

Fig. 30. Zelle mit großem, hellen Kern und Granoplasma.

Fig. 31. Zelle mit großem, dunklen Kern und Granoplasma.

Fig. 32—34. Bindegewebszellen mit eingeschlossenen intakten und degenerierten Plasmazellen.

Fig. 35, 38. Zellen aus einem Milchfleck.

Fig. 36, 37. Clasmatocyten.

Nähere Angaben finden sich im Texte. Aus technischen Gründen wurden in Fig. 17 die im Präparate grün erscheinenden Erythrocyten rot dargestellt, während die in Fig. 35—38 reproduzierten Zellen im Präparat (nach Heidenhain mit Eisenhämatoxylin gefärbt) bläulich-schwarz erscheinen.

## XII.

### Über Bazilleneinatmung.

Von

Dr. M. Saenger, Magdeburg.

(Mit 3 Figuren im Text.)

Wenn eingeatmete Bazillen im Einatmungsluftstrom schwebend in die Lungen eindringen, so dauert dieses Eindringen eben nur so lange, wie die Einatmung selbst dauert, d. h. etwa 1 bis 2 Sekunden; so werden ferner beim Hindurchstreichen durch die Luftwege die den Bazillen etwa anhaftenden schädlichen Eigenschaften in keiner Weise beeinträchtigt.

Wesentlich anders verhält es sich, wenn die eingeatmeten Bazillen im obersten Teil der Luftwege an deren Wandungen haften bleiben, von dort in die Lymph-, unter Umständen auch in die Blutbahnen aufgenommen werden und durch deren Vermittlung in die Lungen gelangen. Das Eindringen dauert nicht nur sehr viel länger auf diesem Wege als auf dem Luftwege, es ist auch für die fraglichen Eindringlinge ein ganz besonders gefährvolles. Sie können in einer Lymphdrüse haften bleiben und daselbst eine mehr oder weniger lange Zeit zurückgehalten werden. Dies kann sich wiederholen. Gehen sie hierbei nicht zugrunde, so können sie, wenn sie schließlich doch noch in die Lungen gelangen, durch die langdauernde innige Berührung mit der Lymphflüssigkeit in ihrer chemischen, physikalischen, biologischen Beschaffenheit derart verändert

sein, daß sie ihre ursprünglichen giftigen Eigenschaften gar nicht mehr oder nur noch in geringem Grade besitzen.

Das gleiche gilt selbstverständlich auch von den Bazillen, die auf andere Weise, z. B. durch die Nahrungsaufnahme, in das Lymphgefäßsystem und durch dieses hindurch in die Lungen gelangen.

Hieraus ergibt sich, daß, wenn in die Einatemungsluft gelangte Bazillen zugleich mit dieser in die Alveolen einzudringen vermögen, die dadurch bedingte Gefahr außerordentlich viel größer ist, als wenn sie auf dem Wege durch das Lymphgefäßsystem in die Lungen gelangen. Ist letzteres der Fall, so kann es, trotzdem jeder während seines Lebens un- gemein oft Gelegenheit hat, Tuberkelbazillen einzuatmen, nur verhältnismäßig recht selten zur Entstehung der Lungentuberkulose kommen. Die Furcht vor Bazilleneinatmung, welche seit Jahrzehnten wie ein Alp auf der zivilisierten Menschheit lastet, könnte dann als eine bei weitem übertriebene, als eine Art moderner Gespensterfurcht, und das Bestreben, möglichst alle Gelegenheiten zur Bazilleneinatmung aus der Welt zu schaffen, als ein ebenso vergebliches wie unnötiges Beginnen bezeichnet werden. Wir könnten dann unter Verzicht auf eine solche Danaidenarbeit unsere Verhütungsmaßregeln gegen die Ausbreitung der Tuberkulose darauf beschränken, einerseits die — eigentlich selbstverständliche — peinlichste Sauberkeit im Verkehr mit Tuberkulösen und bei Benutzung von ihnen stam- mender Gegenstände anzuraten, und andererseits den Organis- mus an sich schwächerer oder durch Krankheit geschwächerter Personen durch geeignete Maßnahmen zu kräftigen und dadurch gegen die krankmachenden Eigenschaften etwa eingedrungener Bazillen zu schützen.

Allein die Verhältnisse sollen keineswegs so günstig liegen. Es soll experimentell unwiderleglich erwiesen sein, daß Bazillen nicht nur überhaupt im Einatemungsluftstrom schwebend in die Lungen gelangen können, sondern daß sie auch ausschließlich oder fast ausschließlich auf diese Weise hineingelangen.

Betrachten wir jedoch die mitgeteilten experimentellen Tatsachen, auf welche diese Anschauung sich stützt, etwas ge- nauer, so ergibt sich, daß die Hekatomben von Kaninchen und

andern Versuchstieren, welche, um diese Tatsachen zu finden, auf dem Altar der Wissenschaft geopfert worden sind, vergeblich geopfert worden sind. Durch die in Frage kommenden Tierversuche ist nämlich nur bewiesen worden, was niemand bezweifelt: daß eingeatmete Bazillen unter besonders günstigen Umständen auch in die Lungen gelangen können, nicht aber: daß das Eindringen von Bazillen in die Lungen auf dem Luftwege mit keinen ungewöhnlichen Schwierigkeiten verbunden ist, und daß vor allen Dingen diese Art des Eindringens als die regelmäßige Art des Hineingelagens von Bazillen in die Lungen betrachtet werden darf bzw. muß.

