

[Aus dem hygienischen Institut der Universität Breslau.]

Ueber das Eindringen von Bakterien in die Lungen durch Einathmung von Tröpfchen und Staub.

Von

Dr. **Oscar Nenninger**, Marinestabsarzt,
commandirt zur medicinischen Klinik.

So alt die landläufigen Vorstellungen sind, die der Lunge als Eingangspforte für krankmachende Schädlichkeiten eine bestimmte Rolle zumessen, so ist es doch erst der modernen Bakteriologie vorbehalten geblieben, uns einen genaueren Einblick in das Wesen der sich hierbei abspielenden Vorgänge zu verschaffen, wenngleich auch sie zur Zeit noch manche Frage ungelöst lässt.

Zum Studium der Frage war man, um einen Vergleichspunkt zu haben, genöthigt, mit der Untersuchung gesunder Lungen zu beginnen. Das Ergebniss war, dass man die Lungen gesunder Thiere und analog gesunder Menschen für keimfrei erklärte, ein Ergebniss, das immerhin etwas Auffallendes haben und einen gewissen Widerspruch in sich bergen musste, wenn man sich überlegte, dass die innere Lungenoberfläche mit der stets mehr oder weniger Keime mit sich führenden Aussenluft in dauernder Berührung steht.

Neuerdings hat denn auch Dürck¹ gegen die bisherige Auffassung auf Grund überaus sorgfältiger Versuche entschiedene Stellung genommen. Während Klipstein² aus seiner gleichzeitigen Arbeit noch den Schluss

¹ H. Dürck, Studien über die Aetiologie und Histologie der Pneumonie im Kindesalter und der Pneumonie im Allgemeinen. *Archiv für klin. Medicin.* 1897. Bd. LVIII.

² E. Klipstein, Experimentelle Beiträge zur Frage der Beziehungen zwischen Bakterien und Erkrankungen der Athmungsorgane. *Zeitschrift für klin. Medicin.* 1898. Bd. XXXIV.

zieht, dass die Lungen, die Bronchien, Trachea, meist auch der Larynx gesunder Thiere (Kaninchen, Katze, Hund) unter gewöhnlichen Verhältnissen nahezu keimfrei sind und dieses Versuchsergebniss auch auf den Menschen überträgt, folgert Dürck, dass die Lunge nicht jenes keimfreie Organ darstelle, für welches sie gewöhnlich gelte, dass im Gegentheil auf der inneren Oberfläche sich häufig pathogene Keime fänden, die offenbar mit dem Luftstrom dahin gelangten.

Mit Recht betont Göbell¹, der mit Klipstein arbeitend zu ungefähr den nämlichen Resultaten gelangt wie dieser, dass man trotz verschiedener Einwände gegen die Dürck'schen Versuche, die auch Müller² erhoben, mit ihren Ergebnissen rechnen und eine Vermittelung zwischen den Dürck'schen und Klipstein'schen Resultate finden müsse. Er ist daher der Meinung, dass wohl einzelne Keime in die Lunge gelangen können, die dann wohl auch nachweisbar seien; dass aber nicht **stets** Keime in der Lunge vorhanden seien, vielmehr scheine es, dass die in geringer Anzahl in die Lunge gelangende Bakterien schnell eliminirt würden.

Dem gegenüber behauptet andererseits wiederum Barthel³, dass die Atmungsorgane des gesunden Kaninchens in der Regel als keimfrei anzusehen sind, dass entgegen den Resultaten Dürck's die Lungen gesunder Menschen auch fernerhin im Allgemeinen als keimfrei zu betrachten sind, dass dagegen die grösseren und mittleren Bronchien stets pathogene Keime enthalten (mit einer Ausnahme unter 22 Fällen).⁴

Auf Anregung des Hrn. Geheimrath Flügge suchte ich meinerseits zur Lösung dieser strittigen Frage beizutragen.

Als Einleitung, um mich in die nicht ganz einfache Technik einzuarbeiten, habe ich eine Anzahl aseptischer Obductionsen an Meerschweinchen und Kaninchen vorgenommen. Gleich hierbei zeigte sich die von den verschiedenen Autoren betonte Schwierigkeit in der Deutung der Resultate. Man findet einzelne Keime auf einer Platte, ohne dass man sagen könnte, ob dieselben aus dem betreffenden Organ stammen oder auf eine Luft-

¹ Göbell, Ueber die Infection der Lungen von den Luftwegen aus. *Inaugural-Dissertation*. Marburg 1897.

² F. Müller, Der Keimgehalt der Luftwege bei gesunden Thieren. *Münchener med. Wochenschrift*. 1897. Nr. 49.

³ Barthel, Ueber den Bakteriengehalt der Luftwege. *Centralblatt für Bakteriologie*. 1898. Nr. 11 u. 12.

⁴ Die Arbeit von Boni über das gleiche Thema (*Deutsch. Arch. f. klin. Med.* 1901. Bd. LXIX), die ungefähr zu denselben Resultaten gelangt wie meine vorliegende Untersuchung, erschien erst, nachdem letztere bereits zum Druck gegeben war.

infection zurückzuführen sind. Die Möglichkeit der letzteren liegt ja immer nahe, denn es bedarf einer ganzen Reihe von Handgriffen an dem Organstückchen von der Entnahme aus dem Thierkörper bis zur Vollendung der Agar- oder Gelatineplatte.

Wenn man den Hauser'schen¹ Ausführungen, dass negative Resultate in solchen Fällen mehr beweisen als positive, ohne Weiteres zustimmen kann, so fand ich doch nachträglich schon bei diesen Vorversuchen die von Müller² bei den Göbell- und Klipstein'schen Versuchen gemachte Wahrnehmung bestätigt, dass auf den Lungenplatten sich etwas häufiger Keime vorfanden als auf den von den anderen Organen — Leber, Milz und Niere — angelegten Platten.

Leider habe ich seiner Zeit diesem Punkte nicht die nöthige Beachtung geschenkt, da ich in der Erwartung, bei einer aseptischen Obduction gesunder Thiere die Organe keimfrei zu finden, eben jeden Keim als unerwünschte Verunreinigung ansah, nachdem auch Neisser³ bei 24 aseptischen Obductionen 21 Mal die Lungen seiner Versuchsthiere (Kaninchen, Meerschweinchen und Mäuse) völlig keimfrei gefunden hatte.

Um daher fernerhin die Luftinfectionen nach Möglichkeit auszuschalten, führte ich die folgenden Versuche in einem besonderen, für gewöhnlich nicht benutzten Zimmer aus, das einige Stunden vorher unter Verschluss gehalten wurde, um dem Luftstaub Zeit zum Absetzen zu geben. Um dies noch zu beschleunigen⁴, wurde zum Ueberfluss reichlich Wasser in offenen Kochtöpfen verdampft.

Es wurden zunächst 3 Hammel-, 3 Schweinelungen und 1 Kaninchenlunge auf ihren Keimgehalt untersucht.

Die Untersuchung geschah bei den Schlachtthieren⁵ in folgender Weise: Sofort nach Eintritt des Todes wurde die Trachea des Thieres freigelegt und mittels eines elastischen Bandes dicht unterhalb des Kehlkopfes unterbunden, da während der verschiedenen Hantierungen, die bis zur Eröffnung der Brusthöhle mit dem Thiere vorgenommen werden, ein Hinabfließen von Mundflüssigkeit in die Trachea sorgfältig verhindert werden musste. Hierauf wurden die Brustorgane zusammen mit der Trachea herausgenommen und hierbei ängstlich die Verletzung der Organe ver-

¹ Hauser, Ueber das Vorkommen von Mikroorganismen im lebenden Gewebe gesunder Thiere. *Archiv für experimentelle Pathologie u. Pharm.* 1885. Bd. XX.

² Müller, a. a. O.

³ Max Neisser, Ueber die Durchgängigkeit der Darmwand für Bakterien. *Diese Zeitschrift.* 1896. Bd. XXII.

⁴ Stern, Ueber den Einfluss der Ventilation auf in der Luft suspendirte Mikroorganismen. *Ebenda.* Bd. VII.

