

der Schleimhaut, welcher mit Incisionen von innen oder gar von der Haut her nicht beizukommen ist“. (Vergl. Senator in der Discussion über seinen Vortrag.) Aber diese Unmöglichkeit, das Leiden chirurgisch anzugreifen, ist m. E. lediglich durch die ungünstigen anatomischen Verhältnisse bedingt. Die histologisch und ätiologisch gleichen Zustände an der Haut, namentlich des Rumpfes oder der Extremitäten, können, obwohl auch hier von eitriger Schmelzung nicht die Rede ist, sehr wohl durch das Messer des Chirurgen beeinflusst werden und, wenn auch nicht regelmässig, geheilt werden. Uebrigens sind auch bei den in Rede stehenden Affectionen des Pharynx Einschnitte durch die ödematöse Mucosa gemacht worden, und die Berechtigung hierzu ist die gleiche, wie bei der Behandlung der analogen Erkrankungen von Haut und Unterhautgewebe.

VII.

Zur Aetiologie der Lungen-Tuberculose.

Von

Dr. M. Saenger in Magdeburg.

Können Tuberkel-Bacillen enthaltende, feste oder flüssige Staubtheilchen oder auch isolirte Tuberkel-Bacillen, welche vom Einathmungs-Luftstrom erfasst sind, in diesem schwebend bis in die Lungen-Alveolen gelangen?

Diese theoretisch wie praktisch hochwichtige Frage lässt sich allein mit den Hilfsmitteln der Bakteriologie nicht befriedigend beantworten. Dazu bedarf es vielmehr noch der Feststellung der mechanischen Bedingungen, von denen das Eindringen staubförmiger Beimengungen der Athmungsluft in die tieferen und tiefsten Abschnitte des Athmungsapparates abhängt.

In meinen Arbeiten „Zur Aetiologie der Staub-Inhalations-Krankheiten“¹⁾ und „Ueber die Inhalation zerstäubter Flüssig-

¹⁾ Dieses Archiv, Bd. 164, Heft 2.

keit“¹⁾ habe ich diese Bedingungen festzustellen versucht. Der Inhalt der beiden Arbeiten ist kurz folgender:

Die Luftwege bilden ein System von theils an sich gekrümmten, theils winklig gegen einander geneigten, unterhalb des Kehlkopfs beständig enger werdenden Canälen. Streicht nun durch diese Canäle in Folge der inspiratorischen Ausdehnung des Thorax ein von Aussen hereindringender Luftstrom hindurch, in welchem eine mehr oder weniger grosse Menge von Staubtheilchen suspendirt ist, so weicht die von den letzteren beschriebene Bahn erheblich von der Richtung der jedesmaligen Canal-Achse ab. Diese Bahn ist nemlich eine Resultante aus der bisher innegehabten Bewegungs-Richtung, in welcher die Staubtheilchen in Folge des Trägheitsgesetzes zu verharren bestrebt sind, und der Richtung der neuen Bewegungs-Impulse, welche sie an jeder Biegungsstelle der Luftwege erhalten. Die Folge davon ist, dass sie gleich hinter der ersten Biegungsstelle zum wesentlich grösseren Theil gegen die auf der convexen Seite der Biegung gelegene Wand anprallen und, da diese feucht ist, an ihr haften bleiben. Dies wiederholt sich bei jeder weiteren Biegung, indem von dem Rest des etwa noch im Luftstrom schwebenden Staubes wiederum der grössere Theil an der auf der convexen Seite der Biegung gelegenen Wand haften bleibt. Schliesslich schlägt sich auf diese Weise der gesammte in der Einathmungsluft ursprünglich vorhanden gewesene Staub an den Wandungen der Luftwege nieder.

Das Anprallen und Haftenbleiben eingeathmeter Staubtheilchen an den Wänden der Luftwege wird natürlich durch die zunehmende Enge der letzteren in zunehmendem Maasse begünstigt. Denn je enger die Luftwege sind, um so eher bringt ja eine Abweichung von ihrer Achse die hindurchstreichenden Staubtheilchen in Berührung mit ihren Wänden.

Die Richtigkeit dieser theoretischen Deduction veranschaulichte ich mir in folgender Weise:

1. Ich liess durch eine zickzackförmig gebogene Glasröhre, — die Winkelgrösse betrug $100-110^\circ$ —, für die Dauer mehrerer Secunden möglichst warmes Wasser hindurchlaufen, was zur

¹⁾ Münch. med. Wochenschr., 1901, No. 21.