Wenn wir eine bazillenhaltige Flüssigkeit zerstäuben und — von einem Versuchstier — inhalieren lassen, so kann es vorkommen, daß eine mehr oder weniger große Anzahl der eingedrungenen Tröpfchen, nachdem sie im obersten Teil der Luftwege an der Schleimhaut haften geblieben und untereinander sowie mit dem daselbst befindlichen Sekret zusammengefloßen, durch Aspiration in die tieferen Abschnitte des Atmungsapparats weiter befördert werden, d. h., daß sie infolge der ansaugenden Wirkung der Einatmung in zentripetaler Richtung auf der Schleimhaut entlang gleiten, anstatt wie zuvor im Luftstrom schwebend einzudringen. Selbstverständlich ist diese Art der Hineinbeförderung der inhalierten Flüssigkeit eine wesentlich langsamere, als es der Fall ist, wenn sie durch Inhalation hineinbefördert wird, d. h. in feiner Verteilung der Einatemungsluft beigemischt zugleich mit dieser eindringt. Trotzdem bewegt sich eine durch Aspiration auf der Schleimhaut entlang gleitende Flüssigkeit mit genügend großer Schnelligkeit,<sup>1)</sup> um bei der üblichen Dauer der Inhalationsversuche höchst bequem in die Alveolen gelangen zu können. Der Widerspruch, den Paul<sup>2)</sup> hiergegen erhebt, ist durch nichts begründet. Wer sich die Mühe nimmt, meinen in diesem Archiv Bd. 167 in meiner Arbeit „Zur Ätiologie

1) welche durch die zentrifugal wirkende Tätigkeit der Flimmerepithelien wenig beeinträchtigt wird.

2) Vergl. seine Arbeit: „Bakterieninvasion der Lungen durch die Inspirationsluft“ in der Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. 40, S. 468 u. ff.

der Lungentuberkulose“ beschriebenen Aspirationsversuch zu wiederholen, wird mir hierin beistimmen. Der höchst einfache Versuch bestand im wesentlichen darin, daß ich in das tiefer stehende Ende einer mäßig weiten Glasröhre mittels Pravazspritze eine bestimmte Menge Methylenblaulösung hineinbrachte und darauf an dem anderen Ende der Röhre mit mehr oder weniger großer Kraft sog. Die Schnelligkeit der durch die Aspiration hervorgerufenen Bewegung ist, wenn von dem Einfluß der mehr oder weniger großen Aspirationsintensität abgesehen wird, innerhalb gewisser Grenzen um so größer, erstens je größer die Menge der in Bewegung gesetzten Flüssigkeit, zweitens je enger das Glasrohr oder der Luftkanal ist, auf dessen Innenwand sie entlang gleitet. Beide die Schnelligkeit der durch Aspiration bewegten Flüssigkeit fördernde Umstände sind aber vorhanden bei den Inhalationsversuchen mit zerstäubter bakterienhaltiger Flüssigkeit. Bei der ungeheuren Menge der mit der Einatemungsluft eindringenden Tröpfchen schlägt sich sehr bald eine beträchtliche Menge der inhalierten Flüssigkeit an den Wandungen des Mundes und des Rachens bzw. der Nase und des Rachens nieder. Bei der Kleinheit der in der Regel benutzten Versuchstiere müssen deren Luftkanäle, und zwar auch unter diesen die größeren, recht enge sein.

Daß tatsächlich durch Aspiration in wenigen Minuten staubförmige Körperchen, welche zusammen mit einer reichlichen Flüssigkeitsmenge sich auf der Innenwand der oberen Luftwege befinden, in die Lungen befördert werden können, vermochte ich dadurch festzustellen, daß ich einem in horizontaler Rückenlage auf einem Brett festgebundenen Kaninchen in Wasser suspendiertes Lycopodiumpulver in die Trachea einspritzte. Bei der von Herrn Dr. Goerdeler, Assistenzarzt des Herrn Geheimrat Aufrecht, vorgenommenen mikroskopischen Untersuchung der Lungen des 8 Minuten nach der Einspritzung getöteten Tieres ergab sich, daß ein recht beträchtlicher Teil des Lycopodiums bis in die Alveolen einzudringen vermocht hatte.

Übrigens ist auch noch von anderer Seite die Möglichkeit, daß nichtzerstäubte Flüssigkeit unter sonst gleichen Bedingungen, also auch in der gleichen Zeit wie bei den fraglichen Inhalationsversuchen in alle möglichen Teile der Lungen

