[Aus dem hygienischen Institut der Universität Breslau.]

Ueber den Einfluss der Ventilation auf in der Luft suspendirte Mikroorganismen.

Von

Dr. med. **Richard Stern.**

Die Untersuchung der in der Luft enthaltenen Mikroorganismen ist in den letzten Jahren von einer grösseren Anzahl von Forschern in Angriff genommen worden; besonders hat die Benutzung der von Koch eingeführten bacteriologischen Methoden eine genauere und bequemere quantitative Bestimmung des Keimgehaltes der Luft ermöglicht (Methoden von Hesse¹ und Petri²). Auf diese Weise sind wir über die durchschnittliche Grösse desselben im Freien, auf den Strassen, in bewohnten Räumen, speciell auch in Krankenhäusern unterrichtet worden; weiterhin wurde von verschiedenen Forschern, besonders von Miquel³ und Frankland,⁴ der Einfluss der Jahreszeit, der Windrichtung u. s. w. auf den Keimgehalt der Atmosphäre geprüft; und selbst die Luft auf hohen Bergen und über fernen Meeren ist auf ihren Bacteriengehalt untersucht worden.

Merkwürdiger Weise wurde indess diejenige Frage, welche das nächstliegende praktische Interesse darbietet, die Frage nämlich: wie lässt sich die Luft unserer Wohnräume, speciell unserer Krankenzimmer, keimfrei machen bezw. erhalten? bisher verhältnissmässig wenig bearbeitet. Zwar

¹ W. Hesse, Ueber quantitative Bestimmung der in der Luft enthaltenen Mikroorganismen. *Mittheilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt.* 1884. Bd. II. S. 182 ff.

² R. Petri, Eine neue Methode, Bacterien und Pilzsporen in der Luft nachzuweisen und zu zählen. *Diese Zeitschrift.* 1888. Bd. III. S. 1 ff.

³ *Annuaire de Montsouris.* 1879 u. folg. Jahre.

⁴ Frankland, The distribution of Microorganisms in Air und Frankland and Hart, Further experiments on the distribution etc. *Proceedings of the Royal Society.* 1886. (Anwendung der Hesse'schen Methode.)

besitzen wir bereits eine ganze Reihe von Untersuchungen über die Desinfection von Wohnräumen durch gas- oder dampfförmige Antiseptica; aber hierbei ist niemals der Einfluss der letzteren auf wirklich in der Luft suspendirte Keime geprüft worden, sondern man hat Seidenfäden, Gartenerde u. dgl., an denen Bacterien oder Kokken eingetrocknet waren, an verschiedenen Stellen eines Zimmers hingelegt und dann die Desinfectionen auf dieselben einwirken lassen.

Auch wenn wir davon absehen, dass diese Versuchsanordnung eine etwas unvollkommene Nachahmung der natürlichen Verhältnisse ist, so kann es sich doch überhaupt bei all' diesen Versuchen nur um die Desinfection von solchen Zimmern handeln, die während des betreffenden Verfahrens jeglicher Benutzung entzogen sind. Die continuirliche Entfernung der Keime aus dauernd bewohnten Räumen, speciell also auch aus Krankenzimmern, kann natürlich auf diesem Wege nicht erreicht werden; diesem Zwecke soll vielmehr, nach der wohl allgemein herrschenden Anschauung, die Ventilation dienen: sie soll die durch Loslösung vom Fussboden, von den Kleidern, vom Körper der Kranken u. s. w. in die Luft gelangenden Keime baldigst wieder aus derselben entfernen und somit — ausser der Fortschaffung der gasförmigen Stoffwechsel- und Zersetzungsproducte — noch eine zweite, in hygienischer Beziehung fast noch wichtigere Aufgabe erfüllen: etwaige in der Luft suspendirte Infectionsträger zu beseitigen.

Dieser letztere Gesichtspunkt hat denn auch wohl ohne Zweifel viel dazu beigetragen, dass jetzt bei der Anlage neuer Krankenhäuser der Herstellung einer möglichst ausgiebigen Ventilation erhöhte Bedeutung beigelegt wird.

Ob nun aber jene „desinficirende“ Wirkung der Ventilation wirklich zukommt, ist bisher noch nicht experimentell untersucht worden.¹ Auf Veranlassung von Hrn. Prof. Flügge und unter seiner Leitung habe ich deshalb während des verflossenen Winters im Breslauer hygienischen Institute diesbezügliche Versuche angestellt.

Dabei musste natürlich zunächst ermittelt werden, wie sich die von uns suspendirten Keime verhalten, wenn sie von Luftströmungen nicht

¹ Nur Neumann (Ueber den Keimgehalt der Luft im städtischen Krankenhause Moabit in Berlin, *Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen*, 1886, Bd. XLV, S. 312) erwähnt beiläufig, dass bei einem Theil seiner Beobachtungen (nämlich bei den zur Nachtzeit angestellten) darauf geachtet wurde, „ob die Ventilation den Pilzgehalt der Luft in irgend einer Richtung beeinflusse.“ „Während der Untersuchung sank die kalte Luft häufig aus den oberen Luftklappen mit Erzeugung eines mässig starken Zuges in den Mittelgang, wo der Apparat in Gang war, hinab; trotzdem zeigte sich keine deutliche Beeinflussung der Keimmenge durch die Ventilation.“

beeinflusst werden. Ausser auf die Wirkung der Ventilation haben sich dann meine Versuche noch auf einige naheliegende Fragen erstreckt; namentlich wurde untersucht, ob die Entwicklung von Wasserdampf in der Luft schwebende Mikroorganismen rasch niederschlägt; ferner, ob die bei der Ventilation auftretenden Luftströmungen im Stande sind, Keime vom Fussboden, Tapeten, Kleiderstoffen u. s. w. abzulösen.

Die Thatsachen, welche bisher bezüglich des Verhaltens der Mikroorganismen in der Luft bekannt geworden sind, und von denen eine experimentelle Nachahmung der natürlichen Verhältnisse ausgehen musste, lassen sich kurz in folgende Sätze zusammenfassen:¹

I. Eine Loslösung der Bakterien von feuchten Oberflächen ist — selbst durch starke Luftströmungen — nicht möglich (Naegeli, Wernich u. A.).

II. Daher können Bakterien in lebensfähigem Zustande nur dann in die Luft gelangen, wenn sie das Eintrocknen vertragen.²

III. Die Loslösung der Keime findet im Allgemeinen nicht in isolirtem Zustande statt; gewöhnlich haften dieselben an Staubpartikelchen, und zwar meist durchaus nicht an Sonnenstäubchen oder den noch feineren, makroskopisch gar nicht sichtbaren Partikelchen,³ sondern an relativ gröberen Staubtheilchen. Oft finden sich auch zahlreiche, meist derselben Art angehörige Bakterien zu grösseren Complexen vereinigt (Hesse).

IV. Bei ruhiger Luft findet — entsprechend der Schwere ihrer staubförmigen Träger — ein mehr oder minder schnelles Absetzen der Keime statt.⁴

V. Eine Vermehrung von Mikroorganismen findet in der Luft nicht statt, da es ihnen an der nöthigen Feuchtigkeit fehlt.

VI. In Uebereinstimmung mit den beiden zuletzt angeführten Thatsachen ergiebt sich aus den directen Beobachtungen von Hesse, Frank-

¹ Vgl. Flügge, *Die Mikroorganismen*. 1886. 2. Aufl. S. 558. — Koch, *Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten, insbesondere der Kriegsseuchen*. 1888. S. 19.

² Eine Ausnahme findet da statt, wo durch Verstäuben oder Verspritzen von keimhaltigen Flüssigkeiten kleine Wasserbläschen von Luftströmungen fortgeführt werden. Aber eine solche Fortführung erfolgt meist nur auf kurze Strecken und kann überhaupt nicht als ein wirklicher Uebergang von Keimen in die Luft angesehen werden.

³ Vgl. die Classification von Naegeli (*Untersuchungen über niedere Pilze*, 1882) in seiner Arbeit: Ueber die Bewegungen kleinster Körperchen.

⁴ Koch giebt an (a. a. O., S. 20), dass dies auch bei einer Bewegung der Luft bis zu 0.2^m in der Secunde stattfindet.

land, Petri u. A., dass der Keimgehalt der Luft im Allgemeinen nur ein geringer ist; besonders gering ist derselbe im Freien, zumal bei feuchter Bodenoberfläche, und andererseits auch in solchen geschlossenen Räumen, in denen kein Staub aufgewirbelt wird.

Sollten die Ergebnisse unserer Untersuchungen für die Praxis verwerthbar sein, so musste sich die Anordnung der Experimente möglichst eng an die thatsächlichen Verhältnisse anschliessen. Mit Rücksicht hierauf war der Versuchsplan folgender:

In der Luft eines, mit ausgiebiger und beliebig abstufbarer Ventilation versehenen Zimmers wird bacterienhaltiger Staub möglichst gleichmässig vertheilt. Eine sofort nach dem Ende der Verstäubung vorgenommene, quantitative Bestimmung ergibt den jetzt vorhandenen Keimgehalt der Luft: „die Aussaat“. Darauf wird durch in bestimmten Intervallen wiederholte Bestimmungen die Abnahme der Keime bei ruhigem Absetzenlassen, bzw. bei Einwirkung der Ventilation in verschiedener Stärke, bzw. bei Entwicklung von Wasserdampf beobachtet. Aus dem Vergleich der bei den letzten beiden Versuchsreihen erhaltenen Resultate mit dem Ergebniss der ersten musste festzustellen sein, inwieweit die Ventilation oder die Entwicklung von Wasserdampf geeignet ist, die in der Luft suspendirten Mikroorganismen schneller aus derselben zu entfernen, als dies durch die blosse Wirkung der Schwere geschieht.

Im Folgenden theile ich zunächst die Versuchsanordnung, dann die gewonnenen Resultate mit; zum Schluss werden die sich aus ihnen ergebenden Folgerungen zu besprechen sein.

I. Versuchs-Anordnung.

Das Versuchszimmer

war ein zweifenstriges, im dritten Stockwerk des Hauses gelegenes Zimmer von 5·40^m Länge, 5·55^m Breite und 2·85^m Höhe; sein Rauminhalt betrug demgemäss 85·41^{cbm}.

