

Die Verbreitung der Phthise durch staubförmiges Sputum und durch beim Husten verspritzte Tröpfchen.

Von

Prof. C. Flügge
in Breslau.

Vor etwa 1 $\frac{1}{2}$ Jahren wies ich in einem Aufsätze in der „Deutschen medicinischen Wochenschrift“, betitelt: „Ueber die nächsten Aufgaben zur Erforschung der Verbreitungsweise der Phthise“, darauf hin, dass unsere Kenntnisse über die vom Sputum der Phthisiker ausgehende Infectionsgefahr dringend der Ergänzung bedürfen. Einmal sei es nicht nur nicht erwiesen, sondern durch die bisherigen Experimente eher unwahrscheinlich gemacht, dass das als ausschliesslich gefährlich angesehene trockene Sputum in Staubform Inhalationstuberculose hervorrufen könne; zweitens sei experimentell erwiesen, dass auch den beim Husten der Phthisiker verspritzten Tröpfchen eine gewisse Rolle bei der Verbreitung der Phthise zukomme.

Wie ich ausdrücklich gegenüber den unrichtigen Angaben mancher Autoren hervorheben möchte, habe ich nicht behauptet, dass die Infectiosität des trockenen Sputumstaubes überhaupt nicht bestehe. Ich habe nur gezeigt, dass die bisherigen Experimente ungleichmässig und zweideutig, namentlich im Vergleich zu den Inhalationsexperimenten mit verspritztem flüssigen Sputum ausgefallen sind, und dass daher ein vollgültiger Beweis für die Infectiosität des trockenen Sputums bis jetzt nicht erbracht ist. Die Consequenz, die ich zog, war die, dass ich zu neuen Versuchen über die Wirkung des trockenen und des verspritzten Sputums aufforderte. Ich schrieb damals: „Aus dem Gesagten geht hervor, dass wir erst dann über die Wege der Ansteckung im Klaren sein werden, wenn durch weitere Experimente die Frage der Infectiosfähigkeit des trockenen Sputumstaubes entschieden, und wenn die Grösse der Gefahr einer Infection durch die beim Husten verspritzten flüssigen Sputumtheilchen genauer ermittelt sein wird.“

Durch eine bereits früher veröffentlichte Untersuchung von M. Neisser, sowie durch die nachstehend abgedruckten Arbeiten von Sticher, Beninde, Laschtschenko und Heymann habe ich meistentheils in der Richtung der beiden offenen Fragen eine Erweiterung unserer Kenntnisse herbeizuführen versucht. Ich möchte in Folgendem die gesammten, durch diese Arbeiten zu Tage geförderten Ergebnisse kurz zusammenfassen und aus diesen zu folgern versuchen, welche Vorstellung wir uns nunmehr über die Verbreitungsweise der Phthise machen dürfen.

Am gespanntesten war ich, zu erfahren, ob und in wie weit das trockene, staubförmige Sputum als Infectionsquelle in Betracht komme. Der häufige negative Ausfall der früheren Inhalationsversuche musste zunächst den Verdacht nahe legen, dass die Tuberkelbacillen in so feinen Theilchen, wie sie für den Lufttransport Bedingung sind, einen Grad der Austrocknung erfahren, der ihre Virulenz und Lebensfähigkeit schwächt. Ueber diesen Punkt stellte M. Neisser¹ Versuche an. Neisser prüfte verschiedene Bakterien, die er einem ausgesucht feinen Staube beimischte, auf ihre Verstäubbarkeit durch Luftströme von verschiedener Geschwindigkeit. Verrieb er den Staub mit kleinen Mengen phthisischen Sputums und liess er dann durch einen Luftstrom von 3 bis 5^{mm} pro Secunde die feinen Staubtheile 80^{cm} aufwärts führen, so liessen sich meistens infections-tüchtige Tuberkelbacillen in der Vorlage nachweisen. Die Versuche gelangen nicht so ausnahmslos und mit so geringen Strömen, wie z. B. bei Staphylokokken und Sarcina, aber doch ist der Tuberkelbacillus zweifellos unter die leicht verstäubbaren Bacillen einzureihen.

Weshalb waren aber dann so zahlreiche Versuche früherer Autoren, bei Meerschweinchen durch verstäubtes Sputum Inhalationstuberculose zu erzeugen, fehlgeschlagen?

Darauf giebt die Arbeit von Sticher Antwort. Auch Sticher gelang es zunächst nicht, unter Anwendung des nach Neisser's Vorschrift präparirten sputumhaltigen Staubes bei Thieren Inhalationstuberculose hervorzurufen, obwohl er durch einen ungemein engen Inhalationsraum — einen über den Kopf des Thieres gezogenen Kautschukbeutel — die Wirkung seines Materiales möglichst concentrirte. Der Misserfolg lag offenbar daran, dass der grösste Theil des Sputums mit dem Staube feuchte Conglomerate bildete, die zwar durch den sehr kräftigen Luftstrom durch den Inhalationsraum getrieben wurden, aber von dem schwachen Inspirationsstrome nicht angesogen werden konnten. Die daneben etwa vorhandenen

¹ Ueber Luftstaub-Infection. *Diese Zeitschrift*. Bd. XXVII.

trockenen Elemente waren aber vermuthlich zu wenig zahlreich, als dass mit einiger Wahrscheinlichkeit von ihnen etwas in das geringe vom Thier inspirirte Luftvolum hätte gelangen können.

Dagegen vermochte Sticher fast ausnahmslos bei den Versuchsthieren Inhalationstuberculose hervorzurufen, wenn er reichliches, an Lappchen oder Brettchen vollkommen angetrocknetes Sputum scharf verrieb und nun mit kräftigem Gebläse — Strömen von 1^m pro Secunde und mehr — die sichtbar stark stauberfüllte Luft in den engen Inhalationsraum eintrieb.