aspiriert werden kann, experimentell bewiesen worden. Merkwürdigerweise ist dieser Beweis — allerdings unabsichtlich — von einem ebenso überzeugten als experimentell gewandten Anhänger der Inhalationstheorie geliefert worden, nämlich von Paul. Dieser Autor beschreibt in seiner bereits zitierten Arbeit eine Anzahl von Versuchen, in denen er stark bakterienhaltiges Material, das durch Zusatz von Seifenschaum oder auf andere Weise in eine schaumige Masse verwandelt war, in die Mundrachenhöhle von Versuchstieren brachte und dieselben nach einer bestimmten Versuchsdauer tötete. Das darauf festgestellte Hineingelangen einer beträchtlichen Anzahl von Keimen in die Lungen der Versuchstiere soll nun dadurch zu erklären sein, daß beim Zerplatzen bakterienhaltiger Schaumblasen unter dem Einfluß kräftiger inspiratorischer Luftstöße<sup>1)</sup> sich feinste Tröpfchen gebildet hätten und in die tiefsten Lungenabschnitte verschleudert worden seien. Daß vereinzelte Tröpfchen auf diese Weise vom Einatmungsluftstrom losgerissen und eine Strecke weit fortgeführt werden können, soll als möglich zugegeben werden. Allein, daß diese Tröpfchen fein genug waren, um bis zum Eindringen in die Lungen sich in der Einatmungsluft schwebend zu erhalten, und daß sie zahlreich genug waren, um die Menge der in die Lungen eingedrungenen Keime zu erklären, ist eine höchst willkürliche, wenig wahrscheinliche Annahme. Bekanntlich läßt sich eine feine Zerstäubung nur bei ganz dünnflüssigem Material erzielen, während zähflüssiges Material — und Paul bezeichnet ausdrücklich das von ihm benutzte als zähflüssig — eine besonders feine Zerstäubung nicht gestattet. Überdies läßt sich eine Zerstäubung, welche Tröpfchen von derartiger Feinheit liefert, daß diese letzteren unter besonders günstigen Umständen zugleich mit der Einatmungsluft in die Lungen gelangen könnten, in so einfacher Weise, wie es in den zuletzt erwähnten Versuchen der Fall sein soll, nicht erzielen. Sonst wären die ebenso komplizierten als teuren modernen Zerstäubungsapparate nach Wasmuth, Bulling u. a. durchaus überflüssig. Der Erklärungsversuch, den Paul hier vorbringt, ist eben eine durchaus in der Luft schwebende, zum

<sup>1)</sup> l. c. S. 489.

Teil mit bekannten physikalischen Tatsachen im Widerspruch stehende Hypothese.

Weit besser lassen sich demgegenüber die fraglichen Versuchsergebnisse in der Weise erklären, daß einzelne Teile des bakterienhaltigen Schaums aspiriert wurden. Dies ist um so wahrscheinlicher, als — wie sich sehr leicht mittels Glasröhre feststellen läßt — die Aspiration einer Flüssigkeit dadurch, daß sie in Schaum<sup>1)</sup> verwandelt wird, nicht nur nicht beeinträchtigt, sondern vielmehr noch begünstigt wird.

Daß etwa auch unter anderen Umständen, als wie sie bei Inhalationsversuchen mit zerstäubter bazillenhaltiger Flüssigkeit künstlich geschaffen sind, in die Einatemungsluft gelangte Bazillen, nachdem sie an der Schleimhaut der oberen Luftwege haften geblieben, durch Aspiration in die Alveolen befördert werden, ist nur unter folgenden Bedingungen möglich: nämlich, wenn a) reichliches, nicht zu zähflüssiges Sekret vorhanden, b) die Inspirationsintensität größer als die Expirationsintensität ist, sei es infolge von Anstrengung, sei es infolge von krankhafter Atemnot.

Soll also durch Inhalationsversuche mit zerstäubter bazillenhaltiger Flüssigkeit der Beweis erbracht werden, daß inhalierte Bazillen in größerer Anzahl zugleich mit der Einatemungsluft in die Lungen einzudringen vermögen, so muß die Möglichkeit, daß die nach Beendigung des Versuchs in der Lunge und den kleinsten Bronchien gefundenen Bazillen durch Aspiration hineingelangt sind, mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Dies ist jedoch in keinem Fall geschehen.

Nur in ganz schüchterner Weise ist versucht worden, die Möglichkeit der Aspiration dadurch auszuschließen, daß angedeutet wurde, die Inspiration sei nicht intensiver gewesen als die Expiration. Alle darauf hindeutenden Angaben sind indes ohne jede Beweiskraft. Einerseits fehlt jeder Hinweis darauf, in welcher auf Exaktheit Anspruch machenden Weise festgestellt wurde, daß die Einatmung nicht stärker war als die Ausatmung. Als ein solcher Hinweis kann die Angabe, daß auf

1) Schaum darf nicht mit Flüssigkeit in zerstäubtem Zustand verwechselt werden. In Schaum verwandelte Flüssigkeit hat sich in eine Anzahl mehr oder weniger kugelförmiger Membranen verwandelt.

„tunlichste“ Fernhaltung vertiefter Inspirationen geachtet wurde, nicht betrachtet werden. Andererseits muß man annehmen, daß die ungewöhnliche, zum Teil höchst qualvolle Lage, in welche die Versuchstiere versetzt waren, daß ferner auch die Ansammlung ungewöhnlich reichlicher Flüssigkeit in den oberen Luftwegen infolge der an deren Wandungen sich niederschlagenden Tröpfchen und eine dadurch bedingte Kurzatmigkeit zu tieferen Inspirationen Veranlassung geben mußten.

