. naturf. Ges. Basel, 1859 und 1860. Journ. f. prakt. Chem. LXXVIII, 63; LXXIX, 65, 71, 285. Annal. d. Chem. u. Ph. CXXIV, 1.

³⁾ Jahresb. d. Frankf. phys. Ver. 1860/61, S. 68.

⁴⁾ Annal. d. Chem. u. Ph. CXIX, 176, und „das chem. Laboratorium d. Univers. Marburg“ S. 413.

⁵⁾ Siehe auch: Struve, N. Petersb. Acad. Bull. XV, 325; Berthelot, Compt. rend. LXXXIV, 61; Zöller u. Grete, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1877, 2145.

⁶⁾ Annal. chim. phys. (4) XXII, 150; XXVII, 58. Compt. rend. LXX, 1286.

dampf hat Berthelot¹⁾ neuerdings salpetrigsaures Ammoniak erhalten. Es bilden sich ferner Nitrate und Nitrite beim Durchschlagen des elektrischen Funken durch ein Gemisch von Ammoniak und Sauerstoffgas oder Luft, sowie bei der Oxydation des Ammoniaks mit dem Sauerstoff der Luft in Gegenwart starker Basen, ein Process, der bei der Bereitung des Plantagen-Salpeters vor sich geht, und endlich auch, wenn Wasserstoffsperoxyd und Ammoniak aufeinander einwirken.²⁾

Die wichtige Frage der Bildung salpetrigsauren Ammoniaks durch blosse Wasserverdunstung ist durch Carius' Untersuchungen³⁾ endgültig in verneinendem Sinne entschieden worden, nachdem sich schon vor ihm Böhlig⁴⁾ in gleichem Sinne, also gegen die von Schönbein⁵⁾ und nach diesem von vielen anderen Chemikern angenommene Bildung von Nitriten durch Verdunstung des Wassers ausgesprochen hatte.

Immerhin beweisen die mitgetheilten Thatsachen, dass in unserer Atmosphäre und auf der Oberfläche der Erde eine grosse Zahl von Bedingungen für die Bildung derjenigen Atmosphärien — Ozon, Wasserstoffsperoxyd, salpetrige Säure und Salpetersäure — gegeben ist, die wir unter der Bezeichnung „Luftreiner“ zusammenfassen. Und so wie aber auf der einen Seite immer wieder neue Mengen dieser Stoffe producirt werden, so werden sie auf der anderen Seite durch Oxydationsprocesse aufgebraucht oder doch in Ausgleich erhalten. Die Rolle, die sie bei dieser Consumption spielen, ist bis heute nur zum Theil aufgeklärt. Dass sie aber ihre hohe Bedeutung haben gegenüber den gasförmigen Emanationen vegetabilischer und insbesondere animalischer Zersetzungsprocesse, gegenüber den feinvertheilten staubartigen Theilchen, die Tyndall als „schwebende Materie“ bezeichnet, und in welcher nicht allein die Keime der einfachen Gährungs- und Fäulnisprocesse, sondern voraussichtlich auch diejenigen sehr vieler sporadisch oder epidemisch auftretenden Krankheiten enthalten sind, ist zum Mindesten sehr wahrscheinlich, und es wäre nur zu wünschen, dass durch erneute und eingehendere Untersuchungen mehr Licht über diese noch wenig aufgeklärten Beziehungen verbreitet würde.

¹⁾ Annal. d. chim. phys. (5) XII, 445.

²⁾ Weith und Weber: Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1874, 1745.

³⁾ Annal. d. Chem. u. Ph. CLXXIV, 41.

⁴⁾ Ibid. CXXV, 21.

⁵⁾ Ibid. CXXIV, 1.

Die technische Verwerthung des Ozons.

Die Versuche, welche bis jetzt gemacht worden sind, um das Ozon technisch zu verwerthen, beruhen sämtlich auf der eminent oxydirenden Wirkung, welche dieser Körper zeigt. Dabei machte man von dieser oxydirenden Wirkung Gebrauch theils nur um Beimengungen, Verunreinigungen etc. zu zerstören, wie bei der Anwendung zum Bleichen, zum Desinfectiren und zum Entfuseln von Whisky, theils aber waren es die Oxydationsproducte selbst, um deren Erzeugung es sich handelte, wie bei der Gewinnung von Essigsäure und Aldehyd aus Weingeist, von Schwefelsäure aus schwefliger Säure etc.

Anwendung des Ozons zu Bleichzwecken. Schon seit undenklichen Zeiten machen wir in der Rasenbleiche von der stark entfärbenden Wirkung des Ozons Gebrauch. Sei es nun die blosse Berührung des zu bleichenden Zeuges mit der ozonhaltigen Luft, sei es die Auflösung des Ozons in dem Wasser der nassen Leinwand, oder sei es endlich eine Ozoneerzeugung in Folge der Verdunstung von Wasser aus den feuchten Zeugen oder durch das Wachsthum des Grases, man wird nicht umhin können, dem Ozon die Hauptrolle bei dieser Methode des Bleichens zuzuerkennen. Trotz enormer Verdünnung, welche energische Wirkung! und es liegt deshalb auf der Hand, dass eine technisch brauchbare Bereitungsweise des Ozons von unendlichem Werthe auch für die Kunstbleiche sein müsste; schätzt ja doch Houzeau¹⁾ die Bleichkraft des Ozons auf das 30—40fache derjenigen des Chlors. Dazu der grosse Vorzug, dass beim Bleichen mit Ozon höchstens Sauerstoff oder Wasser gebildet werden, während bei der Chlor- oder Schwefel-Bleiche immer Salzsäure oder Schwefelsäure nebenbei entstehen, deren Entfernung aus den gebleichten Materialien grosse Mühe verursacht.

Es fehlt deshalb auch nicht an patentirten Verfahren, welche auf der Darstellung und Verwendung des Ozons zum Bleichen basiren; leider jedoch sind dieselben noch so wenig ergiebig oder so theuer, dass nur in wenigen Fällen von der Anwendung des Ozons zu Bleichzwecken Gebrauch gemacht werden kann. So wird in dem Patent von David²⁾ der Vorschlag gemacht, Ozon für Zwecke des Bleichens aus übermangansaurem Kalk mit Schwefelsäure, oder durch Ozonisation von Luft mit nassem Phosphor zu erzeugen, und verwendet man nach Thessié de Mothay³⁾

¹⁾ Compt. rend. LXXV, 349.

²⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875, 275. Engl. Patent Nr. 3190 v. 2. Oct. 1873.

³⁾ Dingl. Polyt. Journ. CLXXXVI, 231.