Das Zimmer hatte zwei Thüren; die eine, der Fensterseite gegenüber gelegen, führte in den Treppenflur, die andere in ein Nebenzimmer, in welchem die für die Bestimmung des Keimgehaltes der Luft nothwendigen Aspiratoren untergebracht waren (s. u.). Die Thüren wurden durch Zwischennageln von Barchendstreifen gedichtet. An den Fenstern wurden die Schlussstellen der Rahmen mit Baumwollbarchend benagelt, dann die Fenster fest geschlossen und sämmtliche Fugen mit Glaserkitt überstrichen, und endlich noch die ganzen Fensterrahmen dick mit Oelfarbe gestrichen,

Die Ventilation wurde folgendermaassen eingerichtet: Der Luftzufuhr dienten vier obere und vier untere quadratische Oeffnungen von je 20^{cm} Seitenlänge; sie lagen sämmtlich in der Wand der Fensterseite; die vier unteren wurden in gleichen Abständen dicht über dem Fussboden durch die Mauer gebrochen, mit Zinkblech ausgekleidet und mit einem Schutzgitter zur Abhaltung gröberen Staubes versehen. Behufs Herstellung der vier oberen Oeffnungen wurden die kleineren, oberen Flügel der beiden Fenster durch Blechplatten ersetzt, in welchen sich Oeffnungen von der angegebenen Grösse befanden; ihr unterer Rand lag in einer Höhe von 2·2^m über dem Fussboden. Nach innen war bei jeder dieser Oeffnungen ein Ansatzrohr von etwa 30^{cm} Länge angelöthet. Sämmtliche acht Oeffnungen waren an ihrer inneren Mündung durch gut aufpassende Deckel verschliessbar; auch liess sich mit Hülfe derselben ihr Querschnitt beliebig verkleinern.

Der Luftabfuhr dienten zwei Wasser- und drei Gasventilatoren, welche sämmtlich an bezw. in der den Fenstern gegenüberliegenden Wand angebracht waren; auf der einen Seite standen oben und unten die Wasserventilatoren, und zwar oben ein solcher mit verticalem Flügelrad von Schäffer & Walcker in Berlin, unten einer mit horizontalem Flügelrad von Dannenberg & Quandt. Die Oeffnungen beider waren kreisförmig, die des oberen hatten einen Durchmesser von 16^{cm}, die des unteren einen solchen von 11·5^{cm}. Auch diese Oeffnungen waren durch Deckel verschliessbar.

Auf der anderen Seite befanden sich zwei obere und eine untere in die Wand des Hauptschornsteines des Hauses gebrochene Oeffnungen, von deren unterem Rande besonders construirte Gasbrenner zur Erzeugung einer langen rauschenden Flamme schräg in das Innere des Schornsteins hineinragten. Die Maasse betrugen:

erste obere Oeffnung	31 ^{cm}	hoch,	30 ^{cm}	breit,
zweite „	„	33 ^{cm}	„	29 ^{cm} „
untere	„	41 ^{cm}	„	32 ^{cm} „

Alle drei Oeffnungen waren durch Klappen zu verschliessen bezw. in ihrem Querschnitt beliebig zu reduciren.

Die Leistungsfähigkeit dieser Ventilationsanlage war eine in jeder Beziehung zufriedenstellende. Sommerventilation (Einströmung unten, Abströmung oben) und Winterventilation (Einströmung oben, Abströmung unten) liessen sich durch Veränderung der Grösse und Zahl der Ein- und Ausströmungsöffnungen, durch Regulirung des Wasserzufflusses, resp. der Flammenhöhe bei den Ventilatoren in beliebiger Abstufung ihrer Intensität herstellen. Behufs Messung der letzteren wurden bei jedem Ventilationsversuch

die Luftgeschwindigkeit¹ in den zur Verwendung kommenden Ausströmungsöffnungen sowie der angewandte Querschnitt der letzteren bestimmt. War bei einem Versuche eine bestimmte Ventilationsgrösse wünschenswerth, so wurde die dazu erforderliche Anordnung vorher ausprobiert. Natürlich wurde während des eigentlichen Versuches nochmals nachgesehen, inwieweit die gewünschte Stärke des Luftwechsels erreicht war.

Die maximale Leistung unserer Ventilation — Oeffnung sämtlicher acht Eintrittsöffnungen, maximale Wirkung der fünf Ventilatoren — lieferte in einem Versuche 2250 cbm Luft in der Stunde, was einer etwa 27 maligen Erneuerung der Zimmerluft während dieser Zeit entspricht. —

Bei manchen Versuchen (s. unten) erschien es wünschenswerth, die Menge der auf den Fussboden niedergefallenen Keime annähernd kennen zu lernen. Man hätte zu diesem Zwecke einen bestimmten, kleinen Theil desselben mit einem Schwämmchen oder dergleichen abreiben, diesen in verflüssigtes Nährmaterial bringen und dann Platten giessen können.

Für unseren Zweck war indess folgender Weg einfacher und wohl mindestens ebenso genau: Auf eine quadratische Glasplatte (aus dickem Fensterglase) von ca. 8 cm Seitenlänge wurde rings ein etwa 3 mm hoher, 1 cm breiter Holzrahmen mittelst Glaserkittes befestigt. In diesen Rahmen wurden mosaikartig neun quadratische Holztäfelchen von 2 cm Seitenlänge und ebenfalls 3 mm Höhe hineingelegt; um sie leicht neben einander einsetzen und ebenso leicht wieder einzeln herausnehmen zu können, war es zweckmässig, die Seitenflächen dieser Täfelchen nach unten zu etwas abzuschrägen. Die Holzart (Fichtenholz) und der Oelfarben-Anstrich waren dieselben, wie bei dem Fussboden des Versuchszimmers. Vor jedem Versuch wurden die Glasplatten und die Holztäfelchen in Sublimatlösung desinficirt, dann sorgfältig in sterilem Wasser abgewaschen und zwischen sterilisirtem Filtrirpapier getrocknet. Aus dem Fussboden des Zimmers wurden an neun verschiedenen Stellen Löcher von entsprechender Ausdehnung und Tiefe ausgestemmt, derart, dass, wenn man die Glasplatten mit den darauf befindlichen Holztäfelchen hineinsetzte, die Oberfläche der letzteren mit dem übrigen Fussboden in demselben Niveau lag.

Wollte man nun die Menge der auf den Fussboden niedergefallenen Keime, eventuell auch eine etwaige Zunahme oder Abnahme derselben im Laufe eines Versuches bestimmen, so brauchte man nur mit einer geglühten Nadel eines oder mehrere dieser Täfelchen vorsichtig herauszuheben und jedes derselben in eine daneben hingestellte Culturschale hinein-

¹ Die Bestimmung derselben geschah durch Flügelrad-Anemometer von Fuess (Berlin). Die vier angewandten Instrumente zeigten unter sich wie auch bei Vergleichung mit einem Recknagel'schen Anemometer eine befriedigende Uebereinstimmung.

zulegen. In dieser wurde dasselbe später mit dem verflüssigten Nährmaterial übergossen und die anhaftenden Keime durch Umherziehen des Täfelchens (mittels einer vorher durch Glühen sterilisirten Pincette) abgelöst; obgleich dies, wie die Erfahrung zeigte, leicht und vollständig gelang, so liess ich doch das Täfelchen selbst in der Schale, um etwa noch an demselben haften gebliebenen Keimen Gelegenheit zum Auswachsen zu geben.

Vor Beginn der Versuche wurde das Zimmer gereinigt und desinficirt: die Decke frisch gekalkt, Fussboden und Tapeten, sowie die Eintrittsöffnungen für die Luft mit 1 ‰ Sublimatlösung abgewaschen. Aus den weiter unten zu besprechenden Ergebnissen unserer Versuche folgt, dass eine Desinfection des Zimmers durchaus nicht etwa vor jedem neuen Versuche erforderlich ist. Nothwendig wird dieselbe nur dann, wenn die Art des zur Verstäubung kommenden Materials gewechselt wird.

Die Auswahl des Verstäubungs-Materials.

Nach den oben zusammengestellten bisherigen Erfahrungen über das Verhalten der Mikroorganismen in der Luft sind wir zu der Annahme berechtigt, dass auch diejenigen pathogenen Mikroorganismen, welche das Austrocknen vertragen und bei welchen somit die Möglichkeit einer Luftinfection vorliegt, an Staubpartikelchen haften. Je feiner diese Partikelchen sind, desto länger werden sie in der Luft suspendirt bleiben, desto länger wird mithin auch die Gefahr einer Infection bestehen. Es wäre aber, wie ebenfalls schon oben erwähnt, ein Irrthum, anzunehmen, dass gerade die kleinsten Staubpartikelchen (so fein wie Sonnenstäubchen oder noch feiner) die Träger der Mikroorganismen seien.

Wollten wir nun die natürlichen Verhältnisse möglichst getreu nachahmen, so konnten wir dies kaum auf einem anderen Wege erreichen, als indem wir den Staub aus Zimmern, in denen viele Menschen verkehren, benützten. Der Ursprung dieses Staubes ist natürlich ein höchst mannigfaltiger; er besteht zum Theil aus kleinen Erdpartikelchen, die von den in das Zimmer gelangenden Menschen mit Schuhen und Kleidern hereingebracht werden; ferner aus feinen Fäserchen pflanzlicher und thierischer Herkunft, die sich von den verschiedenen Kleidungsstücken lösen; ein anderer Theil des Staubes ist durch Fenster und Thüren von der Strasse u. s. w. hineingelangt und seine Zusammensetzung wird demnach von den verschiedensten äusseren Umständen abhängen.

Nun ist freilich ein sehr beträchtlicher Theil dieses Staubes zur Vermittelung einer Luftinfection nicht geeignet; die grösste Menge des gewöhnlichen Stubenkehrichts ist zu schwer, um selbst nur kürzere Zeit in der Luft schweben zu bleiben. Für unsere Verstäubungsversuche war es

zweckmässig, von vornherein diese schwereren Antheile des Staubes möglichst auszuschliessen. Dies liess sich bis zu einem gewissen Grade erreichen, indem wir nicht den eigentlichen Kehricht, sondern nur solchen Staub, der sich in einer Höhe von mindestens 2^m abgelagert hatte, benützten. Von diesem Material konnte man von vornherein mit Sicherheit annehmen, dass es zum Theil aus solchen Staubtheilchen besteht, welche längere Zeit in der Luft geschwebt haben. Da für unsere Experimente, bei denen ein ganzes Zimmer mit Staub erfüllt werden sollte, grössere Mengen desselben erforderlich waren, so kam es darauf an, einigermassen ergiebige Fundorte für denselben zu ermitteln. Als solche erwiesen sich nun die oberen Flächen der Schränke und die Lampenschirme in manchen Schulen. Von ihnen habe ich denn auch den grössten Theil des Versuchsmaterials entnommen.¹ Beim Abkehren des Staubes musste natürlich sehr behutsam verfahren werden, weil sonst ein grosser Theil des feinsten und für uns werthvollsten Materiales in die Luft übergegangen wäre; ganz und gar lässt sich dies allerdings nicht vermeiden.