Bei den Inhalationsversuchen mit bazillenhaltigem trockenen Staub ist die Möglichkeit, daß eingeatmete Bazillen, nachdem sie in den oberen Luftwegen an der Schleimhaut haften geblieben, durch Aspiration in die Alveolen befördert werden, eine erheblich geringere, als dies bei der Einatmung bazillenhaltigen feuchten Staubes (= zerstäubter Flüssigkeit) der Fall ist. Aber vorhanden ist diese Möglichkeit trotzdem. Der eingeatmete trockene Staub kann nämlich, nachdem er gegen die Schleimhaut angeprallt und daselbst haften geblieben, bei Anwesenheit von reichlichem, nicht zu zähflüssigem Sekret zugleich mit diesem bzw. mit Teilen desselben aspiriert werden (vergl. die Ausführungen im vorigen Abschnitt S. 270f.). Das Vorhandensein eines solchen Sekrets kann durch Katarrh bedingt sein, es kann auch die Folge einer durch den Reiz des eingeatmeten Staubes hervorgerufenen akuten Hypersekretion sein. Daß durch akute Hypersekretion in kürzester Zeit ungewöhnlich reichliche Sekretmengen produziert werden können, weiß jeder, der das Entstehen eines Asthmaanfalls öfter zu beobachten Gelegenheit hatte. Deshalb ist es auch ratsam, ja notwendig, um die Möglichkeit der Aspiration mit einiger Sicherheit ausschließen zu können, Inhalationsversuche mit trockenem Staub auf eine möglichst kurze Dauer zu beschränken.<sup>1)</sup> Bei der ungeheuren Menge der bei derartigen Versuchen in die obersten Luftwege hineingelangenden Staubteilchen müßte doch eigentlich ein beträchtlicher Bruchteil derselben schon in wenigen Atemzügen mit der Einatemungsluft in die Alveolen eindringen, wenn eben ein derartiges Eindringen so leicht vor sich gehen könnte, wie von mancher Seite angenommen wird!

<sup>1)</sup> Das gleiche gilt übrigens — der Grund liegt auf der Hand — auch von Versuchen mit zerstäubter Flüssigkeit.

Von besonderer Wichtigkeit ist es ferner, ob das Versuchstier unmittelbar nach dem Versuch getötet und untersucht wird, oder ob man es noch mehrere Wochen oder Monate am Leben läßt, um den eingedrungenen Bazillen Gelegenheit zu geben, bestimmte krankhafte Veränderungen in den Lungen hervorzurufen. Ist das zweite der Fall, so fehlt dem erzielten Versuchsergebnis jede Beweiskraft aus dem Grunde, weil ja die eingeatmeten und etwa an den Rachenwandungen haften gebliebenen Bazillen während der längeren Zwischenzeit zwischen dem Versuch und der Tötung des Tieres recht gut durch Vermittlung der Lymph- und Blutbahnen in die Lungen gelangt sein konnten. Daß solches möglich ist, daß in die Rachenhöhle durch Einatmung oder auf andere Weise gelangte Bazillen durch die Lymphbahnen aufgenommen und in die Lungen befördert werden können, lehren in vollkommen einwandsfreier Weise die von Aufrecht in seiner jüngst veröffentlichten Schrift: „Über die Lungenschwindsucht“<sup>1)</sup> S. 12 und 13 beschriebenen Versuche: Es wurden bei 7 Kaninchen tuberkulös-käsige Massen im Halse bzw. in der Gegend der Mandeln leicht verrieben. Wenn bei einigen dieser Versuchstiere mehrere Monate darauf deutliche tuberkulöse Veränderungen in den Lungen gefunden wurden, so läßt sich dieser Befund doch nicht etwa dadurch erklären, daß bei der Verreibung der tuberkulösen Masse im Halse der Versuchstiere eine Anzahl Tuberkelbazillen eingeatmet und von dem Einatemungsluftstrom in die Lungen verschleppt wurden! Eine solche Erklärung wäre noch weniger statthaft als die oben besprochene Erklärung, die Paul seinen Inhalationsversuchen mit der in einen schaumigen Zustand versetzten bazillenhaltigen Flüssigkeit anfügt. Das Nächstliegende und Naturgemäße ist vielmehr, anzunehmen, daß die in den Rachen der Versuchstiere gebrachten Bazillen von dort in die Lymphbahnen und durch diese hindurch in die Lungen gelangten.

In anderer, jede Möglichkeit eines Irrtums ausschließenden Weise ist der experimentelle Beweis, daß in den Lymphstrom eingeführte Bazillen von diesem in die Lungen weiterbefördert werden können, bekanntlich durch von Behring geführt worden

<sup>1)</sup> Fabers Verlag, Magdeburg 1904.



(vergl. dessen „Leitsätze betreffend die Phthiseogenese beim Menschen und bei Tieren“, Berl. klin. Wochenschr. 1904, Nr. 4).

Aber warum sollen denn nicht überall dahin, wohin die Einatemungsluft zu gelangen vermag, ebensogut auch staubförmige Beimengungen derselben gelangen können, sofern sie nur von genügender Feinheit, also etwa ebensogroß oder nicht erheblich größer als Tuberkelbazillen sind? Es sind in erster Linie physikalische Gründe, welche dagegen sprechen, und zwar solche, welche auch derjenige zu würdigen vermag, der auch nur die elementarsten Gesetze der Physik kennt.