Folge hatte, dass sich ihre Innenwand ziemlich gleichmässig mit Feuchtigkeit bedeckte. Darauf steckte ich in das eine Ende der wagerecht gehaltenen Röhre einen ebenfalls wagerecht gehaltenen Ohrtrichter, in welchen ich zuvor eine Prise sehr fein gepulverten Tannins hineingeschüttet hatte. Sog ich jetzt kräftig an dem anderen freien Ende der Röhre, so mischte sich der aufwirbelnde Tanninstaub zunächst dem durch sie hindurchstreichenden Luftstrom bei. Hinter der ersten Biegung der Röhre jedoch schlug er sich zum erheblich grösseren Theil an deren, auf der convexen Seite der Biegung gelegenen Wand nieder. Dies wiederholte sich hinter jeder folgenden Biegung, soweit eben der hineingesogene Tanninstaub sich noch im Luftstrom schwebend erhielt.

2. Das Ergebniss war das gleiche, wenn ich zerstäubte Methylenblau-Lösung durch einen mehrfach gewundenen Gummischlauch hindurchsog.

In Uebereinstimmung hiermit steht die bekannte Thatsache, dass durch die Nase eingeathmeter Staub, falls dieselbe normal beschaffen ist, vollständig oder fast vollständig gegen deren Wandungen anprallt und daselbst haften bleibt, und dass ferner durch den Mund eingeathmete zerstäubte Flüssigkeit zum allergrössten Theil sich am Velum, an den Gaumenbögen und der Rachen-Hinterwand niederschlägt¹⁾.

Nach alledem hielt ich mich für berechtigt, die Ansicht auszusprechen, dass in der Einathmungsluft schwebende Staubtheilchen nicht sehr weit in den Bronchialbaum einzudringen vermögen.

Sind diese Ausführungen zutreffend, so gelten sie selbstverständlich auch für Bacillen-haltige, feste oder flüssige Staubtheilchen, bezw. auch für isolirt in der Luft schwebende Bacillen.

Man könnte gegen diese Deductionen einwenden, dass nur verhältnissmässig schwere Staubtheilchen beim Hindurchstreichen durch die Luftwege in dem Maasse dem Gesetz der Trägheit gehorchten, dass sie bald früher, bald später, jedenfalls vor dem Eindringen in die kleinen Bronchien, gegen die Schleimhaut an-

¹⁾ Vgl. meine Arbeit in der Münch. med. Wochenschr, 1901, No. 21.

prallten, dass dagegen mikroskopisch kleine Staubtheilchen kaum in merklicher Weise in ihrer Bahn von jenem Gesetz beeinflusst würden.

Ein solcher Einwand wäre jedoch durchaus hinfällig.

Wie sich nemlich aus folgenden Beobachtungen, die von jedem leicht nachgeprüft werden können, ergibt, wird die Bewegung auch der allerwinzigsten Staubtheilchen, ja sogar die Bewegung der Luft selbst bei einer Aenderung der Bewegungs-Richtung in ganz hervorragend hohem Grade durch die Wirkung des Trägheits-Gesetzes beeinflusst.

3. Eine zweihalsige Wulf'sche Flasche, deren Höhe etwa 11 cm, deren oberer Durchmesser etwa 9 cm betrug, versah ich mit zwei durchbohrten Gummipfropfen. In den einen steckte ich eine oberhalb desselben rechtwinklig abgebogene, unterhalb desselben mehrere cm weit in die Flasche hineinragende Glasröhre. In den anderen steckte ich eine etwa 12 cm lange conisch geformte, sonst geradlinige Glasröhre mit der weiteren Mündung nach oben so weit hinein, dass ihre untere Mündung etwa in einem Abstand von 5 cm vom Boden sich befand.

In die obere Oeffnung dieser Röhre steckte ich jetzt eine angezündete Cigarette und sog dann kräftig an der äusseren Oeffnung der anderen, rechtwinklig gebogenen Röhre. Das Ergebniss war, dass der aus der unteren Mündung der geraden Röhre hervordringende Tabakrauch sich in geradlinigem Strahl, welcher die directe Fortsetzung der Röhre zu bilden schien, gegen den Boden der Flasche bewegte und daselbst mit grosser Vehemenz anprallte. Erst nachdem er den Flaschenboden berührt hatte, bewegte er sich gegen die untere Mündung der anderen Röhre, bezw. verbreitete er sich auch in den übrigen Theil der Flasche.