⁵ Für die lebenswürdige Unterstützung spreche ich Herrn Schlachthofdirector Schilling und Herrn Oberthierarzt Marschner meinen verbindlichsten Dank aus.

mieden. Nur solche Lungen sammt Trachea, wo dies völlig geglückt war, wurden weiter verarbeitet und zwar in folgender Weise: Aus jedem Lungenlappen wurde je ein 1 bis 2^{cem} grosses Organstückchen mit im Trockenschrank sterilisirten und jedes Mal erneuerten Instrumenten entnommen. Die Lungenoberfläche war an den betreffenden Stellen zuvor in grosser Ausdehnung mit dem Paquelin verschorft. Entsprechend wurde die Trachea eröffnet und Schleimhautstückchen abpräparirt. Die Organstückchen wurden in Petrischalen mit 10^{cem} Bouillon übertragen, mit flacher Zange nach Dürck's¹ Methode gehörig ausgequetscht und von der Bouillonauswaschung

1. je eine Platinöse auf einer Agarplatte ausgebreitet,
2. je 1^{cem} einer Maus unter die Rückenhaut gespritzt.

Ausserdem wurden Schleimausstriche von verschiedenen Stellen der Trachea und des Bronchialbaumes auf Schrägagar angelegt.

Versuch 1. Hammellunge.

9 Platten von Trachea, Bronchien, rechter und linker Lunge; ebensoviel Mäuse.

	1. Trachea oben:	1 Colonie (Heubacillen).
	2. Trachea unten:	1 Colonie (Kokken).
	3. Rechter Bronchus:	1 Colonie (Kokken).
	4. Linker Bronchus:	steril.
Rechte Lunge	5. Oberlappen:	2 Colonieen (Kokken).
	6. Mittellappen:	2 Colonieen (1 Heubacillen, 1 Kokken).
	7. Unterlappen:	2 Colonieen (1 Heubacillen, 1 Kokken).
Linke Lunge	8. Oberlappen:	1 Colonie (Kokken).
	9. Unterlappen:	3 Colonieen (Kokken).

Schleimausstriche auf Schrägagar.

Trachea oben:	verschiedene Kokkencolonieen.
Rechter Bronchiolus:	2 Colonieen (Kokken).
Linker Bronchiolus:	steril.

Die Mäuse blieben sämmtlich am Leben.

Versuch 2. Hammellunge.

	1. Trachea oben:	2 Colonieen (1 Kokken, 1 Stäbchen).
	2. Trachea unten:	steril.
Rechte Lunge	3. Oberlappen:	1 Colonie (Kokken).
	4. Mittellappen:	steril.
	5. Unterlappen:	1 Colonie (gelber Coccus).
Linke Lunge	6. Oberlappen:	steril.
	7. Unterlappen:	1 Colonie (Sarcine).

Schleimausstriche auf Schrägagar.

¹ A. a. O.
Zeitschr. f. Hygiene. XXXVIII.

Trachea unten: feine durchscheinende Colonieen (Diplokokken).
 Rechter Bronchiolus: steril.
 Linker Bronchiolus: steril.
 Sämmtliche Mäuse bleiben am Leben.

Versuch 3. Hammellunge.

	1. Trachea:	steril.
Rechte Lunge	2. Oberlappen:	steril.
	3. Mittellappen:	steril.
Linke Lunge	4. Unterlappen:	steril.
	5. Oberlappen:	steril.
	6. Unterlappen:	1 Colonie (Heubacillen).
	7. Unterlappen:	steril.

Schleimausstriche auf Schrägagar.

Trachea oben: mehrere Colonieen (Diplokokken, dieselben erwiesen sich als nicht pathogen für Mäuse).

Trachea in der Mitte: steril.
 Trachea unten: steril.
 Rechter Bronchus: steril.
 Linker Bronchus: steril.
 Rechter Bronchiolus: steril.
 Linker Bronchiolus: steril.

Von den Mäusen starben Nr. 5 und 7; die erstere an typischem Milzbrand; bei letzterer fanden sich im Ausstrich von Herzblut, Milz und Leber an malignes Oedem erinnernde Stäbchen, deren Fortzüchtung misslang.

Wie sich herausstellte, war die Infection beider Thiere eine zufällige, durch die ungenügend gereinigten Käfige vermittelt.

Versuch 4. Schweinelunge.

1. Trachea oben:	1 Colonie (gelber Coccus).
2. Trachea in der Mitte:	2 Colonieen (sporentragende Stäbchen und Streptothrix).
3. Trachea unten:	1 Colonie (Streptothrix).
4. Lunge:	steril.
5. Lunge:	steril.
6. Lunge:	1 Colonie (gelber Coccus).
7. Lunge:	1 Colonie (weisser Coccus).
8. Lunge:	1 Colonie (kurze Stäbchen).
9. Lunge:	8 Colonieen (1 <i>Sarcina lutea</i> , 7 kurze Stäbchen).
10. Lunge:	1 Colonie (gelber Coccus).

6 Schleimausstriche aus Trachea, grösseren und kleineren Bronchien sämmtlich steril.

Die Mäuse blieben sämmtlich am Leben.

Versuch 5. Schweinelunge.

1. Trachea oben: steril.
2. Trachea in der Mitte: steril.
3. Trachea unten: steril.
4. Lunge: steril.
5. Lunge: steril.
6. Lunge: steril.
7. Lunge: steril.
8. Lunge: 1 Colonie (Kokken).
- 9.¹ Lunge: zahlreiche Colonieen (Heubacillen und gelbe Kokken, letztere nicht pathogen für Mäuse).

Schleimausstriche auf Schrägagar.

1. Trachea: steril.
 2. Trachea: 2 Colonieen (gelbe Kokken).
 3. Bronchus: steril.
 4. Bronchus: steril.
 5. Bronchiolus: mehrere Colonieen (feine Stäbchen).
 6. Bronchiolus: zahlreiche Colonieen (Kokken).
 7. Bronchiolus: 1 Colonie (weisser Coccus).
- Sämmtliche Mäuse blieben am Leben.

Versuch 6. Schweinelunge.

Um einen Anhalt zu gewinnen, wie viel Keime auf Rechnung zufälliger Verunreinigungen zu setzen seien, wurde der Versuch so umgeändert, dass die eine (rechte) Lunge im Dampftopf 3 Stunden sterilisirt wurde. Die weitere Verarbeitung erfolgte unter Weglassung des Thierversuches in der bisherigen Weise.

Von den 12 Lungenplatten blieben

- | | |
|-----------------|--------------------------------|
| Platten 1 bis 5 | steril, dagegen fand sich auf |
| Platte 6 | 1 Heubacillus, |
| „ 7 | 1 weisser Coccus, |
| „ 8 | 1 Schimmelpilz, |
| „ 9 | 1 Sarcine, 1 Coccus, |
| „ 10 | 1 Sarcine, |
| „ 11 | 1 gelber und 1 weisser Coccus, |
| „ 12 | 1 Schimmelpilz. |

Diese verhältnissmässig grosse Keimzahl findet wohl ihre Erklärung darin, dass der Versuch aus äusseren Gründen nicht in dem bisherigen besonderen Zimmer, sondern im gemeinsamen Arbeitsraume stattfinden musste, in welchem durch Umhergehen u. s. w. Verunreinigungen leicht zu Stande kommen können.

¹ Auf Platte 9 war das Organstückchen selbst auf der Agaroberfläche ausgestrichen worden.

Die linke Lunge und Stückchen der Trachealschleimhaut wurden zu directen Verimpfungen auf Thiere verwendet. Es erhielten Kaninchen 1 und 2 je ein etwa 1^{cm} grosses Lungenstück in eine Tasche der Rücken-
haut, Maus 1 und 2 ein entsprechend kleineres Lungenstückchen und Maus 3 ein Stück Trachealschleimhaut ebenfalls unter die Rücken-
haut.

Von weiteren Verimpfungen wurde Abstand genommen, da sich die gesammte Trachea und gröbere Bronchien voll blutigen, wohl in der Agone hinabgeflossenen Schaumes fanden.