Eines der hier in Betracht kommenden Gesetze ist zunächst das Trägheits- oder Beharrungsgesetz. Diesem Gesetz zufolge ändern eingeatmete Staubteilchen ihre Bewegungsrichtung beim Hindurchstreichen durch die Luftwege, wenn diese ihre Verlaufsrichtung ändern, nicht jedesmal genau entsprechend dem neuen Verlauf derselben. Tritt auch eine Abweichung von der bisherigen Bewegungsrichtung ein, so ist doch diese Abweichung anfangs eine durchaus geringfügige und wird nur allmählich größer. Die Folge davon ist, daß die eingeatmeten Staubteilchen bei jeder der so ungemein häufigen Verlaufsänderungen der Luftwege in ausgedehntem Maße gegen deren Wandungen anprallen und daselbst haften bleiben.

Daß dies nicht etwa bloß graue Theorie ist, läßt sich mit Hilfe nicht zu weiter Glasröhren, welche zickzackförmig gebogen sind, experimentell leicht feststellen, wie ich dies in meinen Arbeiten in der Münch. med. Wochenschr. 1901, Nr. 21 und diesem Archiv Bd. 164 dargelegt habe. Nur ziehe man bei Bewertung der Versuchsergebnisse in Betracht,<sup>1)</sup> daß zunächst trockener Staub am Glas nicht haftet, so daß, um ein Haftenbleiben zu ermöglichen, die Innenwand der Glasröhre, etwa durch Hineinhauchen, zuvor mit einem feuchten Überzug versehen werden muß, was jedoch nur recht unvollkommen gelingt; daß ferner Wasser nur sehr schwer an Glas haftet, so daß also die gegen die einzelnen Teile der Innenwand der Röhre anprallenden Tröpfchen einer wässrigen Farbstofflösung zum größten Teil wieder abprallen; daß dagegen schließlich die Innenwände der Luftwege wegen ihres zusammenhängenden,

<sup>1)</sup> was Paul z. B. nicht tut.

schleimigen Überzugs ein Haftenbleiben der anprallenden Staubteilchen in weit höherem Grade ermöglichen, als dies bei Glasröhren jemals der Fall ist.

Trotzdem vermag man auch bei Benutzung von Glasröhren Versuchsergebnisse zu erzielen, welche die hier in Frage kommende Wirkung des Beharrungsvermögens auf staubförmige Beimengungen der Einatemungsluft in deutlichster Weise zu veranschaulichen geeignet sind. Dies ist in ganz besonders hohem Grade der Fall, wenn man mit Zigarrenrauch experimentiert. Auf folgende Weise läßt sich dies höchst bequem



Fig. 1.

ausführen: Man füge in die eine Mündung einer zweihalsigen Wulffschen Flasche von etwa  $\frac{1}{2}$  Liter Inhalt eine Zigarre oder Zigarette luftdicht ein, zünde sie an und sauge an der anderen, offenen Mündung der Flasche, bis sich diese dicht mit Zigarrenrauch gefüllt. Nachdem sich der Zigarrenrauch etwas abgekühlt, sauge man ihn mit einiger Kraft durch eine etwa 2 mm weite, zickzackförmig gebogene Röhre hindurch an. Das Ergebnis ist dann, daß sich — in abnehmender Stärke — an jeder bzw. hinter jeder Biegungsstelle ein deutlicher Niederschlag bildet (vergl. Fig. 1), welcher ein Gemisch von Nikotin<sup>1)</sup> und unendlich feinen Kohlenteilchen darstellt.

Dieser Versuch ist auch deswegen von besonderer Bedeutung, weil er lehrt, daß die in Rede stehende Wirkung des Trägheitsgesetzes auch bei der denkbar feinsten Staubart in deutlichster Weise zur Geltung kommt. Ist doch Zigarrenrauch außerordentlich viel feiner als der mit den besten modernen Zerstäubern erzeugte Flüssigkeitsstaub, dessen einzelne Tröpfchen wiederum kleiner sind als Tuberkelbazillen u. dergl.

Übrigens gehorcht ja selbst die atmosphärische Luft, wie ich in einem in meiner Arbeit „Zur Ätiologie der Lungen-

<sup>1)</sup> Dasselbe scheidet sich beim Erkalten des Rauchs in Form mikroskopisch kleiner, zähflüssiger Tröpfchen aus.

schwindsucht“ (Dieses Archiv Bd. 167) beschriebenen Versuch festgestellt habe, in ausgesprochenster Weise der Wirkung des Beharrungsgesetzes!

Ein anderes, jedem Gebildeten bekanntes Gesetz ist das Gesetz vom Parallelogramm der Kräfte. Dieses Gesetz gelangt nun jedesmal zur Geltung, wenn die mit Staub beladene Einatemungsluft aus einem Bronchus in die aus ihm entspringenden sekundären Bronchien übergeht. Hierbei erhalten nämlich unmittelbar vor der Verzweigungsstelle sämtliche in der Atemungsluft schwebende Staubteilchen zugleich Bewegungs-

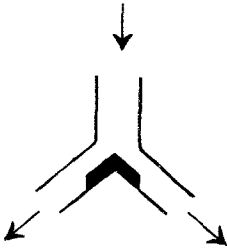


Fig. 2.