Das so gewonnene Material war nun in der That zu einem Theile recht fein; der leiseste Anstoss genügte, um eine kleine Wolke desselben sich erheben zu lassen, beim Verstäuben bemerkte man, dass ein Theil desselben nur bei directer Beleuchtung durch die Sonne sichtbar wurde, also in der That die Feinheit von Sonnenstäubchen hatte; ebenso konnte man freilich sehen, dass ein anderer Theil sich rasch zu Boden senkte.

Bei der grossen Wichtigkeit, welche die Auswahl des Verstäubungsmaterials für die Tragweite unserer Versuche hatte, schien es geboten, auch noch andere Staubsorten zu versuchen. Ich verschaffte mir deshalb sogenannten „Haderstaub“ aus einer Papierfabrik, sowie Staub aus den Arbeitsräumen einer Filzhutfabrik. Beide Staubsorten enthalten zunächst sehr viele gröbere Theilchen beigemischt. Um eine Sonderung des feinsten Materials zu bewirken, wäre ein einfaches Durchsieben des Staubes kaum hinreichend gewesen; denn es kam für unsere Zwecke nicht auf die absolute Grösse, sondern auf das specifische Gewicht der Theilchen an. Deshalb verfahren wir in folgender Weise: in einem kleinen Zimmer wurden die beiden, mit einander gemischten Staubsorten kräftig ausgeklopft; nach 10 bis 15 Minuten hatte sich die Hauptmasse des so entstandenen Staubes bereits wieder zu Boden gesenkt; diese wurde nun sofort entfernt und

¹ Ausserdem benützte ich den Staub aus einer Bibliothek, auch hier nur solchen, der sich über der genannten Höhe abgelagert hatte.

Sehr viel Staub findet sich auch, wie ja bekannt, auf den Oefen; doch ist derselbe für unsere Zwecke weniger brauchbar, weil ihm meist Lehmtheilchen beigemischt sind.

dann der Fussboden des Zimmers mit dickem Papier (Packpapier) belegt; nach 18 bis 24 Stunden, während welcher Zeit das Zimmer von Niemandem betreten worden war, fand sich auf dem Papier eine ganz dünne Schicht feinsten Staubes vor, der nun langsam und vorsichtig zusammengekehrt und gesammelt wurde.

Dieses Verfahren ist freilich unbequem in seiner Ausführung und wenig ergiebig: wir brauchten 14 Tage, ehe eine zu zwei Verstäubungen hinreichende Menge gesammelt war. Aber es ist unzweifelhaft ein sicherer Weg, um solchen Staub zu erhalten, der wirklich schon längere Zeit in der Luft geschwebt hat. Die Versuche haben gezeigt, dass dieses Material in der That leichter ist und daher länger in der Luft schweben bleibt, als der Schulstaub; leider konnten nicht mehrere Versuche mit demselben oder mit noch anderen Staubsorten angestellt werden, da das Versuchszimmer nothwendig für andere Zwecke gebraucht wurde.

Endlich wurden noch zwei Versuche mit Sporen von *Aspergillus niger* gemacht; aus dem eben genannten Grunde war auch hier eine weitere Fortsetzung derselben nicht möglich.

Die Versuche mit dem Fabrikstaub und den Schimmelpilzsporen hatte Herr Dr. Bitter die Güte auszuführen, da ich durch meinen Fortgang von Breslau daran verhindert war.

Die Zubereitung des Verstäubungs-Materials.

Wir hätten nun den gesammelten Staub ohne Weiteres in der Luft des Versuchszimmers vertheilen, die damit in die Luft gelangten Keime zählen und dann die Abnahme derselben unter dem Einfluss der Ventilation u. s. w. beobachten können. Da man aber von vornherein annehmen darf, dass der Keimgehalt des Staubes ein recht ungleichmässiger ist, da es ferner bei diesem Verfahren nicht möglich gewesen wäre, zu entscheiden, wie viele der von uns gezählten Bacterien während der Ventilationsversuche von aussen in die Zimmerluft hineingelangt waren, so erschien es zweckmässiger, den Staub zunächst zu sterilisiren und mit einer bestimmten, in der Luft nicht vorkommenden Bacterienart zu imprägniren, darauf wieder zu trocknen und nun erst zu den Versuchen zu benützen.

Behufs Sterilisation wurde der Staub in hermetisch verschlossenen Glasbüchsen 6 bis 8 Stunden lang im Dampföfen auf 100° erhitzt. Eine so lange Einwirkung dieser Temperatur ist deshalb nöthig, weil sich, wie Vorversuche ergaben, in dem von uns verwendeten Staube äusserst resistente Sporen fanden, welche selbst nach einem 4½ stündigen Aufenthalt im Dampföfen noch entwicklungsfähig bleiben.¹

¹ Versucht man die Sterilisation im Trockenöfen bei höherer Temperatur, so tritt sehr leicht ein theilweises Verkohlen des Staubes ein. Zur Abkürzung der oben genannten Erhitzungsdauer wäre daher die Anwendung des Autoclaven zu empfehlen.

Es handelte sich nun darum, einen zur Imprägnation des Staubes geeigneten Mikroorganismus zu finden. Derselbe musste offenbar folgenden Bedingungen genügen:

1. er musste, um später in verstäubbaren Zustand übergeführt werden zu können, das Eintrocknen vertragen;
2. er durfte in der Luft für gewöhnlich nicht vorkommen;
3. er durfte nicht pathogen sein;
4. er musste in seinem morphologischen Verhalten oder in der Art seines Wachstums charakteristisch sein, um leicht von den in der Luft vorkommenden Keimen oder von zufälligen Verunreinigungen unterschieden werden zu können.

Alle diese Anforderungen erfüllt der *Bacillus Megaterium*;¹ wegen seiner ungewöhnlichen Grösse ist er bei mikroskopischer Untersuchung mit anderen Bacterienarten kaum zu verwechseln; übrigens sind auch seine Colonieen von denen der gewöhnlichen Luftbakterien — wenigstens derjenigen, die mir bei meinen Versuchen vorgekommen sind — nach einiger Uebung leicht zu unterscheiden.

Zur Imprägnation des Staubes verwandte ich Reinculturen in $\frac{1}{2}$ bis 1 procent. Fleischextract-Lösung, die theils bei 22°, theils bei 35° gehalten wurden. Schon nach 2 bis 3 Tagen bilden sich Sporen aus und nach etwa 14 Tagen sind die vegetativen Formen fast völlig verschwunden. Die Nährlösungen sind theils gleichmässig getrübt, theils bilden sich Flocken, die sich zu Boden senken; doch lassen sich letztere durch Schütteln leicht vertheilen. Allerdings findet man nicht selten bei der mikroskopischen Untersuchung von solchen Culturen, die fast nur noch Sporen enthalten, grössere, zusammenhängende Complexe derselben, — ein Umstand, auf den wir später noch zurückkommen müssen.

Nachdem die Reinheit der Culturen in jedem Falle durch mikroskopische Untersuchung geprüft war, wurde der sterilisirte Staub mit der Culturflüssigkeit in einem sterilisirten Porcellanmörser verrieben; das Mengenverhältniss von Staub und Flüssigkeit wurde so gewählt, dass das imprägnirte Material die Consistenz eines mässig dicken Breies bekam; dies lässt sich nach einigem Probieren unschwer erreichen.

¹ Derselbe wurde von de Bary (s. *Vergleichende Morphologie der Pilze*, 1884, S. 499) zuerst auf gekochten Kohlblättern beobachtet. Die einzelnen Bacillen sind etwa 2.5 μ breit (also über doppelt so breit wie Milzbrandbacillen), und 4 bis 6 mal so lang als breit; sie zeigen eine langsame Eigenbewegung, bilden oft Ketten von nicht sehr beträchtlicher Gliederzahl und zeigen exquisite Sporenbildung.

Alsdann wurde das Material auf vorher geglühte, feinmaschige Eisendrahtnetze gebracht und unter der Luftpumpe über Chlorcalcium getrocknet. Schon nach 36 bis 48 Stunden war dasselbe in verstäubungsfähigem Zustande. Nun wurde es mit einem sterilisirten Messer von den Drahtnetzen abgeschabt, im Porcellanmörser wieder fein zerrieben und bis zum Gebrauch in Glasgefässen mit Watteverschluss aufbewahrt. — Weit einfacher war die Herstellung des Schimmelpilzmaterials. Der *Aspergillus niger* wurde auf Brodbrei gezüchtet, die Cultur von demselben abgekratzt, unter der Luftpumpe getrocknet und dann direct in den Verstäubungsapparat gebracht.

Die Verstäubung.

Zur Vertheilung des Staubes in der Luft des Versuchszimmers benutzte ich einen Pulverzerstäuber, wie er jetzt von den Chirurgen zum Verstäuben von Jodoform u. s. w. viel angewandt wird, und zwar eine Form, bei welcher die comprimirte Luft einen Kautschukschlauch von etwa $\frac{3}{4}$ m Länge zu passiren hat, ehe sie in das mit dem zu verstäubenden Material angefüllte Glasgefäss gelangt;¹ in diesen Schlauch wurde ein kurzes, mit Wattepfropf versehenes Glasrohr eingeschaltet, und auf diese Weise die in der hindurchgetriebenen Luft enthaltenen Keime zurückgehalten. Das Glasgefäss wurde vorher durch trockne Hitze, die Kautschuktheile durch Sublimatlösung, die dann durch Alkohol und steriles Wasser entfernt wurde, sterilisirt.

Die Verstäubung wurde dann möglichst gleichmässig im ganzen Zimmer vorgenommen; zur besseren Vertheilung, namentlich auch in verticaler Richtung, wurde gleichzeitig ein grosser, japanesischer Fächer langsam hin- und herbewegt. Die Versuchsergebnisse ergaben, dass dieses einfache Verfahren völlig hinreicht, um eine annähernd gleichmässige Vertheilung des Staubes zu erzielen. Die Dauer einer Verstäubung betrug 10 bis 15 Minuten.

Die Zählung der Luftkeime.

Zur quantitativen Bestimmung der in der Zimmerluft verstäubten Bacterien benutzte ich die von Petri (a. a. O.) sorgfältig ausgearbeitete Methode der Sandfilter. Sie beruht auf der schon seit einiger Zeit bekannten² Thatsache, dass Kies- oder Sandschichten von mässiger Dicke sämtliche Keime aus der durch sie hindurchgeleiteten Luft zurückzuhalten vermögen.

