

Materials und Herrn Privatdocent Dr. Oestreich für die Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XI.

- Fig. 1. Querschnitt der A. basilaris, Färbung mit Haematoxylin und Eosin. Oc. 2 Obj. 3 Leitz (s. Beschreibung).
 Fig. 2. Querschnitt eines Astes der A. basilaris. Färbung des elastischen Gewebes nach Weigert. Vorfärbung mit Boraxcarmin. Oc. 2 Obj. 3 Leitz (s. Beschreibung).

XVIII.

Zur Aetiologie der Staub-Inhalations-Krankheiten.

Von

Dr. M. Saenger in Magdeburg.

I.

Dem Eindringen von Staub in die tieferen und tiefsten Abschnitte des Athmungsapparats stehen sehr zahlreiche und sehr grosse, in der Form und Weite der Luftwege, sowie in der Beschaffenheit der dieselben auskleidenden Schleimhaut begründete Hindernisse im Wege. Es verlohnt sich, diese Hindernisse näher zu prüfen, um festzustellen, wie, trotz derselben, eingethmeter Staub bis selbst in die Alveolen hineinzugelangen und dadurch zu mehr oder weniger ernsten Erkrankungen Veranlassung zu geben vermag. Eine solche Prüfung ist nicht nur von hohem theoretischem Interesse, es ergeben sich aus ihr auch einige beachtenswerthe Gesichtspunkte in Bezug auf eine wirksame Verhütung von Staub-Einathmungs-Krankheiten.

In der Luft schwebende Staubtheilchen, welche in Folge der Wirkung einer vis a fronte durch einen bogenförmig gekrümmten oder einmal oder mehrmals winklig geknickten Canal

hindurchstreichen, haben bei jeder Biegung desselben, entsprechend dem Gesetz der Trägheit, zunächst das Bestreben, in der bisherigen Bewegungsrichtung zu verharren. Aendert sich nun wegen des veränderten Verlaufs der Canalachse auch die Richtung der Bewegungs-Impulse, welche sie von der ihr Hindurchstreichen durch den Canal bewirkenden Triebkraft erhalten, so können sie zwar nicht ihre alte Bewegungsrichtung beibehalten, schlagen aber auch nicht die neue Richtung der ihnen jetzt mitgetheilten Bewegungs-Impulse ein. Die von ihnen beschriebene Bahn, welche nach dem Gesetz vom Parallelogramm der Kräfte zu Stande kommt, bildet vielmehr einen erheblich weniger gekrümmten Bogen oder Winkel, als die Canalachse. Die Folge davon ist, dass beim Hindurchstreichen der in der Luft schwebenden Staubtheilchen durch den Canal dieselben hinter jeder Biegungsstelle zum grossen, bezw. grösseren oder grössten Theil gegen die auf der convexen Seite der Biegung gelegene Canalwand anprallen. Ist diese Wand feucht, so bleiben sie an ihr haften. Wiederholt sich die Biegung des Canals oder ist derselbe in seinem ganzen Verlauf gekrümmt, so bleibt auch von dem Rest des etwa noch in der Luft schwebenden Staubes wieder ein grosser Theil, bezw. der grössere oder grösste Theil an der Canalwand, — vorausgesetzt, dass diese feucht ist, — haften. Schliesslich schlägt sich auf diese Weise sehr bald der gesammte eingedrungene Staub an den Canalwandungen nieder.

Um zu prüfen, wie weit dies in Wirklichkeit zutrifft, stellte ich folgenden Versuch an: Eine 90 cm lange Glasröhre, deren innerer Durchmesser etwa 8 mm betrug, bog ich über einer Spiritusflamme in Abständen von 10 cm abwechselnd in einander entgegengesetzten Richtungen, — die Winkelgrösse betrug $100-110^\circ$ —, so dass sie eine Zickzackform erhielt. Nachdem sie abgekühlt war, liess ich für die Dauer von 20—30 Secunden möglichst warmes Wasser hindurchlaufen, was zur 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 feingepulvertes Tannin hineingeschüttet hatte. Sog ich nun 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 sehr grossen Theil wieder an deren Wand nieder, und zwar an der auf der convexen Seite der Biegung gelegenen Wand. Dies wiederholte sich hinter jeder folgenden Biegung, soweit eben der hineingesogene Tanninstaub sich noch im Luftstrom schwebend erhielt. Hatte das Hindurchlaufenlassen des warmen Wassers durch die abgekühlte Röhre den Erfolg gehabt, dass sich deren Innenwand möglichst gleichmässig und ausgiebig mit Feuchtigkeit bedeckte, — was übrigens mit nicht geringer Schwierigkeit verknüpft ist —, so vermochte der im Luftstrom schwebende Tanninstaub nicht über die 6—7 Biegung hinauszugelangen. — Ein ganz kleiner Theil des Tannins schlug sich in dem der Eingangsöffnung zunächst gelegenen Röhrenabschnitt auf der gesammten Innenwand und nicht bloss auf einer Seite derselben nieder.