Das Ergebniss war auch das gleiche, wenn ich die conische Röhre sammt Pfropfen entfernte, mit Tabakrauch füllte und nun ohne Cigarette wieder in den offenen Flaschenhals steckte. Auch hierbei bewegte sich der aus der fraglichen Röhre hervordringende Tabakrauch in gerader, die Fortsetzung der Röhrenachse bildenden Linie gegen den Boden der Flasche.

Um die Bedeutung dieses Versuchs gebührend zu würdigen,

ziehe man die enorme Kleinheit der Rauchtheilchen in Betracht, da von ihnen durch einen Puff aus einer Cigarette viertausend Millionen in die Luft befördert werden¹⁾.

4. Ich goss in die Flasche so viel Wasser hinein, dass dasselbe in einer einige mm hohen Schicht den Boden bedeckte. Sog ich nun, während die conische Röhre weder durch eine hineingesteckte Cigarette, noch sonst wie verschlossen wurde, an der äusseren Oeffnung der rechtwinklig gebogenen Röhre, so vertiefte sich das Niveau der Flüssigkeit an der in der geradlinigen Fortsetzung der conischen Röhre gelegenen Stelle bis auf den Boden der Flasche. Die daselbst befindlichen Flüssigkeitstheilchen wurden von dem aus der zuletzt genannten Röhre hervordringenden Luftstrom nach allen Richtungen auseinandergeschleudert.

Diesen Versuch modificirte ich noch in folgender Weise: Die oberhalb des Pfropfens rechtwinklig gebogene Röhre verlängerte ich mittels eines übergestreiften Schlauchstückes durch eine ebenfalls rechtwinklig gebogene Röhre nach unten in der Weise, dass sich deren untere Mündung etwa 3 cm unterhalb und seitwärts von der unteren Mündung der conischen Röhre befand. Das Versuchs-Ergebniss war hierbei das gleiche, wie bei der ursprünglicher Versuch-Anordnung. Die in der Verlängerung der conischen Röhre befindlichen Wassertheilchen wurden durch den aus dieser Röhre hervordringenden Luftstrom hinweggedrängt, wenn an der äusseren Mündung der anderen Röhre gesogen wurde.

Zu dieser in so ausgeprägter Weise sich bemerklich machenden Wirkung des Beharrungs-Gesetzes kommt noch ein anderer, in meinen beiden oben citirten Arbeiten nicht berücksichtigter Umstand, welcher ebenfalls das Anprallen in der Athmungsluft schwebender Staubtheilchen gegen die Wände der Luftwege in hohem Maasse zu begünstigen geeignet ist.

Die Luftwege vom Kehlkopf abwärts sind keine isolirt verlaufenden, etwa zickzackförmig gebogenen Röhren, wie zum

¹⁾ Diese von Aitken gefundene Zahl entnahm ich der trotz der Bemängelung Wasmuth's hochbedeutsamen Arbeit Emmerich's in der Münch. med. Wochenschr., 1901, No. 26, über verschiedene Inhalations-Systeme.

Zweck der leichteren Verständlichkeit der mechanischen Bedingungen für die Bewegung von Staub durch mehr oder weniger gebogene Canäle bisher angenommen wurde, sie bilden vielmehr ein System von baumförmig sich verzweigenden Röhren. Denken wir uns die Wände zweier zusammenstossender, bezw. in einander mündender Bronchien rückwärts verlängert, so würden sie einen in der idealen Verlängerung des einen, wie des anderen Bronchus gelegenen gemeinsamen Raum einschliessen. Jedes Staubtheilchen nun, das durch diesen Raum hindurchstreicht, ist, so lange es sich in demselben befindet, gleichzeitig der Saugwirkung beider Bronchien ausgesetzt. Die Folge davon ist, dass seine Bahn, mag sie nun in den einen oder in den anderen der von einander sich abzweigenden Bronchien einmünden, ganz erheblich gegen die nach innen gelegenen Wände derselben abweicht, falls sie sich nicht etwa gar mit der Berührungskante dieser Wände kreuzt.

Nach alledem glaube ich meine an anderer Stelle ausgesprochene, oben erwähnte Ansicht, dass in der Einathmungsluft vorhandene Staubtheilchen in dieser schwebend kaum über die Anfangstheile der Bronchial-Verzweigungen hinauszudringen vermögen, als durchaus zutreffend und wohlbegründet betrachten zu dürfen.

Daraus darf man selbstverständlich nicht folgern, dass Staubtheilchen im Allgemeinen und Bacillen im Besonderen nicht auch auf andere Weise in die tieferen und tiefsten Abschnitte des Athmungsapparates, insbesondere in die Alveolen, hineingelangen könnten.