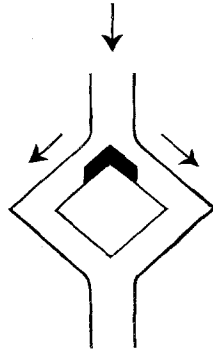


Fig. 3.

impulse in der Richtung eines jeden der beiden sekundären Bronchien. Die Folge davon ist, daß die Staubteilchen gegen die Berührungskante der innen gelegenen Wände der sekundären Bronchien oder gegen die in der Nähe dieser Berührungskante gelegenen Wandteile getrieben werden. Da nun die Staubteilchen auch noch durch die Wirkung des Beharrungsgesetzes gegen diese Kante und die angrenzenden Wandteile getrieben werden, so müssen sie folglich in ausgedehntestem Maße daselbst gegen die Schleimhaut anprallen und haften bleiben.

Auch die eben besprochene Wirkung des Gesetzes vom Parallelogramm der Kräfte läßt sich ohne erhebliche Schwierigkeit mit entsprechend geformten Glasröhren und unter Benutzung von Zigarrenrauch aufs deutlichste veranschaulichen. Ich ließ vom Glasbläser 6 etwa 2 cm lange und 2 mm weite

Glasröhrchen in der Weise, wie sie auf nebenstehender Fig. 3 angegeben ist, verbinden. Führt ich nun das eine der beiden freien Röhrchen in die mit Zigarrenrauch gefüllte Wulffsche Flasche ein und sog kräftig an dem anderen freien Röhrchen, so bildete sich der auf der Abbildung angedeutete Niederschlag und zwar nur auf der der Flasche zugekehrten Seite des Glasmodells.

Nun könnte man einwenden: die hier in Frage kommenden Wirkungen des Gesetzes der Trägheit und des Gesetzes vom Parallelogramm der Kräfte werden im wesentlichen dadurch wieder aufgehoben, daß infolge von Luftstauungen an allen Biegungs- und Verzweigungsstellen der Luftwege ein Anprallen der nicht in den periphersten Schichten der Einatmungs- luft befindlichen Staubeilchen gegen die Schleimhaut unmöglich sei. Daß aber derartige Luftstauungen das Anprallen auch der nicht in den periphersten Schichten der Einatemungs- luft befindlichen Staubeilchen gegen die Schleimhaut nur wenig zu behindern vermögen, lehrt folgender Versuch.

Einen mit Zigarrenrauch gefüllten Politzerschen Ball verband ich durch einen Schlauch mit einer Glasröhre, deren freies Ende ich durch einen Wattepfropf verschloß. Drückte ich nun den Ball zusammen, so erhielt der in die Röhre hineinragende Teil des Wattepfropfs sofort eine braune Färbung. Trotzdem sich also die ursprünglich in der Röhre befindliche Luft infolge der aus dem Politzerschen Ball hereindringenden erheblich größeren Luftmenge unmittelbar vor der Watte staute, so vermochte dennoch die hierdurch entstehende sehr erhebliche Luftstauung das Hindurchdringen der Rauchteilchen nicht zu verhindern.

Auch aus folgendem Versuch ergibt sich, daß der Einwand von der Verhinderung des Anprallens in der Einatemungs- luft schwebender Staubeilchen gegen die Schleimhäute der Luftwege durch Luftstauungen wenig stichhaltig ist. Ich schüttete durch die eine Öffnung einer Wulffschen Flasche eine Anzahl Schnitzel von rotem Lakmuspapier auf den Boden der Flasche, fügte in dieselbe Öffnung luftdicht eine Röhre ein, welche nur etwa zur Hälfte in die Flasche hineinragte, verband diese Röhre mit einer anderen Wulffschen Flasche, welche zu  $\frac{2}{3}$  mit

Salmiakgeist gefüllt war, und brachte schließlich die andere, bis dahin noch freie Öffnung der ersten Wulffschen Flasche mit einer Saugvorrichtung in Verbindung. Setzte ich nun diese Vorrichtung in Tätigkeit, so färbten sich die am Boden der ersten Flasche befindlichen Lakmuspapierschnitzel, soweit sie in der Verlängerung der zuführenden Röhre gelegen waren, sofort blau.

Der eben mitgeteilte Versuch zeigt ferner, daß nicht bloß staubförmige, sondern auch gasförmige Beimengungen der Luft der Wirkung des Trägheitsgesetzes in ausgesprochenstem Maße unterworfen sind.

Um nun auf die vereinte Wirkung dieses Gesetzes und des Gesetzes vom Parallelogramm der Kräfte auf eingeatmete Staubteilchen zurückzukommen, so kommt sie um so eher zur Geltung, je enger die Luftwege werden. Denn je geringer der Kanaldurchmesser wird, um so eher bringt jede durch diese Gesetze bewirkte Abweichung der Bewegungsrichtung von der Kanalachse die hindurchstreichenden Staubteilchen in Berührung mit der Kanalwand.

Die Hindernisse, welche dem Eindringen eingeatmeter Staubteilchen in die Lungen im Wege sind, nehmen also auch hiernach, je weiter die Staubteilchen in die Luftwege hineingelangen, um so mehr zu.

Eingeatmete Bazillen haben demnach außerordentlich wenig Aussicht, zugleich mit der Einatmungsluft in die feineren Luftwege und die Alveolen einzudringen. Sind sie durch die Mundhöhle, an dem Gaumensegel, den Gaumenbögen, den Mandeln vorbei, oder durch die Nasenwege in den Rachen gelangt, sind sie dem Schicksal entgangen, an dem Kehldeckel, den Taschen- und Stimmbändern haften zu bleiben, und durch den Engpaß der Stimmritze hindurch in die Luftröhre eingedrungen, so haben sie damit noch keineswegs die größten Hindernisse, welche ihrem Vordringen in der Richtung auf die Alveolen im Wege sind, überwunden! Diese Hindernisse werden vielmehr, wie oben dargelegt worden ist, um so größer und zahlreicher, je tiefer die Bazillen mit der Einatmungsluft in den Luftröhrenbaum hineingelangen!