In ganz ähnlicher Weise bewirkt auch eine zunehmende Verengung eines Canals das Anprallen, bzw. Haftenbleiben hindurchstreichender, im Luftstrom schwebender Staubtheilchen an der Canalwandung. Denn die Bewegungsrichtung der hereindringenden Staubtheilchen kreuzt sich entweder mit der Canalachse oder mit einer oder beiden Seiten der Canalwandung.

Bedenken wir nun, dass die Luftwege ein System von theils an sich gekrümmten, theils winklig gegen einander geneigten, unterhalb des Kehlkopfs beständig enger werdenden Canälen bilden, und dass ferner die Innenwände dieser Canäle in so vollkommen gleichmässiger und in so ausgiebiger Weise mit Feuchtigkeit bedeckt sind, wie es bei den künstlich angefeuchteten Innenwänden von Glasröhren auch nicht annähernd der Fall sein kann, so können wir nicht gut annehmen, dass in der Einathmungsluft schwebende Staubtheilchen weit in den Bronchialbaum einzudringen vermögen. In Folge des gewundenen Verlaufs, der zunehmenden Verengung, sowie wegen der Feuchtigkeit der Schleimhaut der Luftwege wirkt eben jeder Theil der letzteren für jeden nächst folgenden, mehr peripherisch gelegenen Theil wie ein Luftfilter, das den in der hindurch-

streichenden Luft suspendirten Staub mehr oder weniger vollständig auffängt und festhält.

In Uebereinstimmung hiermit steht die bekannte Thatsache, dass bei der Einathmung von Staub durch die Nase, falls dieselbe nicht ungewöhnlich geräumig ist, der allergrösste Theil, wenn nicht die Gesammtheit desselben, an der Nasenschleimhaut haften bleibt¹⁾. Da die Bewegungsrichtung der eindringenden Staubtheilchen, entsprechend der Form des Naseneingangs, mehr oder weniger schräg nach oben gerichtet ist, so prallen sie zum sehr grossen Theil gegen die oberen Wandungen der Nasenhöhlen an und bleiben an denselben haften. Uebrigens ist durch die zum Theil sehr sorgfältigen Untersuchungen von Kayser, Franke, Danziger, Réthi u. A. nachgewiesen, dass nicht nur eingeathmeten Staub, sondern selbst die eingeathmete Luft in einem nach oben convexen, mehr oder minder gewölbten Bogen durch die Nase hindurchstreicht.

Wenn auf dem kurzen Wege durch die Nasenhöhlen, auch wenn diese nicht von abnormer Enge sind, eingeathmeter Staub zum grössten Theil an deren Wänden haften bleibt, so erscheint es als vollkommen ausser dem Bereich der Möglichkeit liegend, dass in der Einathmungsluft schwebende Staubtheilchen bis in die kleineren oder kleinsten Bronchien, geschweige denn in die Alveolen einzudringen vermöchten. Denn der Weg, den die Staubtheilchen in diesem Fall zurückzulegen hätten, wäre nicht nur ausserordentlich viel länger, sondern auch ausserordentlich viel gewundener, als in jenem. Ausserdem ist in Betracht zu ziehen, dass eingeathmeter Staub, ehe er in den Bronchialbaum eindringt, den von den Stimm- und Taschenbändern gebildeten Engpass zu passiren hat, wobei er, wie man durch häufige laryngoskopische Untersuchungen bei Staubarbeitern sich überzeugen kann, zum sehr grossen Theil an jenen Kehlkopftheilen haften bleibt.

¹⁾ Vergl. meine Arbeit: „Ueber die Beziehung zwischen abnormer Weite der Nasenhöhlen und Erkrankungen der übrigen Luftwege“ im Centralbl. f. i. Medicin, sowie meinen Vortrag a. d. Congress f. i. Medicin 1898 „Ueber die Schutzwirkung einer gesunden Nase u. s. w.“

II.

Trotz alledem kann kein Zweifel darüber bestehen, dass eingeathmeter Staub bis in die tiefsten Abschnitte des Respirations-Apparats einzudringen vermag. Allein nach den vorstehenden Ausführungen ist es ausgeschlossen, dass er im Luftstrom schwebend in diese Theile eindringt. Es ist vielmehr anzunehmen, dass er auf andere Weise dahingelangt.