So habe ich in meiner bereits mehrfach citirten Arbeit über die Aetiologie der Staub-Inhalations-Krankheiten auf eine sehr naheliegende Möglichkeit des Eindringens von Staub in die Alveolen aufmerksam gemacht: Ist das Tracheal-, bezw. Bronchial-Secret krankhaft vermehrt und nicht zu zähflüssig, so könnten eingeathmete, aber an den Tracheal-, bezw. Bronchialwänden haften gebliebene Staubtheilchen, bezw. Bacillen, mit dem Secret, dem sie sich beimischten, durch die Kraft des Inspirations-Stromes, auf der Schleimhaut entlang gleitend, recht gut tiefer in die Luftwege hineinbefördert werden,

bis sie schliesslich in die Alveolen gelangten. Ein Analogon hierzu bildet die nicht seltene Aspiration von Mundflüssigkeit nebst den in ihr enthaltenen Infectionskeimen in die Lungen während der Aethernarkose¹⁾. Für das Zustandekommen einer solchen Aspiration ist es jedoch nothwendige Vorbedingung, dass die Kraft der Inspiration zeitweilig grösser ist, als die der Expiration. Dies ist aber (a. a. O.) der Fall bei grossen körperlichen Anstrengungen, bei Dyspnoe in Folge einer Erkrankung, z. B. Diphtherie, bei den durch äussere Umstände, z. B. eine Narkose, hervorgerufenen dyspnoischen Zuständen u. s. w.

Ein derartiges Eindringen von Bacillen in die Alveolen kann indess kein sehr häufiges Vorkommniss sein. Damit letzteres eintreten kann, ist es, wie zum Theil schon angedeutet, nothwendig, dass folgende Vorbedingungen gleichzeitig vorhanden sind, was doch nur ausnahmsweise der Fall sein dürfte: 1. Gelegenheit zur Bacillen-Einathmung, 2. krankhaft vermehrtes und nicht zu zähflüssiges Tracheal-, bzw. Bronchial-Secret, 3. zeitweiliges Ueberwiegen der Energie der Inspiration gegenüber der Energie der Expiration.

Immerhin ist die mechanische Möglichkeit vorhanden, dass eine spärliche Anzahl eingeathmeter und im oberen Theil des Bronchialbaums an der Schleimhaut haften gebliebener Bacillen sammt dem auf dieser vorhandenen Secret durch Aspiration in die Alveolen gelangt. Trotz dieser Möglichkeit ist es aber wenig wahrscheinlich, dass auf diese Weise eine tuberculöse Erkrankung der Lungen zu Stande kommt. Ein derartiges Eindringen von Bacillen in die Alveolen erfordert natürlich ganz erheblich mehr Zeit, als wenn die Bacillen unmittelbar mit der Einathmungsluft, in dieser schwebend, hineingelangen. Es wird verlangsamt durch die Reibung des Secrets an der Schleimhaut, über welche es sich hinwegbewegt, durch die Wirkung des Flimmerepithels, durch gelegentliche Hustenstösse, durch welche übrigens unter Umständen das Secret nebst den in ihm

¹⁾ Aufrecht, Die Lungen - Entzündungen (Wien, Alfred Hölder) S. 352/3. Vgl. auch den in meiner Arbeit über Staubinhalation a. a. O. S. 371 beschriebenen Versuch, in dem die Möglichkeit einer solchen Hineinbeförderung von Flüssigkeit in die tieferen Luftwege experimentell dargethan ist.

enthaltenen pathogenen Keimen gänzlich aus den Luftwegen herausbefördert werden kann. Schliesslich kann das Ueberwiegen der Inspirations-Energie gegenüber der Expirations-Energie, welches für das hier in Frage kommende Hineingelangen Bacillen-haltigen Secrets in die Alveolen nothwendig ist, durch Pausen unterbrochen werden, während welcher der Athmungs-Typus wieder ein normaler ist.

Daraus ergibt sich denn eine langdauernde innige Berührung zwischen Bacillen und Secret, welche für die ersteren wenig zuträglich ist. Denn das Secret der Luftwege ist, wie in jüngster Zeit wiederholt von hervorragenden Autoritäten hervorgehoben worden ist, für die wichtigsten pathogenen Bakterien — mit Ausnahme etwa der Erreger der Diphtherie und der Scharlachangina — giftig oder doch ein höchst ungünstiger Nährboden¹⁾.