¹ In dem Cataloge von H. Härtel (Breslau) als Zerstäuber nach Kabierske bezeichnet.

² Naegeli (*Untersuchungen über niedere Pilze*, S. 127) fand bereits im Jahre 1873, dass Luft, welche durch Kies hindurchgesogen, hierdurch keimfrei gemacht wird.

Bei der Anfertigung der Filter habe ich mich im Wesentlichen an Petri's Angaben gehalten; ich benützte Glasröhren von ca. 9^{cm} Länge und 1.8^{cm} Durchmesser, in welche je zwei, durch Drahtnetze gestützte Sandfilter von 3^{cm} Länge eingefügt waren.

Zur Aspiration der Luft benützte ich Flaschen von 6 Liter Inhalt, welche zu je zweien durch Glasröhren und Gummischläuche derart mit einander verbunden waren, dass sich stets der Inhalt der einen in die andere durch Heberwirkung entleerte, und somit die Vertauschung der Plätze der Flaschen, sowie eine Umschaltung der zum Sandfilter führenden Leitung genügten, um sofort eine neue Bestimmung in Gang zu setzen. Die Aspiratoren waren in dem neben dem Versuchsraume gelegenen Zimmer aufgestellt; die Verbindung mit den Sandfiltern erfolgte durch Bleiröhren, welche durch die Wand hindurchgelegt waren. Vor Beginn und am Ende jeder Bestimmung musste das Versuchszimmer betreten werden, um die Wattepfropfen von den Filtern zu entfernen, resp. wieder aufzusetzen; in der Zwischenzeit wurden dieselben auf einem geglühten Drahtnetz aufbewahrt.

Die offene Mündung der Filter war nach oben gerichtet. Meist wurden durch ein Filter 12 Liter Luft hindurchgesogen; die dazu erforderliche Zeit betrug 5 bis 6 Minuten; hieraus und aus dem Durchmesser des Filters lässt sich die Geschwindigkeit der Luft in demselben¹ berechnen; man findet dieselbe (c) nach folgender, leicht abzuleitender Formel:

$$c = \frac{v}{r^2 \cdot \pi \cdot t},$$

wo v das hindurchgesogene Luftvolumen (^{cem}),
 r den halben Durchmesser des Filters (^{cm}),
 t die Zeit (Sec.)

bedeutet. So finden wir z. B. für:

$$v = 12,000, \quad r = 0.9, \quad t = 6 \times 60 = 360$$

$$c = \frac{12,000}{0.81 \cdot 3.14 \cdot 360} = 13.1 \text{ cm in der Secunde.}$$

Die Korngrösse des für die Herstellung der Filter verwendeten Sandes betrug 0.5 bis 1^{mm}.² Petri hat meist mit einer Korngrösse von 0.25

¹ Allerdings bezieht sich die so berechnete Geschwindigkeit nur auf den nicht von Sand erfüllten Theil des Filterröhrchens, da nur in diesem der Luft ein Querschnitt von $r^2\pi$ zur Verfügung steht. In dem Sande selbst dagegen muss die Geschwindigkeit wegen der sehr starken Verengerung des von der Luft passirten Querschnittes eine ausserordentlich viel grössere sein.

Diese Bemerkung gilt natürlich auch für die Geschwindigkeitsangaben von Petri.

² Eine noch geringere Korngrösse hätte den Widerstand der Sandfilter erhöht und daher eine längere Dauer der einzelnen Luftentnahme bedingt.

bis 0.5 mm gearbeitet, giebt jedoch selbst an, dass auch eine solche von 0.5 bis 1 mm bereits völlig ausreicht, damit sämtliche Keime oder wenigstens die ganz überwiegende Mehrzahl derselben schon in dem ersten Sandfilter zurückgehalten werden; da bei meinen Versuchen die Luft mit bedeutend geringerer Geschwindigkeit aspirirt wurde, als bei denjenigen Petri's,¹ so musste dies um so sicherer der Fall sein. In der That blieben die Platten, auf welche ich den Sand des zweiten Filters ausgoss, entweder ganz steril oder es wuchsen nur sehr wenige Colonieen auf denselben, was das Versuchsergebniss nicht beeinflussen konnte. Deshalb sah ich später ganz davon ab, das zweite Filter auszugliessen; das erste wurde meist auf drei, selten auf zwei oder vier Schalen vertheilt. Die Vertheilung erfolgte meist wenige Stunden nach dem Versuch, zuweilen erst am nächsten Tage.

Da der *Bac. Megaterium* die gewöhnliche Nährgelatine energisch verflüssigt — was die Zählung der Colonieen erschwert oder sogar unmöglich macht, bediente ich mich als Nährbodens eines Gemisches von Agar-Agar (1½ Procent) und Gelatine (2½ Procent).² Vor der Anwendung des Agar-Agar allein hatte dieses Gemisch den Vorzug grösserer Transparenz, wodurch natürlich die Zählung und Erkennung tief zwischen den Sandkörnern gelegener Colonieen erleichtert wird. Ausserdem hat das Gemisch nicht, oder doch nur in unbedeutendem Maasse die bei reinem Agar-Agar oft sehr störend wirkende Eigenschaft, bei 35° C. Wasser auszupressen. Um eine möglichst vollständige Ablösung der Keime von den Sandkörnern zu bewirken, wurden die letzteren in dem noch flüssigen Nährmaterial umhergerührt; dazu benützte ich starke Platindrähte, die zu einer Oese umgebogen und selbstverständlich vor dem jedesmaligen Gebrauche gegläht wurden. Damit die Agar-Gelatine während dieses Umrührens nicht zu schnell erstarrte, setzte ich die Culturschalen auf einen mit Wasser gefüllten flachen Blechkasten, der vorher auf ca. 40° C. erwärmt war.³

Nach dem Erstarren wurden die Culturen in einen Brütoven von 35° C. gebracht. Schon nach 36 Stunden waren sämtliche *Megaterium*-Colonieen sehr gut zählbar, die oberflächlichen hatten zu dieser Zeit bereits eine recht stattliche Grösse erlangt. So konnte denn jeder Versuch schon nach zwei Tagen ausgezählt werden;⁴ dies geschah mit Hülfe eines Zählbretts.

¹ A. a. O. S. 59.

² Dasselbe wird bei einer Temperatur von etwa 95° flüssig und erstarrt bei 35°.

³ Durch eine in dem Deckel des Blechkastens befindliche Oeffnung konnte ein Thermometer in das Wasser gebracht werden.

⁴ Das Auswachsenlassen der Colonieen bei höherer Temperatur bot ausserdem noch den Vortheil, dass dadurch die Entwicklung von *Penicillium*keimen, die in der

Ich muss hierbei noch einer Erscheinung gedenken, deren Deutung für die Zählung der Colonieen von Wichtigkeit ist. Nicht selten kamen nämlich auf den Platten grössere und kleinere, theils oberflächliche, theils tiefgelegene Complexe aus dicht gedrängten, z. Th. confluirten Megaterium-Colonieen zur Beobachtung. Theils entstanden dieselben wahrscheinlich durch Ausscheidung von Condensationswasser, theils erklärt sich ihr Auftreten wohl daraus, dass sich, wie oben erwähnt, in den Fleischextract-Culturen zuweilen Complexe von Sporen vorfanden, die dann bei der Imprägnation des Staubes nicht immer genügend getrennt wurden. Welches nun auch der Ursprung dieser Colonieencomplexe sein mag, jedenfalls wäre es nicht richtig gewesen, ihre einzelnen Colonieen da, wo dies überhaupt möglich war, auszuzählen; deshalb habe ich unten das Auftreten von Complexen stets besonders angegeben.

Untersuchung von Tapeten, Kleiderstoffen u. s. w.

Hierbei wurde ganz ähnlich verfahren, wie bei der Untersuchung des Fussbodens (S. 49). Ich schnitt mir kleine, quadratische Stückchen (2^{cm} Seitenlänge) des betreffenden Materials zurecht, sterilisirte sie im Dampföfen und bestäubte sie, nachdem sie wieder getrocknet waren, mit dem Megateriummaterial. Dann wurden sie auf sterilisirter Unterlage mittelst Stecknadeln fixirt, die Tapetenstückchen an der Wand des Versuchszimmers, die Stoff- und Leinwandproben auf einem Tisch. Vor und nach der Einwirkung der Ventilation entnahm ich Proben und brachte sie vorsichtig, um jede Ablösung von Staubtheilchen zu vermeiden, in Culturen in Schalen; hier wurden sie später mit Agar-Gelatine übergossen und in derselben vor dem Erstarren mittelst sterilisirter Pincette hin- und herbewegt.

II. Versuchs-Ergebnisse.

Vorbemerkung. Die Sandfilter befanden sich, wenn nicht anders angegeben, in einer Höhe von 1·2^m über dem Fussboden. Die entnommene Luftmenge betrug meist 12 Liter, in vereinzelt Bestimmungen nur 6; die bei den letzteren gewonnenen Zahlen sind, um mit den übrigen vergleichbar zu sein, mit 2 multiplicirt. Ausser in den Vorversuchen wurde, wie schon oben bemerkt, stets nur das erste Filter jedes Röhrchens auf Schalen vertheilt. Im Folgenden sind die Zahlen der auf den einzelnen Schalen gewachsenen Colonieen bereits addirt. Wenn einige Colonieen

Luft relativ zahlreich enthalten sind, gehindert wurde. Bei einer Bestimmung, welche in einer der Lufteintritts-Oeffnungen gemacht wurde, und die ich bei 20° auswachsen liess, fanden sich in 12 Litern Luft 17 Schimmel- (meist *Penicillium*) und zwei Bacterien-Colonieen.

einer anderen Bacterienart angehörten, als Megaterium, so ist dies in Klammern hinzugefügt. Die Zeitangaben beziehen sich auf den Beginn der einzelnen Bestimmungen, und zwar ist stets die Zahl der seit Beendigung der Verstäubung verflossenen Minuten angegeben. Bei den Ventilationsversuchen ist die seit Ingangsetzen der Ventilation verflossene Zeit in Klammern beigefügt.

1. Absetzenlassen der Keime.

Versuche mit Schulstaub.