Wenn es nun auch bei einem Laboratoriumversuch gelingen

sollte, in einwandfreier Weise nachzuweisen, daß von den zur Einatmung gelangten Bazillen wirklich eine Anzahl in die Lungen im Luftstrom schwebend einzudringen vermocht hat, so wird sich doch auch bei sorgfältiger Prüfung stets ergeben, daß diese Anzahl im Verhältnis zu der Zahl der überhaupt zur Einatmung gelangten Bazillen eine ganz verschwindend geringe ist. Denn nur bei ganz ungeheurer Menge in der Luft schwebender Bazillen ist die Möglichkeit vorhanden, daß einige von ihnen zugleich mit der Einatemungsluft in die Alveolen gelangen.<sup>1)</sup> Eine solche Möglichkeit ist aber außer in Laboratoriumversuchen niemals vorhanden.

Als experimenteller Beweis für diese Deduktion mag zunächst die Tatsache angeführt werden, daß ich bei einigen Inhalationsversuchen mit gebrannter Magnesia und Lycopodium<sup>2)</sup> festzustellen vermocht habe, daß im Verhältnis zu der Menge der überhaupt in die Einatemungsluft der Versuchstiere gelangten Staubteilchen nur ein ganz verschwindend geringer Bruchteil dieser Staubteilchen bis in die Alveolen gelangt ist.

In gleichem Sinne läßt sich ferner die Entstehungsgeschichte der sogenannten Staubinhalationskrankheiten verwerten: Wer öfter Gelegenheit hat, Arbeiter zu behandeln, welche in einer reichlich mit Kohlenstaub erfüllten Luft zu arbeiten gezwungen sind, weiß, daß in deren Nasen- und Rachenhöhlen innerhalb weniger Stunden sich die Schleimhaut mit einer vielfach recht dicken Schicht von Kohlenstaub bedeckt findet. Gelangte aber auch nur annähernd so viel Kohlenstaub in der gleichen Zeit in die Alveolen, so müßten diese in kürzester Zeit für die Atmung völlig ungeeignet werden, oder es müßte, wenn nicht der Tod durch Erstickung einträte, innerhalb weniger Tage zu einer schweren Erkrankung der Lungen kommen. Die Erfahrung lehrt jedoch, daß eine so reichliche Kohlenstaubablage-

<sup>1)</sup> Die gleiche Ansicht äußert unter Bezugnahme auf meinen in der Münch. med. Wochenschr. 1901, Nr. 21 veröffentlichten Aufsatz Emmerich in seiner in derselben Zeitschrift (1901, Nr. 21) veröffentlichten Arbeit „Vergleichende Untersuchungen über die Leistungen verschiedener Inhalationssysteme“.

<sup>2)</sup> Diese Versuche habe ich zum Teil ebenfalls in Gemeinschaft mit Herrn Dr. Goerdeler ausgeführt.

rung in den Lungen, die eine ernstere Erkrankung zur Folge hat, erst nach Jahr und Tag zustande zu kommen pflegt.

Hieraus folgt, daß im Verhältnis zu den in die Einatemungsluft gelangten Kohlentelchen nur eine unendlich kleine Menge dieser Kohlentelchen im Luftstrom schwebend bis in die Alveolen einzudringen vermag.<sup>1)</sup> Hieraus folgt ferner, daß, da doch die Zahl der Bazillen, die bei irgend einer durch das Leben gegebenen Gelegenheit eingeatmet werden können, niemals der ungeheuren Menge von Staubteilchen gleichkommt, die ein „Staubarbeiter“ nicht bloß vorübergehend, sondern dauernd einzuatmen gezwungen ist, daß die Wahrscheinlichkeit in Wirklichkeit gleich Null ist, daß auf dem Luftwege in die Lungen gelangte Bazillen jemals eine Erkrankung der Lungen verursachen können.

Das Ergebnis der vorstehenden Ausführungen läßt sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Daß das Eindringen von Bazillen in die Lungen ausschließlich oder fast ausschließlich auf dem Luftwege stattfindet, ist bisher nicht bewiesen worden.

2. Die Zahl der bei Laboratoriumversuchen wirklich in die Lungen inhalierten Bazillen ist im Verhältnis zu der Zahl der überhaupt inhalierten, aber an den Wandungen der oberen Luftwege haften gebliebenen Bazillen eine unendlich geringe.

3. Dagegen vermögen durch Einatmung mit der Nahrung oder sonstwie<sup>2)</sup> in die Mundrachenhöhle gelangte Bazillen recht gut in genügender Menge mit dem Lymphstrom in die Lungen einzudringen, um eine Erkrankung derselben herbeizuführen.

Wie bekanntlich von von Behring dargetan ist, soll auch in frühestem Lebensalter die Möglichkeit vorhanden sein, daß in den Magen gelangte Bazillen von dort durch den Lymphstrom in die Lungen verschleppt werden können.