Dass solches möglich ist, lehrt folgendende Beobachtung¹⁾.

Die oben erwähnte zickzackförmig gebogene Glasröhre verband ich an ihrem einen Ende mit einer Waldenburg'schen Maske. In das freie Ende der Röhre liess sich aus einer Pravaz-spritze etwa $\frac{1}{2}$ ccm einer concentrirten Methylenblau-Lösung einfließen, welche sich zu einem grossen Tropfen zusammenballte. Athmete ich nun, während ich die Maske luftdicht an mein Gesicht andrückte, in der Weise, wie dies beim Inhaliren zu geschehen pflegt, indem ich möglichst energisch inspirirte, dagegen nur mit mässiger Kraft expirirte, so bewegte sich der blaue Tropfen während der Inspiration mit ziemlich grosser Schnelligkeit in der Richtung auf die Maske zu, während er bei der Expiration sich entweder gar nicht oder doch nur in sehr geringem Maasse wieder rückwärts bewegte. Die durch die Inspiration bedingte centripetale Bewegung des Tropfens fand auch statt, wenn ich das freie Ende der Röhre erheblich tiefer hielt, als das andere, mit der Maske verbundene, sie war kaum merklich geringer in den aufsteigenden, als in den absteigenden Theilen der Röhre, welche ich übrigens so hielt, dass die Ebene, in welcher jene Theile gelegen waren, eine senkrechte Richtung hatte.

Die eben mitgetheilte Beobachtung lässt sich nicht ohne Weiteres zur Erklärung des Eindringens von Staub, der sich etwa an den Wandungen der gröberen Bronchien niedergeschlagen, in die tieferen und tiefsten Abschnitte des Athmungs-Apparats verwerthen, wie dies in Bezug auf das Eindringen zerstäubter Flüssigkeit möglich ist. Denn zunächst bleiben eingeathmete Staubtheilchen, wenn sie mit der mit normalem Secret bedeckten

¹⁾ Aus meiner an anderer Stelle erscheinenden Arbeit: „Ueber die Inhalation zerstäubter Flüssigkeit“ entnommen.

Schleimhaut in Berührung kommen, da, wo sie dieselbe berührt haben, an ihr haften, und können dann auch nicht durch noch so kräftige Inspirationen tiefer in die Luftwege hineinbefördert werden. Damit Letzteres möglich werde, ist es nöthig, dass das die Schleimhaut bedeckende Secret wesentlich vermehrt und nicht zu zähflüssig sei. Nur wenn dies der Fall ist, ist es denkbar, dass die gegen die Wände der Luftwege anprallenden Staubtheilchen mit dem Secret, dem sie sich beimischen, in ähnlicher Weise tiefer in die Luftwege hineingesogen werden, wie die aus einer inhalirten Flüssigkeit etwa an den Wänden der Trachea oder der grossen Bronchien sich niederschlagenden grösseren Tropfen.

Sodann pflegen wir nicht ohne Weiteres, wie dies bei dem hier in Frage kommenden Versuch der Fall war, kräftiger zu inspiriren, als zu expiriren. Ferner ist bei ruhigem Athmen die motorische Kraft der Inspiration sowohl, als auch der Expiration gegenüber etwa auf den Bronchialwänden lagernden Secret-Sammlungen eine verschwindend kleine oder geradezu = 0.

Ist jedoch die Energie der Athmung erhöht, so ändern sich die Verhältnisse ganz wesentlich zu Gunsten des Inspirations-Stroms, selbst wenn dieser keine grössere Energie besitzt als der Expirations-Strom. Je tiefer nemlich der Inspirations-Strom in die Brochien eindringt, um so grösser wird, nach einem bekannten physikalischen Gesetz, wegen der zunehmenden Enge derselben seine motorische Kraft. Umgekehrt nimmt die motorische Kraft des Expirations-Stroms in dem Maasse ab, als die Bronchien, durch welche er hindurchstreicht an Weite zunehmen.