Kaninchen Nr. 1 frisst von Anfang an schlecht und stirbt nach 8 Tagen. Bei der Obduction finden sich die Darmschlingen durch frische Adhäsionen verklebt, eitrige Beläge auf allen Bauchorganen. Milz sehr stark vergrössert; Leber zeigt eine gelblich gesprenkelte Einziehung. Nieren stark hämorrhagisch. Untere Lungenpartieen hypostatisch. An der Impfstelle liegt das geschrumpfte Lungenstück; in der Umgebung eine trockene gelbe Infiltration. Mikroskopisch im Ausstrich vom Bauchfell plumpe, zu zweien liegende, wie Diplococcen aussehende Stäbchen. Aus dem Herzblut wuchsen zu Fäden auswachsende Stäbchen. Auf den von Milz und Impfstelle angelegten Platten hatte kein Wachsthum statt.

Kaninchen Nr. 2 stirbt nach 10 Tagen. Thier stark abgemagert; Bauchorgane normal, Milz nicht vergrössert. Rechter Unterlappen hypostatisch. Die Gegend der Impfstelle und deren Umgebung in weiter Ausdehnung (untere Rücken-, Glutacal-, untere Bauchgegend) ausserordentlich stark phlegmonös infiltrirt. Im Ausstrich sehr feine, oft zu zweien liegende Stäbchen. Auf den vom Herzblut und der Impfstelle angelegten Platten wuchsen plumpe, kurze, diplococcenähnliche Stäbchen, die unbeweglich waren und nach Gram sich nicht färbten.

Maus Nr. 1 stirbt nach 5 Tagen. Auf den von der Impfstelle und dem Herzblut angelegten Platten wuchsen die oben erwähnten kurzen Stäbchen.

Maus Nr. 3 stirbt nach 4 Tagen. An der Impfstelle etwas eitrige Infiltration. Auf den Platten wuchsen feine Kokken und schlanke lange Stäbchen.

Maus Nr. 2 bleibt am Leben.

Der Versuch ist in Folge des in die Bronchien hinabgeflossenen Sekretes nicht einwandsfrei.

Versuch 7. Kaninchenlunge.

Zur nochmaligen Controle verarbeitete ich eine Kaninchenlunge auf flüssige Nährböden. Das durch Nackenschlag getödtete Thier wurde nach Freilegung und Unterbindung der Trachea abgehäutet, nach Verschorfung der Brustwand mit dem Paquelin dieselbe abgetragen und Lungen und Trachea im Zusammenhang herausgenommen und in eine sterile Petrischale gelegt. Hierauf wurden

7 Lungenstückchen und

3 Stückchen Trachealschleimhaut

in ebensoviel Bouillonröhrchen übertragen und in den Brutschrank gestellt.

Nach 5 Tagen zeigte das 1. Lungenröhrchen reichliches Wachsthum von Schimmelpilzen, die übrigen 8 waren steril.

Gleichzeitig waren in der bisherigen Weise von der Bouillonauswaschung 6 Platten angelegt worden, von denen 3 steril blieben, die übrigen 3 je 1 Colonie (1 Streptothrix, 1 grosser Coccus, 1 feines Stäbchen) zur Entwicklung kommen liessen.

Ueberblickt man kurz die Ergebnisse dieser Untersuchungen, so fällt die im Allgemeinen geringe Ausbeute an Keimen auf. Zudem ist, wie die Controlversuche zeigen, sicherlich eine Anzahl derselben zufälligen, während der etwas umständlichen Manipulationen erfolgten Verunreinigungen zuzuschreiben.

Die Verimpfung auf Thiere, die von Dürck als unbedingt nothwendig gefordert wird, ist — bei Ausschaltung der Versuche 3 und 6 stets erfolglos geblieben.

Die Deutung des Gesammtergebnisses möchte ich für später aufschieben und vorerst über einige Versuche berichten, die ich über das Eindringen von Bakterien in die Lungen durch Einatmung von Tröpfchen und Staub anstellte.

a) Inhalationsversuche mit Tröpfchen.

Dass man durch Inhalation versprayerter bakterienhaltiger Flüssigkeiten Infectionen erzeugen könne, ist seit Langem bekannt (Koch, Buchner, Bollinger, Gebhardt, Preyss).¹ So konnte schon 1877 Tappeiner² durch Verspraying tuberculösen Sputums bei Hunden Miliartuberculose erzeugen. Versuche in dieser Richtung anzustellen, hätte sich daher föglich erübrigt, wäre es mir statt einer Infection an und für sich nicht

¹ Koch, *Mittheilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte*. 1884. Bd. II. — Buchner, Untersuchungen über den Durchtritt von Infectionserregern durch die intacte Lungenoberfläche. *Archiv für Hygiene*. 1888. Bd. VIII. — Bollinger, Ueber den Einfluss der Verdünnung und die Wirksamkeit des tuberculösen Giftes. *Münch. med. Wochenschrift*. 1889. — Gebhardt, Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der Verdünnung auf die Wirksamkeit des tuberculösen Giftes. *Virchow's Archiv*. 1890. Bd. CXIX. — Preyss, Ueber den Einfluss der Verdünnung und der künstlich erzeugten Disposition auf die Wirkung des inhalirten tuberculösen Giftes. *Münchener med. Wochenschrift*. 1891.

² Tappeiner, Die Erzeugung allgemeiner Miliartuberculose durch Einathmung zerstäubter phthisischer Sputa. *Wiener med. Presse*. 1877. — Ueber eine neue Methode, Tuberculose zu erzeugen. *Virchow's Archiv*. 1873. Bd. LXXIV. — Neue experimentelle Beiträge zur Inhalationstuberculose der Hunde. *Virchow's Archiv*. 1880. Bd. LXXXII.

vielmehr darauf angekommen, zu sehen, wie tief bakterienbeladene Tröpfchen mit dem Inspirationsstrom in die Athmungswege einzudringen vermochten.

Es galt, zu diesem Zweck eine leicht erkennbare und leicht wachsende Bakterienart auszuwählen, die für gewöhnlich nicht in den Athmungsorganen zu finden ist. Der *Prodigiosus* erwies sich hierfür um so geeigneter, als er in Folge seiner Kleinheit (Buchner¹) die Bildung sehr kleiner Tröpfchen ermöglicht, was nachweislich für deren Weitertransport von grösster Bedeutung ist.

Ausserdem musste die Versuchsanordnung den Einwänden begegnen, wie sie Grammatschikoff² und Buttersack³ gegen die Buchner'schen Versuche erheben, dass nämlich die Infection, da die versprayten Milzbrandkeime den Nasenrachenraum zu passiren hatten, durch Resorption von der mit einem so reichen lymphatischen Apparat ausgestatteten Schleimhaut derselben aus vermittelt sei.

Tödtete ich das Thier **unmittelbar** nach dem Versuch und untersuchte Trachea, Bronchien und Lungen segmentweise, so musste ich ein einwandsfreies Resultat erhalten.

Im Einzelnen erfolgte der Versuch derart:

Eine 24stündige, auf schrägem Glycerinagar gezüchtete *Prodigiosus*-cultur wird in 25 bis 30 ^{cem} 0.6 procentiger steriler Kochsalzlösung aufgeschwemmt und hieraus 10 Minuten lang mittels des Buchner'schen Sprays ein möglichst gleichmässiger Spraynebel unterhalten. (Leider habe ich versäumt, die Menge der versprayten Flüssigkeit, die mir jedes Mal durch ihre Geringfügigkeit auffiel, genauer festzustellen.)

Das Thier, im Versuch 1 ein Meerschweinchen, stak in einem Blechkasten, in dessen Stirnseite sich ein runder Ausschnitt für den Hals befand. Derselbe konnte nach Höhe und Durchmesser so gestellt werden, dass das Thier seine gewöhnliche Haltung einnehmen konnte, ohne jedoch den Kopf zurückziehen zu können.

Die Sprayöffnung befand sich 40 ^{cm} der Schnauze des Thieres gegenüber. Unmittelbar nach Beendigung des Versuches wurde das Thier durch Stich in die *Medulla oblongata* getödtet, der durch den Spray inficirte

¹ Buchner, Megele und Rapp, Zur Kenntniss der Luftinfection. *Archiv für Hygiene*. 1899. Bd. XXXVI.

² Grammatschikoff, Zur Frage über die Bedeutung der Lungen als Eintrittspforte für Infectionskrankheiten. *Arbeiten aus dem pathol. Institut Tübingen*. Bd. I.