I. Zwei Sandfilter nahe der Zimmermitte aufgestellt; die Bestimmungen wurden abwechselnd an beiden Stellen vorgenommen, und zwar mit Filter I, III, V, VII an der einen, mit Filter II, IV, VI an der anderen.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	629	0		
		2	II	805
III	73	11		
		20	IV	51
V	63	35		
		58	VI	30
VII	0	270		

Bei diesem Versuche wurde gleichzeitig nachgesehen, ob sich eine Vermehrung der Keime auf dem Fussboden in Folge des Absetzens aus der Luft nachweisen lässt. Es wurden an drei Stellen des Zimmers die oben beschriebenen Glasplatten mit den Holztäfelchen eingelegt und verschiedene Zeit nach der Verstäubung Proben entnommen. Indess zeigte sich, dass die Vertheilung des Staubes auch auf dicht neben einander gelegenen Täfelchen nicht gleichmässig genug war, um eine sichere Beurtheilung in Bezug auf eine etwaige Zunahme der Keimmenge zu gestatten. So fanden sich z. B. an zwei Stellen des Zimmers bei der Entnahme von je zwei Täfelchen:

$\frac{1}{4}$ Stunde nach der Verstäubung	140 und 258 Colonieen,	240 und 280 Colonieen,
$\frac{3}{4}$ „ „ „	400 und 480 „	240 und 250 „
4 „ „ „	165 und 400 „	150 und 320 „

Durch eine einfache Ueberlegung lässt sich zeigen, dass die zu erwartenden Ausschläge bei dieser Versuchsanordnung so gering sind, dass sie innerhalb der Schwankungen in der Vertheilung des Staubes liegen. Ueber jedem Täfelchen von 4^{cem} Oberfläche befindet sich, da die Höhe des Zimmers 2.85^m beträgt, eine Luftsäule von 0.0011^{cbm} = 1.1 Liter

Inhalt. Nun waren zu Beginn des Versuches in 12 Liter Luft 6—800 Keime, in 1·1 Liter also 55—72 Keime enthalten ($\frac{1}{4}$ Stunde nachher sogar schon beträchtlich weniger), während die Keimmengen auf zwei dicht neben einander gelegenen Täfelchen zuweilen Differenzen um über 200 zeigten.

Besser lässt sich das allmähliche Senken der Keime durch gleichzeitige Untersuchung in verschiedenen Höhen demonstrieren, wie es folgender Versuch zeigt:

II. An zwei vertical über einander gelegenen Stellen des Zimmers werden in Höhen von 0·7 und 2·4^m über dem Fussboden Sandfilter angebracht.

Filter-Nr.	Obere Entnahmestelle	Zeit	Filter-Nr.	Untere Entnahmestelle
I	170	0	II	110
III	19	10	IV	56 u. ein grösserer tiefer Complex
V	7	30	VI	23 u. mehrere oberfl. Complexe
VII	8 (3 nicht Meg.)	60	VIII	19

Als weitere Belege für das schnelle Absetzen der von uns suspendirten Keime bei ruhiger Luft mögen noch folgende zwei Versuche dienen.

III. Entnahme in der Mitte des Zimmers.

Gegen Ende der Verstäubung: über 300 einzelne Colonieen und mehrere Complexe.

5 Min. nach beendeter Verstäubung: 215 einzel. Col. u. ein grosser oberflächl. Complex,
 35 „ „ „ „ 38 Colonieen,
 60 „ „ „ „ 12 Colonieen und 1 Complex.

IV. Entnahme wie bei III. Geringere Aussaat.

Zeit	Colonieen
0	40 und 1 tiefer Complex
36	5 (4 nicht Megat.)
80	0
132	4 (2 nicht Megat.)

Das von uns angewandte Material senkt sich somit zum grössten Theile schon in den ersten 20—30 Minuten nieder; nach 1½ Stunden enthält die Luft nur noch sehr wenige Keime; wartet man noch länger, so findet man sie meist vollständig keimfrei.

Dafür, dass sich die unter natürlichen Verhältnissen in der Luft vorkommenden Mikroorganismen in dieser Beziehung ähnlich verhalten, wie die von uns künstlich verstäubten, spricht die bereits von Hesse u. A. constatirte Thatsache, dass die Luft in Zimmern, in denen kein Staub aufgewirbelt wird, nahezu keimfrei ist. Auch ich konnte dies nur bestätigen. Eine Bestimmung in dem Versuchszimmer, nachdem dasselbe einige Stunden lang von Niemandem betreten worden war, ergab in 12 Liter Luft nur einen Bacterienkeim.¹ Ein anderes Mal, nachdem in dem Zimmer bereits mehrfach und ohne besondere Vorsicht hin- und hergegangen worden war, fanden sich bei zwei gleichzeitigen Bestimmungen 8 resp. 14 Keime in 12 Litern. Nachdem durch Kehren des Zimmers Staub, der sich von früheren Versuchen auf dem Boden abgesetzt hatte, aufgewirbelt worden war, fanden sich nunmehr in derselben Luftmenge 72 resp. 74 Keime.

Versuch mit dem Fabrikstaub.

V. Anordnung wie bei Nr. I. Sehr reichliche Aussaat.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	3860	0	II	3870
III	1661	25	IV	1009
V	456	50	VI	756
VII	576	70	VIII	578
IX	72	120	X	78

Das Absetzen der an diesem leichteren Material haftenden Keime erfolgt also beträchtlich langsamer, als bei den Versuchen mit Schulstaub; aber auch hier hat sich bereits nach 25 Minuten weit mehr als die Hälfte zu Boden gesenkt.

Nach welcher Zeit völlige Keimfreiheit eintritt, konnte leider nicht festgestellt werden, da es, wie oben erwähnt, nicht möglich war, weitere Versuche mit diesem Material anzustellen.

Versuch mit Sporen von *Aspergillus niger*.

VI. Der Sand jedes Filters wurde auf vier Schalen vertheilt; dieselben sind der Reihe nach mit *a*, *b*, *c*, *d* bezeichnet. Bei der Verstäubung gelangten so grosse Mengen der Sporen in die Luft, dass die Zählung recht schwierig war; auch konnte dieselbe nur ungenau sein, weil nur die oberflächlichen Colonieen berücksichtigt werden konnten, während es nicht

¹ Etwa vorhandene Penicillium-Keime konnten allerdings, da die Platten bei 35° gehalten wurden, nicht zur Entwicklung kommen.

möglich war, etwaige, innerhalb des Nährbodens (Agar-Gelatine) entstandene Mycelien mit Sicherheit zu erkennen. Wenn die Zahl der Colonieen auf einer Platte 3000 überstieg, so war eine Zählung überhaupt nicht mehr möglich, und ist dies durch ∞ angedeutet. Um die Abnahme des Keimgehaltes deutlicher hervortreten zu lassen, sind die Resultate der einzelnen Platten nicht summirt worden. Anordnung wie beim vorigen Versuch.

Filter-Nr.	Platten				Zeit	Filter-Nr.	Platten			
	a	b	c	d			a	b	c	d
I	∞	∞	∞	∞	0					
II	∞	∞	∞	1425	25	III	∞	∞	∞	ca. 2000
IV ¹	∞	∞	∞		45	V	∞	∞	∞	2—3000
VI	2—3000	1000	1500	800	60					
VII	2—3000	1000	12—1500	680	120	VIII	1000	12—1500	850	900

Auch hier ist jedenfalls eine deutliche continuirliche Abnahme der Keime zu constatiren, die wahrscheinlich noch langsamer erfolgt als bei dem Fabrikstaub; mit Sicherheit ist dies allerdings nach den beiden vorstehenden Versuchen nicht zu entscheiden.

2. Versuche mit Ventilation.

Sofort nach dem Ende der Verstäubung wurde eine Luftbestimmung vorgenommen und bald nach Beendigung derselben die Ventilation in Gang gesetzt. Bis auf Nr. XIII und XIV wurden sämtliche Versuche mit Schulstaub angestellt.

A. Versuche mit gewöhnlicher Ventilations-Grösse.

(1—3malige Lüfterneuerung in der Stunde.)

VII. Sommer-Ventilation: 1·8fache Lüfterneuerung in der Stunde. Lufteintritt durch die vier unteren stark verengten Oeffnungen. Luftaustritt durch den oberen Wasserventilator und einen der oberen Gasventilatoren. Luftentnahme in der Mitte des Zimmers. Beginn der Ventilation 6 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Zeit	
0	260 und ein grosser Complex
7 (1)	152
15 (9)	60 und einige oberflächliche Complexe
23 (17)	38
45 (39)	20
60 (54)	23
90 (84)	10 und ein kleiner Complex

¹ Nur auf 3 Schalen vertheilt.

Ein beschleunigender Einfluss der Ventilation auf die Entfernung der Keime aus der Luft ist aus diesen Zahlen nicht zu erkennen.

Bald nach Beginn der Ventilation wurden auch in den beiden Ausströmungsöffnungen Bestimmungen gemacht.

In dem oberen Gasventilator betrug die Geschwindigkeit im Mittel aus mehreren Messungen 38^m in der Minute oder 0.63^m in der Secunde. In 12 Litern Luft fanden sich 32 Keime, zum grössten Theile Megaterium.

In dem oberen Wasserventilator betrug die Geschwindigkeit im Mittel 68^m in der Minute oder 1.13^m in der Secunde. In 12 Litern Luft fanden sich 65 Keime.

Es werden also durch die hier vorhandenen Strömungen zwar Keime fortgeführt; aber die Menge derselben ist nicht bedeutend genug, um einen wesentlichen Einfluss auszuüben. Auch nimmt — wie leicht verständlich und durch Bestimmungen bei anderen Ventilationsversuchen, die ich nicht näher mitzuthemen brauche, direct nachgewiesen wurde — die Menge der durch die Ventilation fortgeführten Keime sehr rasch ab, indem offenbar der grössere Antheil des Staubes, der Schwere folgend, langsam zu Boden sinkt.

VIII. Sommerventilation; etwa zweimalige Lüfterneuerung in der Stunde. Anordnung ähnlich wie beim vorigen Versuch. Beginn der Ventilation 4 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Zeit	Colonieen
0	226
17 (13)	68
40 (36)	12 (2 nicht Megat.)
61 (57)	14 (3 nicht Megat.)

Das Resultat ist im Wesentlichen dasselbe, wie beim vorigen Versuch.

IX. Sommerventilation; etwa dreimalige Erneuerung in der Stunde. Gleichzeitige Bestimmung an zwei Stellen des Zimmers. Beginn der Ventilation 10 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	180	0	II	280
III	60	19 (9)	IV	62
		30 (20)	V	26
VI	23	35 (25)		
VII	8	58 (48)		
VIII	3 (1 nicht Meg.)	280 (270)		

Also auch hier keine merkliche Beschleunigung der Entfernung der Keime; ob das Auftreten von vereinzelt Megaterium-Keimen noch 4 Stunden 40 Minuten nach der Verstäubung auf ein längeres Schwebenbleiben unter dem Einfluss der bei der Ventilation auftretenden Luftströmungen zu beziehen ist, oder ob es sich hierbei um zufällige Verunreinigungen handelt, möchte ich dahingestellt sein lassen.