In Uebereinstimmung hiermit steht, um auf die uns hier in erster Linie interessirenden Tuberkel-Bacillen zurückzukommen, die bekannte Thatsache, dass primäre Tuberculose der Nase, des Rachens, des Kehlkopfes, der Trachea, der Bronchien gemein selten ist, bezw. überhaupt nicht vorkommt.

Das Ergebniss der vorstehenden Ausführungen ist kurz folgendes:

Es ist unmöglich, dass Tuberkel-Bacillen im Einathmungs-Luftstrom schwebend mit diesem in die Lungen-Alveolen eindringen.

Es ist denkbar, dass unter bestimmten, allerdings nur ausnahmsweise vorhandenen Bedingungen eingeathmete Tuberkel-Bacillen, welche in die oberen Abschnitte des Bronchialbaums eingedrungen und an der Schleimhaut haften geblieben sind, mit dem daselbst vorhandenen Secret durch Aspiration in die tieferen Luftwege und schliesslich in die Alveolen gelangen²⁾.

¹⁾ Vgl. z. B. A. Schmidt, Die Schleim-Absonderung u. s. w. in Volkmann's Sammlung, neue Folge, No. 202, S. 1119.

²⁾ In seiner jüngst erschienenen Arbeit über das Eindringen von Bakterien in die Lungen (Ztschr. f. Hygiene Bd. 38 H. 1) nimmt Nenninger an, dass durch einen kräftigen Inspirations-Strom in reichlicher Menge kleinste, in der Luft schwebende Tröpfchen von dem die Schleimhaut der Mundhöhle u. s. w. bedeckenden Secret losgerissen werden könnten. Diese Annahme ist durchaus unhaltbar. Für die-

Es ist jedoch wenig wahrscheinlich, dass auf diese Weise eine tuberculöse Erkrankung der Lungen zu Stande kommt.

Damit soll jedoch keineswegs die ätiologische Bedeutung des Tuberkel-Bacillus für die Entstehung der Lungenschwindsucht überhaupt geleugnet werden. Denn es ist recht gut denkbar, dass dieser Bacillus noch auf andere Weise, als bisher allein für möglich gehalten wurde, in die Lungen eindringt. So ist es nach der Ansicht gewichtiger Autoren möglich, dass in die Mund-Rachenhöhle gelangte Bacillen von dort durch Vermittlung des Lymph- und Blutgefäß-Systems in die Lungen weiter befördert werden¹⁾.

Wie weit die für eine derartige Ansicht bis jetzt vorgebrachten Gründe stichhaltig sind, mag dahingestellt bleiben. Jedenfalls lässt sie sich weit eher mit der Thatsache, dass wenn auch ein grosser Bruchtheil der Menschheit, so doch immerhin nur ein Bruchtheil derselben an Lungen-Tuberculose zu Grunde geht, in Uebereinstimmung bringen, als die oben bekämpfte Anschauung, dass eingeathmete Bacillen im Luftstrom schwebend mit diesem ohne Weiteres in die Alveolen einzudringen vermöchten. Wäre letzteres der Fall, so wäre bei der ausserordentlichen Häufigkeit und Schwervermeidlichkeit der Gelegenheiten zur Bacillen-Einathmung die gesammte Menschheit und nicht nur ein Bruchtheil derselben schon längst, ehe sie etwas von der Existenz des Tuberkel-Bacillus erfahren hätte, an Lungen-Tuberculose zu Grunde gegangen.

selbe spricht keineswegs der Umstand, dass thatsächlich durch den Exspirations - Strom beim Husten und beim Sprechen solche Tröpfchen losgerissen werden können. N. übersieht, dass der Expirations-Strom beim Husten und bei der Hervorbringung der sog. Verschluss-laute unter explosionsartiger Sprengung eines Verschlusses, bei der Hervorbringung der Reibe-, Zisch-, Zitterlaute, indem er mit einiger Kraft durch eine verengte Stelle hindurchstreicht, nach aussen gelangt.

¹⁾ Vgl. z. B. Aufrecht, Ueber Ursache und örtlichen Beginn der Lungenschwindsucht. Berl. klin. Wochenschr., 1900, No. 27, und Berl. klin. Wochenschrift 1901 No. 42, 43, sowie Ribbert: Ueber die Ausbreitung der Tuberculose im Körper (Marburger Universitäts-Programm 1900). Vergl. auch die zahlreichen klinisch-speculativen Arbeiten Volland's über das gleiche Thema.