³ Buttersack, Wie erfolgt die Infection der Lungen? *Zeitschrift für klin. Medicin*. Bd. XXIX.

Kopf in eine Sublimatcompreſſe gehüllt, das Thier aus dem Kasten entfernt, in eine Sublimatschüssel getaucht, wobei darauf geachtet wurde, dass ein Hinabfließen von Mundflüssigkeit in die Trachea nicht möglich war.

Letztere wurde hierauf freigelegt und mit einem Péan abgeklemmt. Sodann wurden, nach Freilegung und Abtragung der mit Sublimat gewaschenen, vorderen Brustwand, Lungen und Trachea im Zusammenhang herausgenommen und in eine sterile Petrischale gebracht. Von der Peripherie aus, am scharfen Lungenrand anfangend, wurde erst die Lunge, dann Hauptbronchus und Trachea in segmentarisch auf einander folgende Stücke zerlegt (beim ersten Versuch beide Unterlappen, später nur der rechte). Jedes derselben kam in ein Röhrchen mit 1^{cm} Bouillon, in dem es mit starker Platinnadel ausgequetscht wurde, sodann wurden hiervon Agarplatten gegossen; ausserdem Ausstriche von Nasenschleim auf Schrägagar angelegt.

Versuch I. Meerschweinchen.

Besichtigung der Platten nach 5 Tagen.

Rechter Unterlappen:

- Platte 1 (peripher): 9 Prodigiosuscolonieen, 3 davon wachsen aus dem Organstückchen heraus.
 „ 2: das Organstückchen ganz umwuchert, 41 freiliegende Colonieen.
 „ 3: „ „ „ „ 50 „ „
 „ 4 (mit Hauptbronchus): das Organstückchen ist ganz umwuchert, 105 freiliegende Colonieen.

Linker Unterlappen:

- Platte 1 (peripher): das Organstückchen ganz umwuchert, die Colonieen confluiren zum Theil, mindestens 70 freiliegende.
 „ 2: das Organstückchen ganz umwuchert, 82 freiliegende Colonieen.
 „ 3: „ „ „ „ 100 „ „

Trachea:

- Platte 1 (unten): Organstückchen ganz umwuchert, 25 freiliegende Colonieen.
 „ 2: „ „ „ 27 „ „
 „ 3: „ „ „ 53 „ „
 „ 4: „ „ „ 51 „ „

Controlplatten von Milz und Niere waren steril, die Ausstriche von Nasenschleim mit zahlreichen Prodigiosuscolonieen bewachsen.

Bei den folgenden Versuchen wurden statt des Meerschweinchen: Kaninchen verwendet. Der Spray wurde mit seiner Mündung 50^{cm} von der Schnauze des Thieres entfernt und 15^{cm} höher als diese angebracht, nachdem durch Versuche des Hrn. Dr. Matsuura am hiesigen Institut dieses Verhältniss als das Optimum der Spraywirkung ermittelt war.

Versuch II. Kaninchen.

Besichtigung der Platten nach 4 Tagen.

Rechter Unterlappen:

Platte 1 (peripher): 115 Prodigiosuscolonieen, einige wachsen aus dem Organstückchen heraus.

„ 2:	84	Colonieen,	einige	wachsen	aus dem	Organstückchen	heraus.
„ 3:	115	„	zahlreiche	„	„	„	„
„ 4:	125	„	„	„	„	„	„
„ 5:	125	„	„	„	„	„	„
„ 6:	57	„	„	„	„	„	„

Trachea:

Platte 1 (unten): 13 Prodigiosuscolonieen, Organstückchen ganz umwuchert.

„ 2:	25	„	„	„	„
„ 3:	15	„	wenige	am	Organstückchen.
„ 4:	4	„	Organstückchen	umwuchert.	
„ 5:	3	„	„	„	„

Auf den Ausstrichen von Nasenschleim zahlreiche Prodigiosuscolonieen.
Controlplatten von Milz und Niere waren steril.

Versuch III. Kaninchen.

Besichtigung der Platten nach 4 Tagen.

Rechter Unterlappen:

Platte 1: 17 Prodigiosuscolonieen, eine aus dem Organstückchen herauswachsend.

„ 2:	46	„	mehrere	„	„	„	„
„ 3:	110	„	„	„	„	„	„
„ 4:	15	„	„	„	„	„	„
„ 5 (Bronchus):	30	„	eine	„	„	„	„

Trachea:

Platte 1:	32	„	zwei	„	„	„	„
„ 2:	108	„	Organstückchen	umwuchert.			
„ 3:	150	„	„	„			

Auf den Ausstrichen von Nasenschleim zahlreiche Prodigiosuscolonieen.
Controlplatten von Milz und Niere waren steril.

Bedenkt man, wie gering das Athmungsvolumen der verwendeten Thiere ist, — nach Heymann¹ beträgt das der Meerschweinchen, 50 Athemzüge in der Minute angenommen, nur 75^{ccm}, somit während der 10 Minuten dauernden Inhalation im ganzen 750^{ccm} — und vergleicht die hierzu relativ hohe Keimzahl, die wir auf den Platten finden, so lehren uns diese Versuche, dass der Inhalationsstrom die in Tröpfchen

¹ Heymann, Ueber die Ausstreuung infectiöser Tröpfchen beim Husten der Phthisiker. *Diese Zeitschrift*. Bd. XXX.

schwebenden Bakterien bis in die feinsten Verzweigungen der Luftwege zu führen vermag, und dass dieser Transport mit grosser Leichtigkeit von statten gehen muss.

Schon die Infectionsversuche von Buchner und Enderlen¹ haben die ausserordentliche Energie des Eindringens bakterienbeladener Tröpfchen in die tieferen Athmungswege dargethan, allerdings ohne dass durch sofortige Culturen die Keimzahl direct festgestellt wäre. Immerhin konnten sie, trotzdem nach ihnen zum eigentlich wirksamen Spraynebel nur ein Bruchtheil der versprayten Flüssigkeit verwendet wird, nämlich nur 0.5 Procent, und das Thier innerhalb 30 Minuten nur 0.2^{ccm} der Bakterienaufschwemmung im Spraynebel inhalirt hatte, den Keimgehalt einer Kaninchenlunge auf 350 000 berechnen. Derartig starke positive Ausschläge können auch durch den Einwand der ausserordentlich geringen Athmungsintensität bei den Versuchsthieren nicht in ihrer Bedeutung geschmälert werden. Hat doch Flügge² in seinen Untersuchungen über Luftinfection gezeigt, dass Luftströme, deren Geschwindigkeit noch etwas unter 0.1^{mm} für die Secunde liegt, genügen, um feinste Tröpfchen weiter zu transportiren.

Ueber den Keimgehalt in den verschiedenen Höhen der Luftwege geben uns unsere Versuche leider kein anschauliches Bild. Man sollte erwarten, dass derselbe von oben nach unten rasch abnähme; die gefundenen Zahlen lassen sich aber nicht einfach vergleichen, dazu mussten die verwendeten Organstückchen gleich gross sein. Noch weniger ist ein solch directer Vergleich zwischen den in einem Lungen- und den auf einem Trachealschleimhautstückchen gefundenen Keimen möglich. Wir müssen uns da bei der Beurtheilung vor allem gegenwärtig halten, dass in der Lunge die Oberfläche gegenüber der der Trachea vervielfacht ist.

b) Inhalationsversuche mit Staub.

Wenn ich im Nachstehenden über 2 Inhalationsversuche mit bakterienhaltigem Staub berichte, so geschieht es bei den zahlreichen hierüber vorliegenden Erfahrungen (ich nenne nur die Arbeit Hildebrandt's³ nur zum Zweck des Vergleichs mit den Tröpfchenversuchen, und ferner um auch hier über die eingeschleppte Keimzahl unmittelbar nach dem Eindringen eine Vorstellung zu gewinnen.

¹ A. a. O.

² Flügge, Ueber Luftinfection. *Diese Zeitschrift*. 1897. Bd. XXV.

³ Hildebrandt, Experimentelle Untersuchungen über das Eindringen pathogener Mikroorganismen von den Luftwegen und der Lunge aus. *Ziegler's Beiträge*. 1888. Bd. II.