X. Winterventilation; 2·3 malige Lüfterneuerung in der Stunde. Gleichzeitige Bestimmung an zwei Stellen des Zimmers. Beginn der Ventilation 5 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	1338	0	II	2076
III	412	8 (3)	IV	318
V	97	25 (20)	VI	140
VII	21	50 (45)	VIII	32
IX	8	65 (60)	X	3

Hier scheint in der That eine etwas schnellere Entfernung der Keime aus der Luft erfolgt zu sein, als beim blossen Absetzenlassen; trotz der sehr reichlichen Aussaat finden sich 65 Minuten nach dem Ende der Verstäubung nur noch ganz vereinzelte Keime vor. Indess ist der Effect der Ventilation jedenfalls nur sehr unbedeutend.¹

B. Versuche mit stärkerer Ventilation.

(4—7 malige Lüfterneuerung in der Stunde.)

XI. Winterventilation; 4·2 malige Lüfterneuerung. Anordnung wie beim vorigen Versuch.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	1942	0	II	2113
III	840	10 (5)	IV	510
V	61	27 (22)	VI	128
VII	17	52 (47)	VIII	11
IX	2	65 (60)	X	0

¹ Dass die Winter-Ventilation in dieser Stärke bereits eine, wenn auch nur geringe Wirkung zeigt, während die Sommer-Ventilation selbst bei 3facher Lüfterneuerung in der Stunde noch gar keinen merklichen Einfluss hat, dürfte vielleicht darin seine Erklärung finden, dass bei der ersteren schräg von oben nach unten gehende Luftströmungen auftreten, welche also das Senken der Staubtheilchen begünstigen, während die schräg von unten nach oben verlaufenden Strömungen bei der Sommer-Ventilation eher sogar ein längeres Schwebenbleiben derselben begünstigen. Ferner werden in Folge des allmählichen Sinkens der Keime die oberen

Hier ist die Wirkung noch etwas deutlicher, als im vorigen Versuch; nach 65 Minuten ergab die eine Bestimmung bereits fast völlige Keimfreiheit, was beim ruhigen Absetzenlassen nicht erreicht wird. Immerhin ist der Effect bei dieser doch schon recht bedeutenden Ventilationsgrösse noch sehr unbedeutend.

XII. Sommerventilation; 4.4 fache Lufterneuerung. Gleichzeitige Bestimmungen in der Mitte des Zimmers (ungrade Filternummern) und in einer Ecke (grade Filternummern). Beginn der Ventilation 4 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	134	0	II	260
III	48	10 (6)	IV	21
V	33 und 1 grösserer Complex	30 (26)	VI	28
VII	5	60 (56)	VIII	1 oberfl. Complex am Rande d. Schale. (Verunreinigung?)

Der Effect ist hier eher noch etwas geringer, als bei dem vorigen Versuch, da die Aussaat bei jenem bedeutend grösser war.

Eine grössere Wirkung zeigte die Ventilation auf den feinen Fabrikstaub, sowie auf die Sporen von *Aspergillus niger*; allerdings konnte mit beiden Materialien nur je ein Ventilationsversuch angestellt werden.

XIII. Versuch mit Fabrikstaub; Winterventilation; 4.5 malige Erneuerung in der Stunde. Gleichzeitige Bestimmung an zwei Stellen des Zimmers. Beginn der Ventilation 5 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	3066	0	II	1796
III	684	10 (5)	IV	741
V	274	25 (20)	VI	128
VII	39	50 (45)	VIII	26
XI	6	65 (60)	X	7

Ein Vergleich mit dem oben (S. 60) mitgetheilten Absetzversuch zeigt in der That einen deutlichen Unterschied zu Gunsten der Ventilation; immerhin dauert es auch hier eine Stunde, ehe die Luft nahezu keimfrei wird, obgleich doch die bei diesem Versuch hergestellte Ventilationsgrösse bereits das äusserste Maass des in der Praxis Zulässigen darstellt.

Luftschichten, welche bei der Sommerventilation den Austrittsöffnungen zunächst liegen, viel schneller keimleer als die unteren, so dass auch aus diesem Grunde die Winterventilation etwas besser wirken kann.

XIV. Versuch mit Sporen von *Aspergillus niger*. Anordnung ebenso wie beim vorigen Versuch. Vgl. die Bemerkungen bei Versuch VI.

Filter-Nr.	Platten				Zeit	Filter-Nr.	Platten			
	a	b	c	d			a	b	c	d
I	∞	∞	∞	∞	0	II	∞	∞	∞	∞
III	∞	∞	∞	ca. 2000	10 (5)	IV	∞	∞	∞	ca. 3000
V	∞	ca. 2000	ca. 1000	ca. 800	25 (20)	VI	1200	700	zerbrochen	500
VII	1200	1000	700	400	50 (45)	VIII	ca. 1000	600	900	700
IX	570	530	580	300	65 (60)	X	800	zerbrochen	200	100

Auch hier zeigt sich gegenüber dem Absetzversuch (S. 60) eine deutliche Wirkung der Ventilation; jedoch befanden sich noch nach einstündiger Einwirkung derselben reichliche Sporen Mengen in der Zimmerluft.

Geht man mit der Ventilationsgrösse noch weiter in die Höhe, wobei dann freilich bereits ein recht fühlbarer Zug entsteht, so wird der Einfluss der Ventilation auch auf unser gewöhnliches Versuchsmaterial ein bedeutender. Als Beispiel diene folgender Versuch.

XV. Sommerventilation; 7 malige Erneuerung in der Stunde; die vier unteren Eintrittsöffnungen vollständig geöffnet; oberer Wasserventilator und ein oberer Gasventilator in voller Thätigkeit. Gleichzeitige Bestimmung an zwei Stellen des Zimmers; die erste Bestimmung wird gegen Ende der Verstäubung gemacht, und sofort nach Beendigung der letzteren die Ventilation in Gang gesetzt.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	156		II	362
III	8 und ein tiefer Complex von vielen kleinen Colon.	15		
IV	0	30	V	0
VI	2	60	VII	2 (beide nicht Megat.)
VIII	0	150	IX	0

Also bereits nach 15 Minuten eine sehr beträchtliche Abnahme der Keime, nach 30 Minuten vollständige Keimfreiheit.

C. Versuche mit starker Durchlüftung des Zimmers.

(Ueber 10 malige Lüftererneuerung in der Stunde.)

XVI. Zwei untere und eine obere Eintrittsöffnung geöffnet. Zwei untere und zwei obere Ventilatoren in Thätigkeit. 14 malige Lüftererneuerung in der Stunde. Beginn der Ventilation 4 Minuten nach dem Ende der

Verstäubung. Gleichzeitige Bestimmung in einer Ecke (ungrade Filternummern) und nahe der Wand zwischen den Fenstern (grade Filternummern); beide Stellen sind directen Luftströmen nicht ausgesetzt

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	115	0	II	84
III	14	10 (6)	IV	13
V	0	25 (19)	VI	0

XVII. Maximale Ventilation: sämtliche 8 Eintrittsöffnungen und alle 5 Ventilatoren benützt. Beginn der Ventilation 10 Minuten nach dem Ende der Verstäubung.

Zeit	Colonieen
0	83
12 (2)	7
37 (27)	2

XVIII. Maximale Ventilation; auch die Thüre zum Treppenflur wird geöffnet. Die Aussaat wird gegen Ende der Verstäubung bestimmt, dann sofort mit der Lüftung begonnen.

Aussaat: 620 Colonieen.

2 Min. nach Beginn der Ventilation:	6	„
10 „ „ „ „ „	1	„
50 „ „ „ „ „	5	„ (3 nicht Meg.)

Wie zu erwarten war, führt ein kräftiger Zug in kürzester Zeit die überwiegende Mehrzahl aller Keime aus der Luft fort; höchstens bleiben einige wenige, ganz vereinzelter Megaterium-Keime in derselben zurück.¹

3. Versuche mit Entwicklung von Wasserdampf.

Um zu erfahren, ob die Entwicklung von Wasserdampf ein schnelles zu Boden Sinken der in der Zimmerluft suspendirten Keime bewirkt, wurde in der Mitte des Versuchszimmers ein Autoclav² aufgestellt und angeheizt; nachdem der Dampf eine Spannung von einigen Atmosphären

¹ Ob es sich hierbei wirklich um ein Zurückbleiben von einzelnen der Anfangs verstäubten Keime oder vielleicht nur um zufällige Verunreinigungen handelt oder endlich, ob durch die starke Durchlüftung eine Ablösung vereinzelter Keime vom Fussboden u. s. w. zu Stande kommt (s. u.), vermag ich nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

² In einem Versuche statt desselben zwei Koch'sche Dampföfen.

erlangt hatte, wurde die Verstäubung vorgenommen und die Aussaat bestimmt; dann liess ich einige Minuten lang den Dampf durch einen, an die in dem Deckel des Autoclaven befindliche Oeffnung angefügten, dickwandigen Gummischlauch unter einem Druck von etwa 6 Atmosphären ausströmen; da der Schlauch mittelst einer ihn umfassenden, eisernen Klammer leicht dirigirt werden konnte, so liess sich eine gleichmässige Vertheilung des Dampfes im Zimmer unschwer herstellen. Nachdem der Dampf einige Zeit ausgeströmt war, wurden wieder Bestimmungen der Keimmenge gemacht.

Da sich bald herausstellte, dass eine, für die Praxis verwendbare, rasche und vollständige Entfernung der Keime aus der Luft auf diesem Wege nicht möglich war, so wurden die Versuche nicht weiter fortgeführt. Immerhin war ein allerdings sehr mässiger, beschleunigender Einfluss auf das Absetzen der Keime unverkennbar, wofür ich zum Beleg folgende zwei Versuche anführen möchte:

XIX. Filter mit ungraden Nummern in der Mitte des Zimmers, nahe beim Autoclaven; Filter mit graden Nummern in einer Ecke aufgestellt.

11^h 44' Bestimmung der Aussaat am Ende der Verstäubung.¹

11^h 50' bis 12^h 2' Dampfentwicklung (6 Atm.) mit einmaliger kurzer Unterbrechung.