Nun pflegt aber auch, wenn die Energie der Athmung in Folge von körperlicher Anstrengung, sei es in Ausübung eines Berufs, sei es beim Betreiben eines Sports oder sonst wie erhöht ist, die Energie der Expiration weniger erhöht zu sein, als die der Inspiration: Während sämtliche Inspirations-muskeln mit erheblich vermehrter Kraft thätig sind, bleibt die Expiration auch hierbei eine wesentlich passive. Dass die Inspiration in Folge der durch körperliche Anstrengung bedingten Dyspnoe kräftiger wird, als die Expiration, stellte ich auch experimentell mittels Manometers fest. Die Anstrengung, deren ich

mich zu diesem Zweck unterzog, bestand darin, dass ich die Treppe zu meiner Wohnung mit möglichst grosser Schnelligkeit hinaufstieg. Ich fand, dass die Energie, mit der ich unmittelbar darauf inspirirte, fast doppelt so gross war als die Energie, mit der ich expirirte. Ich bezweifle selbstverständlich nicht, dass bei anderen Versuchspersonen, je nachdem deren Herz und Lungen kräftiger oder schwächer sind, als die meinigen, das Grössenverhältniss zwischen der Energie der Ein- und Ausathmung nicht immer das Gleiche sein wird. In der Hauptsache aber wird nach meiner Ueberzeugung das Ergebniss der manometrischen Feststellung der Energie der Ein- und Ausathmung nach körperlicher Anstrengung stets dasselbe Ergebniss haben: dass nemlich die Einathmung entschieden kräftiger ist, als die Ausathmung. In Uebereinstimmung hiermit steht der Umstand, dass es bei hochgradiger Dyspnoe in Folge irgend einer Erkrankung, z. B. der Diphtherie, zwar zur inspiratorischen Einziehung der Inter-costalräume kommt, nicht aber auch zu einer expiratorischen Hervorwölbung derselben.

Das Eindringen von Staubtheilchen in die tieferen und tiefsten Luftwege und die Alveolen, — mögen diese Staubtheilchen kleinste feste Körperchen oder kleinste Flüssigkeits-Tröpfchen sein, mögen sie Infectionskeime enthalten oder nicht —, ist nach alledem abhängig von folgenden Bedingungen:

1. Vorhandensein eines reichlichen, nicht zu dickflüssigen Secrets in den Bronchien;

2. grössere körperliche Anstrengung während des Aufenthalts in staubiger Luft oder — auch nicht zu lange Zeit nachher. Wenn einmal Staub in die oberen Luftwege eingedrungen ist und dem etwa daselbst vorhandenen Secret-Ueberschuss sich beigemischt hat, so ist es selbstverständlich in Bezug auf den Endeffect gleichgültig, ob dieser Staub gleich oder auch eine halbe Stunde später, etwa in Folge von Radfahren oder Fussballspiel oder hastigem Treppensteigen und der damit verbundenen Erhöhung der Athmungs-Energie, tiefer in den Respirations-Tractus hineinbefördert wird.

Ist die im Vorstehenden entwickelte Theorie richtig, so ist auf Grund derselben der auffallende Umstand, dass es bei längerem Aufenthalt in staubiger Luft nicht stets und bei jeder-

mann zu mehr oder weniger schwerer Erkrankung in Folge von Staub-Einathmung kommt, weit eher erklärlich, als es auf Grund der zur Zeit noch allgemein geltenden Anschauung, dass eingeathmeter Staub im Luftstrom schwebend in die tiefsten Abschnitte des Respirations-Apparats einzudringen vermag, der Fall ist. Denn zum Zustandekommen einer Erkrankung in Folge von Staub-Inhalation bedarf es des Vorhandenseins nicht nur einer der beiden erwähnten Vorbedingungen, sondern aller beider. Dass aber alle beide zugleich vorhanden sind, pflegt doch immerhin nur ausnahmsweise vorzukommen. Das Wort „Disposition“, durch welches man das im Verhältniss zur Häufigkeit der Gelegenheit zur Einathmung von Staub seltene Vorkommen von Staub-Einathmungs-Krankheiten zu erklären versucht hat, ist eben nur ein Wort, wie es, um mit Mephisto zu reden, sich einzustellen pflegt, wo Begriffe fehlen.

XIX.

Kleinere Mittheilungen.

Zur Verständigung

von

Dr. A. Pappenheim.

Im Deutschen Archiv für klinische Medicin LXIX 1901 hat soeben Arneth einen interessanten Blutfall der Würzburger Medicinischen Klinik eingehend erörtert und ist dabei auch auf mein in diesem Archiv entwickeltes System der Leukocytologie eingegangen, welches er, wie mir scheint, durchaus bestätigt gefunden hat. Da er sich jedoch an der von mir vorgeschlagenen neuen Nomenclatur stösst, so möchte ich hier nur betonen, dass es mir nur auf die Sache selbst ankommt, ich aber auf das äussere Beiwerk besonderen Werth nicht lege. Mag man meinethwegen bei den alten eingefahrenen, wenschon unzweckmässigen Bezeichnungen mononucleäre, polynucleäre Leukocyten, Megaloblasten u. s. w. bleiben, wenn