Natürlich wäre es wünschenswerth gewesen, Vergleichsversuche mit der nämlichen Bakterienart anzustellen. Doch liess sich dies mit *Prodigious* nicht ermöglichen, da er das zu solchem Verstäuben nöthige Austrocknen schwer erträgt.

Nach dem Vorgang von Stern¹ habe ich daher als leicht erkennbare Bakterienart *Megatherium* und zwar die Sporen desselben verwandt. Bezüglich der Herstellung des sporenhaltigen Staubes kann ich auf die betreffenden Vorschriften verweisen; wie sich herausgestellt hat, empfiehlt es sich, eine sauer reagirende Bouillon zu verwenden.

Der präparirte sporenhaltige Staub, dessen Keimgehalt durch Platten-cultur geprüft war, wurde aus einem Pulverbläser nach Kabierske gegen das Kaninchen verstäubt. Die allgemeine Versuchsordnung war wie oben. Es genügte, den Ballon alle 5 Secunden zu comprimiren, um den Kopf des Thieres in einer ständigen Staubwolke zu halten.

Nach ca. 10 Minuten wurde das Thier ganz enthäutet, die Section wie bei den früheren Versuchen vorgenommen, und statt der gewöhnlichen Agarplatten, nach Stern's Vorgange, Agar-Gelatineplatten gegossen und im Brutschrank bei 23° gehalten.

Versuch I. Kaninchen.

Das Thier machte während des Versuches mehrfach tiefe Athemzüge, sträubte sich heftig und versuchte den Kopf zurückzuziehen.

Besichtigung der Platten nach 6 Tagen.

Rechter Unterlappen:

Platte 1:	3	<i>Megatherium</i> colonieen,	1	wächst aus dem Organstückchen heraus.
"	2: 13	"	ca. 8	wachsen " " " "
"	3: 13	"	Organstückchen	dicht bewachsen.
"	4: 6	"	"	" "
"	5: 10	"	"	" "

Bronchus:

Platte 6:	7	"	mehrere am Organstückchen.
-----------	---	---	----------------------------

Trachea:

Platte 7:	2	"	1	"
"	8: 4	"	Organstückchen	frei.
"	9: 13	"	"	"

Controlplatten von Milz und linker Niere: in ersterer 1 *Megatherium*colonie.

Von 4 Ausstrichen von Nasenschleim wuchsen auf zweien *Megatherium*colonieen.

Obwohl man die Colonie auf der Milzplatte als zufällige Verunreinigung während des Versuchs wird zugeben können, war doch die Anordnung

¹ A. a. O.

desselben insofern fehlerhaft, als die Verstäubung des sporenhaltigen Materials und die nachstehende Verarbeitung von ein und derselben Person geschah. Trotz dazwischen vorgenommenen Mantelwechsels und gründlicher Säuberung lässt sich eine gelegentliche Uebertragung bei der ausserordentlichen Feinheit des verwendeten Staubes kaum vermeiden.

Der Versuch wurde daher in der Weise wiederholt, dass Verstäubung und Abhäutung von einem Collegen übernommen wurde, während mir die Weiterverarbeitung oblag.

Die Sprayentfernung wurde auf 60^{cm} vergrössert, da nach Ausweis der ausgelegten Controlplatten sich bei 50^{cm} in der Staubwolke noch vielfach gröbere Staubpartikelchen fanden.

Versuch II. Kaninchen.

Besichtigung nach 4 Tagen.

Rechter Unterlappen:

Pl. 1: 4 freiliegende Megatheriumcolonieen, 4 wachsen a. d. Organstückchen heraus.

„ 2: 4	„	„	mehrere	„	„	„	„
„ 3: 2	„	„	„	„	„	„	„
„ 4: 2	„	„	„	„	„	„	„
„ 5: 4	„	„	zahlreiche	„	„	„	„

Bronchus:

„ 6: 1 freiliegende	„	mehrere	„	„	„	„
---------------------	---	---------	---	---	---	---

Trachea:

„ 7: 4 freiliegende	„	„	„	„	„	„
„ 8: 1	„	„				
„ 9: 1	„	„				

Controlplatten von Milz und Niere: steril.

Von 4 Ausstrichen von Nasenschleim waren 2 positiv.

Wir sehen, dass also auch bakterienhaltiger Staub vom Inspirationsstrom bis in die Endverzweigungen der Luftwege getragen wird. Bemerkenswerth aber ist, dass die Zahl der aufgegangenen Colonieen hierbei eine wesentlich geringere ist als bei den Tröpfchenversuchen, obwohl die in der Umgebung des Thieres ausgelegten Controlplatten sich in beiden Fällen für die einfache Betrachtung als gleichmässig dicht bewachsen erwiesen. Es scheint darnach, dass die Tröpfchen eine grössere Fähigkeit haben, in die tiefen Luftwege einzudringen, vielleicht weil die Stäubchen, wie wir nach Flüge wissen, etwas grösserer Luftgeschwindigkeiten für ihren Transport bedürfen und möglicher Weise leichter an dem Schleim der Luftwege hängen bleiben. Ein genügender Beweis für diese Annahme wird aber erst durch weitere Versuche zu erbringen sein.

Dass der erste Versuch etwas stärker ausgefallen ist, ist ungezwungen auf die mehrfachen forcierten Athembewegungen des Thieres beim Versuch, den Kopf aus der Staubwolke zurückzuziehen, zu erklären; denn wenn schon der gewöhnliche ruhige Inspirationsstrom ausreicht, bakterienhaltige Tröpfchen oder Stäubchen bis in die Verzweigungen der Luftwege zu transportiren, so werden für die forcirte Athmung die Transportverhältnisse noch bei weitem günstiger liegen.

In weiterer Verfolgung dieses Gedankens musste sich sogar die Frage aufdrängen, ob nicht der forcirte Inspirationsstrom an sich im Stande sei, beim Passiren der oberen Luftwege von deren feuchter Oberfläche keimhaltige Tröpfchen abzulösen und in die Tiefe mit sich zu führen. Zur Beantwortung dieser Frage sollten noch einige Versuche angeschlossen werden. Da indess die Nase bei ihrem zähen Secret von vornherein wenig Aussicht auf das Gelingen des Versuches bot, so blieb nur der Ausweg, dem Thier die gewöhnliche Eingangspforte für den Athmungsstrom zu sperren und es so zu zwingen, durch den Mund, der günstigere Vorbedingungen gewährt, zu athmen.

Zu diesem Behufe wurden einem Kaninchen beide Nasenlöcher sorgfältig mit Watte tamponirt und obendrein mit Collodium abgedichtet. Dann wurde mit einem der zur Diphtherieentnahme gebräuchlichen Wattetupfer aus einem Prodigiosusröhrchen, in das wenige Tropfen Kochsalzlösung gegeben wurden, der Rasen abgestreift und im Mund des Thieres ausgewischt.

Demselben wurde nun mehrere Male die Trachea so lange zugedrückt, bis es Abwehrbewegungen machte, worauf es einige Male heftig nach Luft schnappte. Nach 5 Minuten wurde der Versuch beendet, das Thier durch Nackenstich getödtet und die Athmungsorgane wie bisher verarbeitet.

Die Besichtigung der Platten nach 3 Tagen ergiebt:

(Rechter Unterlappen)	Platte 1:	4 Prodigiosuscolonieen, eine am Organstückchen.
"	"	2:50 " mehrere am "
"	"	3: mehrere hundert Prodigiosuscolonien, zahlreiche am Organstückchen.
"	"	4: dicht besät mit feinen Colonieen, Organstückchen ganz überwuchert.
"	"	5: dicht besät mit feinen Colonieen, Organstückchen ganz überwuchert.
(Bronchus)	"	6: zahllose feinste Colonieen.
(Trachea)	"	7: }
"	"	8: } wie Platten 4 und 5.
"	"	9: }

Controlplatten von Milz und Niere waren steril.

Das Ergebniss übertraf die Erwartungen; von oben bis in die feinsten Verzweigungen der Luftwege finden wir die Prodigiosuskeime und nicht etwa vereinzelt, sondern die Mehrzahl der Platten ist dicht besät mit feinen Colonieen.