Es ist die Zeit (Min.) seit dem Ende der Verstäubung angegeben, die seit dem Beginn der Dampfentwicklung in Klammern beigefügt.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	150	0	II	96
III	49	8 (2)	IV	19
V	23	19 (13)	IV	14
VII	19	40 (36)	VIII	7

XX. Filter mit ungraden Nummern an der Wand zwischen den Fenstern. Filter mit graden Nummern in einer Ecke.

12^h 6^m Ende der Verstäubung; Bestimmung der Aussaat.

12^h 8^m bis 12^h 16^m } Dampfentwicklung.
12^h 29^m bis 12^h 36^m }

¹ Bei diesem und dem folgenden Versuch, sowie bei einigen früheren, wurde der grösseren Schnelligkeit halber die Aussaat nur aus 6 Litern (in 2 bis 2½ Min.) bestimmt und das so gewonnene Resultat durch Verdoppelung mit den späteren Bestimmungen (12 Liter) vergleichbar gemacht.

Filter-Nr.	Colonieen	Zeit	Filter-Nr.	Colonieen
I	246	0	II	104
III	32 u. ein tiefer Complex	11	IV	32 u. ein tiefer Complex
V	4	30	VI	2

4. Versuche über die Ablösung von Keimen vom Fussboden, Tapeten, Kleiderstoffen u. s. w.

Die Frage, ob die bei der Ventilation auftretenden Luftströmungen eine Ablösung der Keime vom Fussboden, Tapeten, Möbeln, Kleidern und Wäsche bewirken können, war in doppelter Hinsicht von Interesse. Wenn nämlich eine solche Ablösung in beträchtlichem Maasse stattfand, so konnte die Ventilation auch pathogene Keime, die sich auf dem Fussboden u. s. w. abgelagert hatten, von da fortschaffen; andererseits musste dies aber auch die Gefahr mit sich bringen, dass die durch die Luftströmungen losgelösten und eine Zeit lang suspendirt gehaltenen Keime vor ihrer vollständigen Entfernung aus der Luft des Zimmers eine Infection hervorzurufen im Stande wären.

Die einfache Versuchsanordnung, deren ich mich bediente, ist bereits oben (S. 57) geschildert worden; sie gestattete natürlich nicht, zu entscheiden, ob vereinzelte Keime durch die in Anwendung kommenden Luftströmungen losgerissen werden; dazu ist die Vertheilung des Staubes auch an dicht neben einander gelegenen Stellen nicht gleichmässig genug; aber es liess sich jedenfalls feststellen, ob eine solche Ablösung in nennenswerthem Maasse oder gar nahezu vollständig vor sich ging.

Aus einer grösseren Reihe von Versuchen, die ich zum Theil mit den eigentlichen Ventilationsversuchen verbinden konnte und bei denen die äusseren Bedingungen möglichst variirt wurden, hat sich ergeben, dass selbst durch die stärksten, bei der Ventilation auftretenden Luftströmungen eine irgendwie beträchtliche Ablösung nicht erfolgt.

Zum Belege mögen einige Versuche mitgetheilt werden:

Bei dem Versuch IX (S. 62) mit Sommerventilation, etwa dreimaliger Lufterneuerung in der Stunde, wurden an verschiedenen Stellen des Fussbodens die Glastafeln mit den Holzplättchen eingefügt und vor Beginn der Ventilation, sowie verschiedene Zeit nachher Proben entnommen. An der einen Stelle fanden sich z. B.:

Vor Beginn der Ventilation (nach beendeter Verstäubung) ca. 440 und 572 Keime.
 40 Minuten nach Beginn der Ventilation ca. 300 und 400 „
 4 1/2 Stunden „ „ „ „ ca. 400 und 540 „

Bei dem Versuch XV (S. 65) mit Sommerventilation, 7 maliger Luft-erneuerung in der Stunde, fanden sich an einer Stelle:

Bald nach Beginn der Ventilation: ca. 300 und 480 Keime.
 1 Stunde „ „ „ „ ca. 400 und 500 „
 2 1/2 „ „ „ „ „ ca. 400 „

Bei dem Versuch XVIII (S. 66) mit maximaler Durchlüftung wurden in der Mitte des Zimmers und direct hinter der einen Einströmungsöffnung die Holztäfelchen eingelegt.

Es fanden sich auf den entnommenen Proben:

	Vor Beginn der Ventilation	40 Minuten nach dem Beginn
In der Mitte des Zimmers	ca. 30 u. 70	ca. 40 u. 50
Hinter der Einströmungsöffnung . .	ca. 50 u. 70	ca. 50 u. 70

Gleichzeitig wurden Sammet-, Tuch-, Jute-Stückchen u. s. w. auf einem im Zimmer aufgestellten Tisch den Luftströmungen in verschiedener Richtung (tangential und senkrecht zur Achse derselben) ausgesetzt. So fanden sich z. B.:

	Vor Beginn der Ventilation	40 Min. nach dem Beginn
Auf Kleidertuch	ca. 150 und 360	ca. 360 in beiden Proben
Auf Sammet	160 und mehrere Complexe 240	160 u. einige tiefe Complexe 300
Auf Jute	60 und 70	80

Bei anderen Versuchen derselben Art wurden ähnliche Resultate auch für (an die Wand angeheftete) Tapetenstückchen, ferner für Leinwand und Möbelpölusch gefunden.

Zuweilen fand ich bei den nach Einwirkung der Ventilation entnommenen Proben geringere Werthe als vorher; da aber ebenso oft das Umgekehrte vorkam — wofür die eben mitgetheilten Zahlen schon Belege geben — so dürfte die Annahme berechtigt sein, dass es sich hier nur um eine ungleichmässige Vertheilung des Staubes handelt; dies ist um so wahrscheinlicher, da sich ja auch bei gleichzeitig entnommenen Proben zuweilen sehr beträchtliche Differenzen zeigen.

Die grösste Luftgeschwindigkeit, welche bei den Ablösungsversuchen angewandt wurde, betrug 130—160^m in der Minute oder 2.1—2.5^m in der Secunde; sie wurde dadurch erreicht, dass sämmtliche Ventilatoren in maximale Thätigkeit gesetzt wurden, während nur eine Eintrittsöffnung offen war; in diese wurden die mit Megaterium-Material bestäubten Holztäfelchen, ferner Stückchen von Leinwand u. s. w. hineingebracht, indem

sie, wie gewöhnlich, auf einer sterilisirten Unterlage (von Holz) mit Stecknadeln fixirt waren. Es wurden Proben vor und nach einstündiger Einwirkung des Luftzuges entnommen; auch bei diesem Versuch wurde eine irgendwie beträchtliche Loslösung vermisst, wie man aus folgenden Zahlen ersieht:

	Vor 1 stündiger Einwirkung des Luftzuges	Nach
Holztäfelchen	150 und 350 Keime	ca. 300 in beiden Proben
Leinwand	ca. 1500 „ 3000 „	ca. 2000
Plüsch	ca. 750 „ 2400 „	ca. 1000 und 2500

III. Zusammenfassung und Folgerungen.

Wenngleich unsere Versuche über den Einfluss der Ventilation auf in der Luft suspendirte Mikroorganismen noch keineswegs als abgeschlossen zu erachten sind, vielmehr eine weitere Fortführung derselben (mit noch anderen Staubarten u. s. w.) sehr wünschenswerth erscheint, so lassen sich doch schon aus den bisher erreichten Resultaten gewisse Folgerungen ziehen, die zunächst natürlich nur für das von uns benutzte Versuchsmaterial gelten.

Fassen wir die gewonnenen Versuchsergebnisse zusammen:

I. In ruhiger Luft senken sich die von uns verstäubten Keime rasch zu Boden; bei Anwendung feinen Schulstaubes ist die Luft bereits nach $1\frac{1}{2}$ Stunden nahezu keimfrei. Noch leichteres Material (feinster Woll- und Haderstaub, Schimmelpilz-Sporen) erfordert naturgemäss eine längere Zeit, um sich abzusetzen.

II. Die meistens übliche Ventilationsstärke, welche einer ein- bis dreimaligen Lüfterneuerung in der Stunde entspricht, macht die Zimmerluft nicht oder (bei Winterventilation¹) doch nur ganz unwesentlich schneller keimfrei als das blosse Absetzenlassen.

III. Eine weitere Steigerung der Ventilationsgrösse, wie sie aber praktisch, ohne directen Zug hervorzurufen, kaum durchführbar ist, vergrössert allmählich den Einfluss der Ventilation auf die in der Luft schwebenden Keime. Die Grenze, bei welcher eine kräftigere und raschere Wirkung beginnt, dürfte für unser Versuchsmaterial etwa einer sechs- bis siebenmaligen Lüfterneuerung in der Stunde entsprechen.²

¹ Vgl. Versuch X. S. 63.

² Rietschel (*Lüftung und Heizung von Schulen*, Berlin 1886) giebt an, dass es noch möglich sei, eine 4·5 malige Erneuerung der Zimmerluft in der Stunde ohne

IV. Eine schnelle und vollständige Fortführung der Keime aus der Luft von Wohnräumen lässt sich nur durch kräftigen Zug erreichen.

V. Eine irgendwie beträchtliche Ablösung von Keimen vom Fussboden, von den Tapeten, Möbeln, Kleiderstoffen u. s. w. erfolgt selbst durch die bei starker Durchlüftung der Zimmer auftretenden Strömungen nicht.

VI. Die Entwicklung von Wasserdampf ist nicht im Stande, in der Luft suspendirte Keime rasch und vollständig niederzuschlagen; jedoch beschleunigt sie das Absetzen derselben in freilich nicht sehr beträchtlichem Maasse.

Inwieweit nun diese Ergebnisse und die aus ihnen zu ziehenden Folgerungen auf die unter natürlichen Verhältnissen in der Luft vorkommenden Krankheitserreger zu übertragen sind, das ist vorläufig mit Sicherheit noch nicht zu entscheiden. Wir kennen ja die Erreger gerade derjenigen Krankheiten, welche nach der ärztlichen Erfahrung am häufigsten und leichtesten durch die Luft übertragen werden, nämlich der acuten Exantheme, noch gar nicht; aber wir haben auch andererseits einstweilen keinen Grund, anzunehmen, dass sich dieselben in ihrer Grösse und in ihrem Gewicht wesentlich von den bisher bekannten pathogenen Mikroorganismen unterscheiden; und wir werden deshalb mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit vermuthen dürfen, dass sie, ebenso wie die gewöhnlichen Mikroorganismen der Luft, an kleinen Staubpartikelchen haften.