1) Der Einfachheit halber mag die Möglichkeit der Aspiration von Kohlentelchen mit dem in den in Frage kommenden Fällen nicht krankhaft vermehrten Bronchialsekret unberücksichtigt bleiben.

2) durch beschmutzte Gebrauchsgegenstände, durch unsaubere Finger (Volland) usw.

4. Das Eindringen von Bazillen in die Lungen kann demnach keineswegs ausschließlich oder fast ausschließlich auf dem Luftwege stattfinden. Es muß vielmehr angenommen werden, daß ein derartiges Eindringen von Bazillen in die Lungen, wenn es überhaupt vorkommt, jedenfalls ein höchst seltenes Vorkommnis ist.

Daß auch noch andere Gründe gegen die Richtigkeit der Hypothese, daß eine bakterielle Invasion der Lungen in der Regel auf dem Luftwege zustande komme, geltend gemacht werden, ist bekannt. Einer der schwerwiegendsten dieser Gründe scheint mir der zu sein, daß, wenn diese Hypothese richtig wäre, in Anbetracht der enormen Häufigkeit der Gelegenheiten zur Einatmung von Tuberkelbazillen die Zahl der Erkrankungen an Lungentuberkulose außerordentlich viel größer sein müßte, als es tatsächlich der Fall ist, ja daß dann sogar die gesamte Menschheit eigentlich längst an dieser Krankheit zugrunde gegangen sein müßte, zumal doch die Tuberkuloseverhütungsmaßregeln nach Cornet und Flügge erst seit wenigen Jahrzehnten empfohlen und angewandt werden.

Dieser Widerspruch zwischen Theorie und Erfahrung soll bekanntlich durch die Annahme, daß zur Erkrankung an Lungentuberkulose nicht bloß der Kochsche Bacillus, sondern auch eine besondere „Disposition“ gehöre, in befriedigender Weise beseitigt werden!

Nun ist, wenn man den Umstand, daß nicht jede Aufnahme von Tuberkelbazillen in einen bestimmten Teil der Lymphbahnen zur Lungentuberkulose führt, durch eine individuell verschiedene Disposition erklärt, eine solche Erklärung sehr wohl annehmbar. Wir wissen, daß in den Lymphstrom gelangte Bazillen in Lymphdrüsen haften bleiben und daselbst längere Zeit, ja sogar dauernd zurückbehalten werden können. Wir wissen, daß die Lymphe eine für Bazillen keineswegs indifferente Flüssigkeit ist. Wir wissen, daß die Beschaffenheit der Lymphe eine recht wechselnde sein kann. Wir können schließlich im Anschluß an moderne bakteriologische Theorien annehmen, daß durch die langdauernde Anwesenheit einge-drungener Bazillen in den Lymphbahnen Zeit und Gelegenheit zur Bildung spezifischer antitoxischer Substanzen gegeben ist. Wenn man also annimmt, daß nur in einer bestimmten Zahl



von Fällen durch die individuelle, von vorn herein oder durch Krankheit erworbene Eigenart der Lymphbahnen und der Lymphflüssigkeit eine Disposition zur Erkrankung an Lungenschwindsucht vorhanden sei, so läßt sich in diesem Fall mit dem Wort „Disposition“ ein konkreter Begriff verbinden.

Solches aber ist nicht der Fall, wenn man sich hartnäckig an die Inhalationshypothese anklammert.

Daß die Beschaffenheit der Luftröhrenwandungen auf in der Einatmungsluft schwebende und mit dieser hindurchstreichende Bazillen irgendwelchen fördernden und hemmenden Einfluß auszuüben vermag, wird wohl schwerlich jemand annehmen. Es bleibt also nichts übrig, als die „Disposition zur Lungenschwindsucht“, sofern sie zur Ergänzung der Inhalationstheorie dienen soll, durch die Annahme zu erklären, daß es von der chemischen und biologischen Eigenart des Lungengewebes abhängt, ob etwa eingedrungene Tuberkelbazillen ihre giftigen Eigenschaften zu entfalten vermögen oder nicht. Ob aber eine solche Annahme zutrifft oder nicht, dies zu beurteilen fehlt uns jeder Anhalt. Ob und in welcher Weise die Beschaffenheit des Lungengewebes die spezifischen Eigenschaften eingedrungener Tuberkelbazillen zu beeinflussen vermochte, das wissen wir einfach nicht.

Daß durch eine derartige Annahme, welche sachlich durch nichts begründet ist und ihr Dasein nur dem Umstand verdankt, daß sie dazu bestimmt ist, den Widerspruch zwischen der Erfahrung und der Inhalationshypothese zu verdecken, die letztere um nichts wahrscheinlicher wird, ist klar. In dieser Weise, d. h. indem die Mängel der einen Hypothese durch eine andere nicht minder mangelhafte Hypothese zu verdecken gesucht wird, kann eben unser Naturerkennen — und die Medizin gehört doch schließlich auch zu den Naturwissenschaften — in keiner Weise gefördert werden. Dies lehrt in eindringlichster Weise das Beispiel der spekulativen Philosophie, durch deren Studium wir zwar erfahren, wie sich die Welt in den Köpfen einiger großer und kleiner Denker malt, dagegen herzlich wenig Aufklärung darüber erhalten, wie die Welt wirklich beschaffen ist.

---