Damit ist der Beweis erbracht, dass beim Kaninchen forcirte, durch die Mundhöhle streichende Inspirationen aus dieser keimhaltige Tröpfchen loszulösen und in die tiefen Luftwege auszustreuen vermögen.

Es hat sich also gezeigt, dass unter gewissen günstigen Bedingungen feinste Stäubchen wie Tröpfchen und mit ihnen Bakterien bis in die tiefsten Lungenpartieen inhalirt werden können. Sehen wir nun, wie weit diese Versuche zur Klärung der Frage über den Keimgehalt der Lungen unter gewöhnlichen Verhältnissen dienen können.

Da den an menschlichen Leichen angestellten Untersuchungen von Besser,¹ Dürck,² Barthel³ unseres Erachtens ausserordentlich schwer wiegende, in der Natur der Sache begründete Fehler anhaften, wollen wir uns sogleich den Versuchsergebnissen an den Lungen grösserer Schlachthiere zuwenden.

Beobachtet man auf einem Gange über den Schlachthof, wie bei den üblichen Schlachtmethoden der Tod des Thieres erfolgt, so sieht man fast regelmässig demselben äusserst angestrengte, tiefe Inspirationen voraufgehen. Können wir uns denn wundern, wenn wir nun in der Lunge mehr oder weniger Keime finden, die entweder von aussen durch den angestregten Athmungsstrom in die Lunge transportirt — und auf einem Schlachthof wird sich stets reichliches Material hierfür vorfinden — oder erst aus Mund- und Rachenhöhle losgerissen und weiter nach abwärts verschleppt sind? Im Gegentheil, wir werden eine dem Grad und der Dauer der Agone entsprechende Keimzahl zu finden erwarten müssen. Je grösser das Thier, je mächtiger sein Inspirationsstrom, um so grösser ist ceteris paribus diese Wahrscheinlichkeit.

Ausserordentlich instructiv zeigt den Einfluss der Agone der Versuch 4 von Klipstein:⁴ Eine Katze wird mit Cyankali getödtet. Bald stellte sich eine krankhafte dyspnoische Athmung ein, es erfolgte mehrmaliges

¹ Besser, Ueber die Bakterien der normalen Luftwege. Ziegler's *Beiträge*. 1889. Bd. VI.

² A. a. O.

³ A. a. O.

⁴ A. a. O. S. 195.

Erbrechen, der Tod trat erst 5 Minuten nach dem Beginn der Dyspnoe ein. „Bei der Section wurde im Mund, im Pharynx, im Kehlkopf und im oberen Theil der Luftröhre Mageninhalt getroffen. Im übrigen zeigten die Respirationsorgane normales Verhalten.

Soweit der erbrochene Mageninhalt gelangt war, nämlich bis in den oberen Theil der Trachea, fanden sich reichliche Keime, vorwiegend einer Art, die gleichen Bakterien wurden im Mund und Pharynx angetroffen. Sie hatten sich also offenbar aus dem erbrochenen und aspirirten Mageninhalt entwickelt. — Aus der Trachea, soweit sie nicht durch Mageninhalt verunreinigt war, aus Bronchien und Lungen gingen nur spärliche Colonieen verschiedener Art an. Man wird nicht fehlgehen, wenn man ihre Entwicklung als Folge von zufällig stattgehabten Verunreinigungen ansieht.“

Ich habe mir gestattet, das Versuchsprotokoll zum grossen Theil wörtlich anzuführen, da ganz überzeugend daraus hervorgeht, dass es sich hier nicht um zufällige Verunreinigungen der tieferen Luftwege, sondern um Keime, die in Folge der dyspnoischen Athmung in dieselben gelangt sind, handelt.

Auch der Göbell'sche Versuch I,¹ bei dem ein Kaninchen nach subcutaner Einverleibung von 0.05 Pilocarpin unter starker Dyspnoe zu Grunde geht, gehört hierher. Sämmtliche Lungen- und Trachealplatten zeigten ziemlich reichliche Keime. Göbell selbst erklärt das Ergebniss dadurch, dass entweder Mundflüssigkeit in die Trachea hinabgeflossen oder aspirirt worden sei und wirft, ebenso wie Müller, den Versuchen Dürk's eine zu geringe Berücksichtigung dieser Fehlerquelle vor. Will man sich vor derselben schützen, so muss unmittelbar nach dem Tode die Unterbindung der Trachea vorgenommen werden, zumal mit den Cadavern grösserer Schlachthiere noch die verschiedensten Hantierungen vor der Herausnahme der Brustorgane vorgenommen werden. So hat Dürk grösstentheils (10 von 15) Schweine untersucht, die zunächst in den Brühkessel kommen, bevor sie aufgebrochen werden, und daher ein ganz besonders vorsichtig zu beurtheilendes Versuchsmaterial darstellen.

Wie weit mit den Chvostek-Egger'schen² Untersuchungen, nach denen Agonal-Bakterien in die Blutbahn und von da in alle Organe gelangen können, für unsere Versuche als mögliche Fehlerquelle zu rechnen

¹ A. a. O. S. 34 u. 35.

² Chvostek, Ueber die Verwerthbarkeit postmortaler bakteriologischer Befunde. *Wiener klin. Wochenschrift*. 1896. Nr. 49. — Chvostek und Egger, Ueber die Invasion von Mikroorganismen in die Blutbahn während der Agone. *Wiener med. Wochenschrift*. 1897. Nr. 3.

ist, darüber steht mir ein Urtheil nicht zu. Es sei immerhin auch auf diese Keimquelle hingewiesen.

Erheblich einfacher und günstiger als bei den Schlachtthieren liegen die Verhältnisse bei unsern kleinen Versuchsthiere. Zunächst dürfen wir, da wir sie durch Nackenschlag oder -stich eigentlich augenblicklich tödten können, durch Ausschaltung aller agonal aspirirten Keime von vorn herein in ihren Lungen weniger Keime erwarten. Zweitens aber wird bei dem geringen Athmungsvolumen dieser Thiere unter gewöhnlichen Umständen auch die Ausbeute an Mikroorganismen aus ihren Lungen gering sein. Selbstverständlich berechtigt uns diese Erwägung aber nicht, die vorgefundenen, auch noch so spärlichen Mikroorganismen schlechthin als Verunreinigung während des Versuchs aufzufassen; weder die Klipstein'schen Versuche¹ Nr. 2 und Nr. 5, noch das Ergebniss der Barthel'schen, der unter 3 Kaninchenlungen nur 1 keimfrei findet, trotzdem aber, auf Grund von M. Neisser's Versuchen folgerte, dass die Kaninchenlunge in der Regel als keimfrei anzusehen sei, lassen diesen Schluss gerechtfertigt erscheinen. Wir müssen vielmehr, falls nicht zwingende Gründe vorliegen, die vorgefundenen Keime zunächst als die Bewohner der Athmungsorgane betrachten.

Immerhin hat die verhältnissmässig geringe Keimzahl, die man auch in den Lungen der Schlachtthiere antrifft, etwas Befremdendes; a priori würde man bei der andauernden Möglichkeit, Keime einzuathmen, auch gewiss eine weit grössere Menge von ihnen erwarten. Wie ist nun dieser scheinbare Widerspruch zu erklären?

Es ist aus zahlreichen Untersuchungen² bekannt, dass dem Organismus eine ganze Reihe von Schutzvorrichtungen gegen das Eindringen von Keimen in die Luftwege zu Gebote stehen, die unter normalen Verhältnissen einen ausreichenden Schutz gewähren. Schon der Bau des Anfangstheils des Luftwegs, der Nasenhöhle mit ihren Taschen und engen Buchten, die mehrfache Knickung, welche die Wegrichtung erfährt, bieten reichlich Gelegenheit zum Abfangen von Keimen, die mit dem Inspirationsstrom eindringen, um so leichter, als ein zähes Secret die Schleimhautoberfläche bedeckt, das seiner chemischen Beschaffenheit nach kein günstiger Nährboden für Mikroorganismen ist. Die abgefangenen Keime werden entweder durch die an lymphatischen Elementen so reiche Schleimhaut aufgenommen oder durch die Thätigkeit des Flimmerepithels wieder eliminirt, von dessen Arbeitsleistung man sich aus den Angaben von Thompson und Hewlett³

¹ A. a. O. S. 194 u. 196.