Da nun ferner der von uns angewandte Schulstaub ein Material ist, welches wohl zweifellos unter natürlichen Verhältnissen Luftinfection hervorzurufen im Stande ist,¹ und da der Staub aus Wohnzimmern und Krankenhäusern im Wesentlichen denselben Ursprung und daher auch dieselbe Zusammensetzung haben muss, wie das von uns verwendete Material,² so wird man die an dem letzteren gewonnenen Resultate auch auf praktische Verhältnisse übertragen dürfen, wobei man sich freilich stets bewusst bleiben muss, dass diese Uebertragung nur unter den eben entwickelten Voraussetzungen zu Recht besteht, — Voraus-

Zugempfindung herzustellen. Auch dieses Maximum liegt mithin noch unter der angegebenen Grenze.

¹ Dass mit demselben in der That auch pathogene Mikroorganismen von Luftströmungen fortgeführt werden können, liess sich durch Versuche, welche ich zu anderen Zwecken angestellt habe, direct nachweisen.

² Wenn sich auch vielleicht in Bezug auf die Zeitdauer des Absetzens und die untere Grenze der Ventilationswirkung kleine Unterschiede herausstellen können.

setzungen, deren allgemeine Gültigkeit durch weitere Forschungen erwiesen oder widerlegt werden muss.

Fragen wir uns nun, auf welche Weise wir die suspendirten Keime aus der Luft eines Zimmers entfernen können, so müssen wir wiederum zwei Fälle unterscheiden: erstens die einmalige Desinfection der Luft eines zur Zeit nicht bewohnten Zimmers; zweitens die continuirliche Entfernung der Keime aus der Luft eines bewohnten Zimmers, in dem Maasse, als sich dieselben z. B. von der Körperoberfläche der Kranken, von den Kleidern u. s. w. ablösen.

Für die Erledigung der ersten Aufgabe haben wir zwei Möglichkeiten: wir können die Keime mit der Luft entfernen oder aus der Luft abscheiden; jenes geschieht durch kräftige Zugluft, dieses durch einfaches Absetzenlassen. Beide Wege sind sicher; der erstgenannte hat den Vorzug der Schnelligkeit, aber er ist eigentlich nur in einzeln stehenden Baracken u. dgl. anzuwenden. In Wohnhäusern und Hospitälern dagegen, wo die aus der Zimmerluft fortgeführten pathogenen Keime eventuell nicht direct in's Freie, sondern erst noch in Corridore, Treppenture u. s. w. gelangen, bietet dieses Verfahren die Möglichkeit einer weiteren Verbreitung der Infectionsträger. — Ausserdem aber ist stets nicht nur die Luft, sondern es sind gleichzeitig Fussboden, Wände, Möbel u. s. w. des Zimmers infectirt; und eine Desinfection dieser Flächen und Gegenstände wird auch durch die stärkste Lüftung in keiner Weise geleistet. Wohl aber ist es möglich — unsere Versuche gestatten nicht, dies mit Sicherheit zu entscheiden —, dass durch die Zugluft vereinzelte, lose sitzende Keime vom Fussboden u. s. w. abgelöst werden, und so die Zimmerluft immer wieder vorübergehend infectirt wird.

Unter diesen Umständen wird deshalb der andere Weg vorzuziehen sein: man wird das betreffende Zimmer mehrere — der Sicherheit halber vielleicht 12 bis 24 — Stunden lang bei verschlossenen Thüren und Fenstern belassen; dann haben sich sämtliche Keime zu Boden gesenkt und man kann nun das Zimmer vorsichtig betreten und den Fussboden nass — am besten sofort mit 1 ‰ Sublimatlösung — aufwischen, wodurch eine fernere Ablösung von Keimen mit Sicherheit verhindert resp. auch eine sofortige Abtödtung derselben erreicht wird. Alsdann kann man, ohne eine Luftinfection fürchten zu müssen, zur Desinfection der Wände, Möbel u. s. w. schreiten.

Für die Erledigung der zweiten Aufgabe haben uns unsere Versuche keinen sicheren Weg gezeigt.¹ Die Ventilation in der gewöhn-

¹ In einer jüngst erschienenen Arbeit Cornet's „Die Prophylaxe der Tuberculose“ (*Berliner klinische Wochenschrift*, 1889, Nr. 12 ff.) findet sich (Nr. 13, S. 281) folgender Rath für die Desinfection der Luft in Krankenzimmern: „Ist, beispielsweise

lich herstellbaren Intensität — bis höchstens 4·5malige Lüfterneuerung in der Stunde — bewirkt sicher keine rasche und vollständige Fortführung der Mikroorganismen aus der Luft. Noch viel weniger ist sie im Stande, an den Wänden, am Fussboden, an Möbeln und Kleidern haftende Keime von diesen loszulösen und zu entfernen; dies vermögen selbst die bei starker Durchlüftung auftretenden Luftströmungen nicht in irgendwie erheblichem Maasse zu thun.

Wenn somit eine rasche, continuirliche Entfernung der in die Luft übergehenden Keime nicht möglich ist, so wird man in Hospitälern oder Krankenzimmern, in denen sich Patienten mit durch die Luft übertragbaren Infectiouskrankheiten befinden, um so grösseren Werth auf die Prophylaxe legen, d. h. jede Erregung von Staub möglichst vermeiden müssen. Vor Allem ist hier das trockene Aufkehren des Fussbodens, sowie das Abstäuben von Schränken u. s. w. zu widerrathen, da hierbei der grösste Theil der Keime, die sich aus der Luft abgeschieden haben, wieder aufgewirbelt wird. Das einzig Rationelle ist hier das Abwaschen mit einer sicher wirkenden, antiseptischen Lösung (1 $\frac{0}{00}$ Sublimat). Dass Polstermöbel, Teppiche u. s. w. überhaupt nicht in Krankenzimmer gehören, dürfte wohl bereits allgemein anerkannt sein. Das blosses, langsame Hin- und Hergehen auf gedieltem Fussboden bewirkt keinen merklichen Uebergang von Keimen in die Luft; denn, obgleich in unseren Versuchen bei jeder Luftbestimmung ein zweimaliges Betreten des Versuchszimmers nothwendig war und sich auf dem Boden des letzteren ein äusserst keimreicher Staub befand, so erwies sich doch die Luft längere Zeit nach der Verstäubung völlig keimfrei.

Noch in einer anderen Beziehung scheinen die Ergebnisse unserer Versuche nicht ohne praktische Bedeutung zu sein. Seit langer Zeit hat man die Durchlüftung von inficirten Kleidern u. s. w. als ein Mittel angesehen, um die an ihnen haftenden Krankheitskeime zu entfernen, und beim Ordnen der Betten, eine Staubentwicklung unvermeidbar, so lasse man, besonders, wenn ein Kranker im Zimmer ist, durch einen feinen Wasserspray die Staubpartikelchen alsbald niederschlagen.“

Auf welche Erfahrungen sich Cornet bei diesem Vorschlage stützt, ist aus seiner Arbeit nicht ersichtlich. Abgesehen davon, dass die praktische Durchführung der von ihm empfohlenen Massregel auf Schwierigkeiten stossen dürfte, ist auch ihre Wirksamkeit zweifelhaft; ich möchte in dieser Hinsicht auf eine Beobachtung Petri's (a. a. O., S. 63 ff., Versuch 9 und 10) verweisen, welcher Gelegenheit hatte, vor und unmittelbar nach einem feinen Sprühregen von etwa einstündiger Dauer Luftuntersuchungen zu machen, und hierbei eine nur geringe Abnahme der in der Luft enthaltenen Keime unter dem Einflusse dieses doch recht ausgiebigen „Sprays“ constatiren konnte.

Aus den schon früher angegebenen äusseren Gründen konnte ich eine experimentelle Prüfung des Cornet'schen Vorschlages nicht mehr vornehmen.

noch neuerdings ist diese Massregel für solche Ortschaften, welche nicht im Besitz von Desinfectionsapparaten sind, — und das ist doch noch bei der überwiegend grossen Mehrzahl der Fall — von autoritativer Seite empfohlen worden. So wird in der Desinfections-Anweisung des preussischen Medicinal-Ministeriums vom 14. Juli 1884, Ziffer 7 „die dauernde Aussergebrauchstellung und die Durchlüftung der inficirten Gegenstände an einem warmen, trockenen und vor Regen geschützten Orte (unbewohnter Hausboden, Scheuer u. s. w.)“ angerathen; und Pistor,¹ welcher gelegentlich einer Besprechung der vom Berliner Polizeipräsidium im Februar 1887 erlassenen Desinfections-Anweisung auf jene Massregel wiederum hinweist, empfiehlt u. A., den Inhalt inficirter Federbetten und Matratzen auszubreiten und tagelang zu durchlüften.

Nach unseren Versuchen findet selbst durch starke Durchlüftung eine Loslösung der anhaftenden Keime von Kleidern u. s. w. nicht statt. Auch lehrt die alltägliche Beobachtung, dass selbst stärkere Luftströmungen, wie sie im Freien auftreten, nicht im Stande sind, grob sichtbare Staubpartikel von Kleiderstoffen zu entfernen — eine Erfahrung, welche mit Fug und Recht auch auf die an den Staubtheilchen haftenden Infectionserreger zu übertragen ist. Wenn daher eine desinficirende Wirkung des Hängenlassens und Durchlüftens beobachtet wird, so könnte diese lediglich auf der Austrocknung der Krankheitskeime beruhen. Da nun aber diejenigen pathogenen Mikroorganismen, welche im Stande sind, Luftinfection hervorzurufen — wie die Tuberkelbacillen und die Erreger der acuten Exantheme — das Austrocknen vertragen, so können diese durch jenes Verfahren nicht beseitigt werden. Eine ausgiebigere Beseitigung des Staubes und auch der Infectionserreger ist durch Klopfen, Bürsten u. s. w. zu erzielen. Aber diese Manipulationen ebenso wie das Ausschütten des Inhalts von inficirten Federbetten und Matratzen sind wegen der damit stets verbundenen Staubentwicklung für die damit beauftragten Personen entschieden bedenklich und können keinesfalls empfohlen werden.

Am Schlusse dieser Arbeit erlaube ich mir, Herrn Prof. Flügge, auf dessen Anregung und mit dessen stetiger, freundlicher Unterstützung ich dieselbe ausgeführt habe, hierfür meinen besten Dank zu sagen.

Auch Hrn. Dr. Bitter, Assistenten am Breslauer hygienischen Institut, bin ich für seine mannigfache Beihülfe bei der Ausführung der vorstehenden Versuche zu grossem Danke verpflichtet.

¹ Einige Bemerkungen zu der von dem königl. Polizeipräsidium in Berlin unter dem 7. Februar d. J. erlassenen Anweisung zum Desinfections-Verfahren bei Volkskrankheiten. *Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege*. 1887. Bd. XIX. S. 328.