² Litteratur bei Hildebrandt und Göbell.

³ S. C. Thompson and R. T. Hewlett, The fate of microorganisms in inspired air. *Lancet*. 1896. — Ref. im *Centralblatt für innere Medicin*. 1896. Nr. 27.

eine Vorstellung machen kann. Nach ihnen beträgt sie beim Frosch über 2.5 cm in der Minute und vermag beim Menschen die Nasenschleimhaut binnen 2 Stunden von eingebrachten Bakterienkulturen zu reinigen.

Erst wenn in diesen mehrfachen Schutzwall der oberen Luftwege eine Bresche gelegt ist, oder wenn die Zahl der Keime einen bestimmten Werth überschreitet oder allzu gesteigerte Anforderungen an die Athmung herantreten, gelangen Keime in die tieferen Luftwege.

Aber auch hier bleiben sie unter normalen Umständen nicht ungestört liegen und siedeln sich an, sondern sie treten durch die Lücken der Alveolarepithelien in das Saftcanalsystem derselben, gelangen in die Lymphgefäße und von da in die Bronchialdrüsen¹ — nach Arnold's² Untersuchungen erfolgt dieser Uebertritt sehr rasch, schon innerhalb weniger Stunden, — oder sie unterliegen, wie Grammatschikoff,³ Hildebrandt⁴ und Lähr⁵ zeigen, der vernichtenden Einwirkung des Lungengewebes selbst. So konnte der erstere eingebrachte Milzbrandbacillen oft schon nach 12 Stunden durch das Culturverfahren nicht mehr nachweisen.

Es folgt daraus, dass wir in den zu untersuchenden gesunden Lungen nur Keime zu finden erwarten dürfen, die verhältnissmässig kurz vor dem Tode hineingelangt sind; mit andern Worten, dass für den Keimgehalt der Lungen die äusseren Bedingungen, unter denen das Thier während dieser Zeit geathmet hat, ausschlaggebend sind.

Die Ergebnisse, die Barthel⁶ bei den Lungen seiner 2 Hunde fand, illustriren dies sehr schön. Er selbst sagt: „bei den 2 Hunden ist keine Lunge keimfrei geblieben. Die Zahl der Keime war so hoch, dass eine Verunreinigung während der Ausführung des Versuchs nicht gut angenommen werden kann. Wunderbar aber kann der Befund nicht erscheinen, nachdem die Hunde vor der Tödtung frei im Hofe umherliefen und sich hier besonders mit Aufwühlen des Erdbodens beschäftigten. Mit der Staubluft kamen auch Bakterien in die Luftwege.“

Hiermit glaube ich, ist der Standpunkt gefunden, von dem aus betrachtet die verschiedenen scheinbar sich widersprechenden Ergebnisse unter einen Gesichtswinkel fallen.

¹ Kälble, Untersuchungen über den Keimgehalt normaler Lymphdrüsen. *Münchener med. Wochenschrift*. 1899. Nr. 19.

² Arnold, *Untersuchungen über Staubinhalationen u. Staubmetastase*. Leipzig 1885.

³ A. a. O.

⁴ A. a. O.

⁵ Lähr, Ueber den Untergang des *Staphylococcus pyogenes aureus* in den durch ihn hervorgerufenen Entzündungsprocessen der Lunge. *Inaug.-Diss.* Bonn 1887.

⁶ A. a. O.

Wir sehen, dass die mit der Aussenluft in dauernder Berührung stehende Lunge kein an sich keimfreies Organ sein kann, wenngleich sie unter günstigen Umständen gelegentlich keimfrei gefunden wird; dass der Keimgehalt, von den verschiedensten Factoren abhängig, bald gering, bald erheblich ist; wir sehen aber auch, dass die gesunde Lunge nicht ohne weiteres eine Herberge oder ein Asyl für die eingebrungenen Bakterien darstellt.

Es erübrigt darnach, auf die Ergebnisse der Eingangs aufgeführten Versuche über den Keimgehalt im einzelnen näher einzugehen.

Uebertragen wir zum Schlusse das Ergebniss unserer Untersuchungen und Erörterungen auf die Verhältnisse beim Menschen:

Dass Bakterien beim Menschen in die tieferen Luftwege eindringen, wissen wir aus den Erfahrungen der Klinik und des Sectionstisches seit langem; dass der im Experimente beschrittene Weg auch beim Menschen gangbar sei, wird Niemand ernstlich in Zweifel ziehen. Bei ihm ist das zuführende Rohr weiter, die Stromgeschwindigkeit grösser, und mit dem Gesamtvolumen der eingeathmeten Luft — dieselbe beträgt nach Heymann mindesten das 100fache von dem eines Meerschweinchens — steigt auch die Menge der zum Eindringen in die Luftwege verfügbaren Keime.

Man bedenke nur, wie viele Menschen beruflich gezwungen sind, in bakteriell stark verunreinigter, staub- oder tröpfchenführender Luft ein gut Theil ihres Lebens zuzubringen! Hier versagen dann die Schutzvorrichtungen des Organismus, die dem Eindringen körperlicher Elemente in die tieferen Luftwege wehren sollen. Wie durch abnormen Keimgehalt der Luft, so kann diese Insufficienz der Schutzvorrichtungen auch auf einer krankhaften Schädigung der Luftwege selbst, worauf neuerdings, wie wir weiter unten noch ausführlicher berichten werden, besonders Birch-Hirschfeld¹ grossen Nachdruck gelegt hat, oder auf einer Aenderung des Athmungsmodus, wie der beschleunigten und forcirten Athmung beruhen.

Erinnern wir uns, dass es beim Kaninchen mit Leichtigkeit gelingt, durch forcirte Einathmung eine wahre Aussaat von in der Mundhöhle deponirten Keimen in die Lungen zu erzielen, so drängt sich von selbst die Parallele für den Menschen auf.

¹ Birch-Hirschfeld, Ueber den Sitz und die Entwicklung der primären Lungentuberculose. *Deutsches Archiv für klin. Medicin.* Bd. LXIV. S. 58.
Zeitschr. f. Hygiene. XXXVIII.

In seiner Mundhöhle beherbergt dieser eine durch ihren Artenreichtum bemerkenswerthe Bakterienflora, unter der sich auch regelmässig pathogene befinden. Wir haben gewissermassen in der dünnen Mundflüssigkeit, dem „Speichel“, eine Bakterienaufschwemmung vor uns.

Laschtschenko¹ hat durch seine schönen Versuche gezeigt, dass das Gebläse des Expirationsstroms schon beim Sprechen, im höheren Maasse beim Husten und Niesen auf die Mundflüssigkeit wie ein Spray wirkt, feinste bakterienbeladene Tröpfchen von ihr losreist und in die umgebende Luft hinaus schleudert.

Sollte das, was dem Expirationsstrom gelingt, dem Inspirationsstrom versagt sein?

Bei der praktischen Wichtigkeit der Frage möge es gestattet sein, etwas weiter auszuholen, um uns zunächst eine Vorstellung von der Geschwindigkeit des Luftstroms beim ruhigen Athmen zu verschaffen:

Nehmen wir an, dass der Mensch 500^{ccm} Luft bei jedem Athemzug einathme und 18 solcher in der Minute mache, so entfallen auf jeden einzelnen 3.3 Sekunden, auf das Inspirium allein, das sich nach Landois² zum Expirium wie 11:12 verhält, 1.573 Sekunden.

Während dieser Zeit passiren 500^{ccm}, während 1 Sekunde mithin 318.5^{ccm} Luft den Querschnitt des Athmungsrohrs. Da sich die Geschwindigkeit eines Luftstroms nach der Formel $\frac{\text{Volumen}}{\text{Querschnitt}}$ berechnet, wird sie am grössten an den engsten Stellen der Luftwege sein.

Solcher giebt es nach Hasse³ 3.

1. Die äusseren Nasenöffnungen.
2. Die hinteren Nasenöffnungen (Zwischenraum zwischen den Rändern der mittleren und unteren Muschel und der Nasensecheidewand).
3. Die Stimmritze.

Nr. 1 und 3 können wir uns nach Hasse als gleichschenkliges Dreieck vorstellen, und dessen Höhe 1.3^{cm}, dessen Basis 7^{mm}.

Nr. 2 als Trapez, dessen Höhe 1^{cm}, dessen Langseite 5^{mm} und dessen Kurzseite 3^{mm} beträgt.

Der Querschnitt von 1 und 3 wird darnach 45.5^{qmm}, von 2 40^{qmm} gross sein und die bezüglichen Geschwindigkeiten werden sich für den 1. Fall auf $\frac{318.5}{45.5} = 7.0$ m, für den 2. auf $\frac{318.5}{40} = 7.962$ m pro Sec. stellen.

¹ Laschtschenko. Ueber Luftinfection durch beim Husten, Niesen und Sprechen verspritzte Tröpfchen. *Diese Zeitschrift*. Bd. XXX.

² Landois, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*.

³ Nachstehende Angaben verdanke ich einer mir von Geheimrath Flügge überlassenen gütigen Privatmittheilung des Hrn. Geheimraths Hasse.

Das sind aber, wie Jeder eingestehen wird, überraschend hohe Werthe. Wenn nach Flügge¹ die unterste Geschwindigkeitsgrenze, bei der Tröpfchen von einer Wasserfläche losgelöst werden, bei nur 4^m liegt — dies entspricht der Geschwindigkeit eines mässigen, die Blätter der Bäume bewegenden Windes — so wird unser Inspirationsstrom, falls er an einer der genannten Stellen ein genügend dünnflüssiges Secret vorfindet, mit Leichtigkeit hiervon Tröpfchen ablösen und mit sich in die tiefsten Luftwege führen können.

Vielleicht ist die Wegege an der Stimmritze für unsere Zwecke von Bedeutung, während in der Nasenhöhle die Bedingungen für das Zustandekommen keimhaltiger Tröpfchen recht ungünstig sein werden. Erstens nämlich ist die Nasenschleimhaut, wie aus den Versuchen von Thompson und Hewlett² hervorgeht, überhaupt nicht sonderlich reich an Mikroorganismen, dann aber ist das Nasensecret auch vermöge seiner Zähigkeit wenig zur Tröpfchenbildung geeignet.

Ich will indess nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dass bei Erkrankungen der Nase die Verhältnisse sich ganz erheblich ändern können — so dürfte beispielsweise das dünne Secret, welches die Nasenschleimhaut im Anfangsstadium des Schnupfens absondert, sich für Tröpfchenbildung sehr gut eignen —, will jedoch, um die Frage nicht zu sehr zu compliciren, nur normale Verhältnisse berücksichtigen.

An einer anderen Stelle des Athmungsweges kommt indess eine Tröpfchenbildung leichter und wohl am leichtesten zu Stande, nämlich da, wo Verdauungs- und Athmungsweg zusammentreffen, in der pars oralis des Rachens. Aus der Mundhöhle, deren unmittelbare Fortsetzung sie ist, gelangt mit jeder Schluckbewegung der bakterienhaltige Speichel in sie. Da ihr Querschnitt bedeutend grösser ist als der an den 3 oben erwähnten Stellen, so bedürfen wir hier eines um so viel stärkeren Inspirationsstromes, um Tröpfchen erzeugen zu können. Ich glaube, dass die stark angestrengte Athmung im Stande ist, einen solchen zu erzeugen.

Hiermit ist aber die Möglichkeit der Tröpfchenbildung im Rachen nicht erschöpft. Jeder wird sich erinnern, im laryngoskopischen Bild gesehen zu haben, wie sich zwischen den beim Anlauten auseinanderweichenden Stimmbändern gelegentlich eine Schleimbrücke ausspannt, immer dünner ausgezogen wird und schliesslich birst. Ganz den gleichen Vorgang dürfen wir in unserer von den Gaumenbögen, der Uvula, hinteren Rachenwand und Zungenrücken begrenzten pars oralis erwarten. Alle diese Theile sind in fast dauernder Bewegung (beim Schlucken, Sprechen, Husten, Niesen,

¹ A. a. O.

² A. a. O.

Gähnen und bei angestrenzter Athmung), wobei sie sich bald aneinanderlegen, bald von einander entfernen. Hierbei werden sie die nämlichen Secretbrücken und -Membranen zwischen sich und über den Weg des Athmungsstroms ausspannen, die dieser zerreißen und zum Theil als feinste Tröpfchen mit sich fortführen wird.

Beim Exspirium wird demnach eine Verstreuerung von Tröpfchen nach aussen, beim Inspirium nach innen, in die tieferen Luftwege hinein erfolgen.

Bei dem Gehalt der Mundhöhle auch an pathogenen Keimen ergibt sich hieraus ihre Wichtigkeit für die Infection der Lungen.

Ich will mich beschränken und eines der praktisch geläufigsten Beispiele herausgreifen: Bei Phthisikern bleiben mit Sputumresten auch Tuberkelbacillen im Mund zurück, und anstatt nun für den Organismus unschädlich gemacht und nach aussen entfernt zu werden, sind sie befähigt, in Tröpfchen eingehüllt von neuem in die Lunge einzudringen und immer wieder neue Krankheitsherde zu erzeugen. Nicht mit Unrecht sprechen wir dann von einer „Aussaat“ der Krankheitserreger.

Wie schon oben betont, genügt die blosse Anwesenheit pathogener Bakterien in der Lunge noch nicht, um eine Infection hervorzurufen; wir müssen unbedingt an der Forderung der lokalen Disposition und damit an der Anschauung festhalten, dass erst beim Zusammentreffen beider die Infection erfolgt, zumal wir neueren Arbeiten Birch-Hirschfeld's¹ eine Klärung des eigentlichen Wesens der lokalen Disposition, wenigstens beim Menschen, verdanken. Derselbe hat nämlich durch sehr eingehende anatomische Studien des normalen Bronchialbaums gefunden, dass gewisse Bronchi mittlerer Grösse in den Lungenspitzen (besonders in der rechten) durch ihre ungünstige Lage zum Hauptbronchus und zu der Trachea ausserordentlich leicht der Ansammlung von Secret und von aussen hineingelangter Fremdkörper, z. B. auch infectiöser Staubchen, ausgesetzt seien und dann, besonders bei der häufig festgestellten kümmerlichen Entwicklung der betreffenden Aeste selbst bei sonst kräftigen Individuen, Infectionserregern leicht zur Ansiedlung dienen können. Eine Stütze findet diese Anschauung Birch-Hirschfeld's dadurch, dass er bei einer grösseren Reihe von Sectionen Verunglückter oder sonst plötzlich oder nach kurzer Krankheit Verstorbener thatsächlich als zufälligen Sectionsbefund in den betreffenden Bronchien primäre tuberculöse Herde

¹ Birch-Hirschfeld, Das erste Stadium der Lungenschwindsucht. *Bericht über den Congress zur Bekämpfung der Tuberculose als Volkskrankheit*. Berlin 1899. S. 213. — Ueber den Sitz und die Entwicklung der primären Lungentuberculose. *Deutsches Archiv für klin. Medicin*. Bd. LXIV. S. 58.

vorhand. Auch Birch-Hirschfeld hält die Herabsetzung der Widerstandsfähigkeit zunächst leicht abnorm veränderter Bronchien für eine wichtige Vorbedingung zur Ansiedlung der Tuberkelbacillen: „Der intakte Bronchialbaum bietet offenbar keine günstige Stätte für die Einnistung der Tuberkelbacillen,“ lautet einer seiner Leitsätze, und auch die übrigen Lungenparthieen haben ja, wie schon erwähnt wurde und allgemein anerkannt wird, eine Reihe erfolgreicher Schutzvorkehrungen.

Werden hierdurch auch der Infektionsgefahr wesentlich engere Grenzen gezogen, als es von vorn herein scheinen möchte, so ist sie nichts desto weniger vorhanden. Ich möchte den Vergleich mit dem unter der Asche glimmenden Funken nicht unterdrücken. Wie dort plötzlich der Feuerbrand auflodern kann, so kann in der Lunge mit einem Male eine schwere Infection ausbrechen durch Aspiration der in der Mund- und Rachenhöhle und in den oberen Luftwegen zufällig enthaltenen pathogenen Keime.