Ging er dagegen mit der Geschwindigkeit der Luftströme herunter, auf 10 bis 30^{cm} pro Secunde, also immerhin auf Ströme, die noch lebhafteste Zugempfindung hervorrufen, so gelang es in keinem Falle mehr, bei den Versuchsthieren Inhalationstuberculose zu bewirken. Jetzt wurden die ganz groben Stäubchen und Fasern nicht in den Inhalationsraum mitgeführt, sondern nur die etwas feineren Theilchen; diese aber füllten vermuthlich die Luft zu wenig, um die Respirationsluft infectionstüchtig zu machen.

Wenn frühere Versuche misslangen, so lag das mithin daran, dass entweder das Material nicht trocken genug war und dann nicht in hinreichender Menge leichte Stäubchen lieferte; oder dass nicht genügend kräftige Ströme angewendet wurden, die eine grössere Menge Stäubchen von verschiedenem Kaliber mitreissen konnten; oder auch der Inhalationsraum war ungeeignet dadurch, dass er zu gross war und ein Absetzen der Stäubchen zu sehr begünstigte. Ein stärkerer Gehalt der Luft an Bacillen muss namentlich deshalb vorhanden sein, weil das Athemvolumen der Versuchsthier so ungemein gering und ihr Inspirationsstrom so schwach ist. Nur bei trockenem, leicht stäubendem Ausgangsmaterial und Füllung der Luft mit zahlreichen feinsten Partikelchen ist auf einen positiven Ausfall der Versuche zu rechnen.

Immerhin gelingen in der geschilderten Weise die Inhalationsexperimente mit trockenem Sputumstaube. Auch Cornet hat kürzlich durch trockenen Sputumstaub Inhalationstuberculose bewirkt, und zwar, indem er theils mit einem Blasebalg den Versuchsthieren inficirten Staub in den Mund blies, theils die Thiere in den Staubwolken hielt, die durch Kehren eines mit angetrocknetem Sputum bedeckten Teppichs aufgewirbelt wurde.

Dass also die Infection von Meerschweinchen durch Inhalation staubförmigen phthisischen Sputums unter Einhaltung gewisser Versuchsbedingungen gelingt, daran ist durchaus nicht mehr zu zweifeln.

Aber diese Versuchsbedingungen weichen von den in der Praxis vorhandenen und für menschliche Wohnungen geltenden Bedingungen doch

ausserordentlich stark ab. Das Sputum ist künstlich getrocknet, die verwendete Sputummasse relativ gross, die Ablösung der Stäubchen ist durch übertrieben heftige Manipulationen bewirkt, stärkste Luftströme, wie sie in Wohnräumen gar nicht vorkommen, haben den Staub über ganz kurze Wegstrecken zum Versuchsthier transportirt.

Passte Sticher die Versuchsbedingungen nur in einem Punkte den Verhältnissen der Praxis mehr an, indem er z. B. die Geschwindigkeit der Luftströme herabminderte, dann gelang die Erzeugung von Inhalationstuberculose bei Meerschweinchen schon nicht mehr.

Mit Recht kann man indessen einwenden, dass das Experiment insofern Bedingungen einführt, welche einem positiven Ausfalle der Versuche ungünstig sind, als die verwendeten Meerschweinchen ein relativ schwaches Reagens auf die Anwesenheit infectiöser Luftstäubchen darstellen. Das Quantum Luft, das sie einathmen, ist zu gering — in der Minute nur 75^{cem} — und macht einen zu kleinen Bruchtheil der gesammten keimbeladenen Luft — in den Sticher'schen Versuchen ca. 4 Procent — aus, als dass man bei einiger Verdünnung der Keime noch Infection erwarten könnte. Ferner ist der Inspirationsstrom bei den Versuchsthieren so schwach, dass es mittels desselben nicht leicht gelingen wird, aus einem stärker bewegten Luftstrom die schwebenden Keime zu aspiriren.

In dieser Beziehung muss man suchen, das Experiment zu verfeinern, so dass dasselbe auf den Menschen mit seinem 100 Mal grösseren Athemvolumen und viel kräftigeren Inspirationsstromen sich übertragen lässt.

Verzichtet man darauf, die Versuchsthier direct durch Inhalation zu inficiren, so lässt sich in der That durch viel feinere Reagentien feststellen, ob unter bestimmten Bedingungen ein Transport, wenn auch nur spärlicher feinsten Sputumtheile, durch einen Luftstrom stattfindet oder nicht. Es gelingt dies dadurch, dass man die ganze, zum Versuche benutzte Luft in eine Vorlage mit etwas Flüssigkeit übertreibt und letztere mikroskopisch untersucht oder intraperitoneal Meerschweinchen injicirt. Selbst ganz vereinzelt, lebensfähige Keime müssen sich durch dieses Verfahren nachweisen lassen, und wir werden durch Anwendung desselben die Bedingungen, an welche die Luftinfection durch trockenes Sputum geknüpft ist, experimentell präcisiren können.

Auch solche Versuche wurden von Sticher ausgeführt. Sie ergaben, dass durch Ströme von 10^{cem} Geschwindigkeit ziemlich reichlich Bacillen in die Vorlage befördert wurden, bei geringeren Geschwindigkeiten (1^{cem}) auch noch vereinzelt, aber so spärlich, dass sie mikroskopisch kaum mehr auffindbar waren, während die intraperitoneale Impfung mit einem grösseren Theile des Vorlageninhaltes gewöhnlich noch wirksam war.

Unter Anwendung feinsten Reagentien konnten wir uns also von der Existenz feiner, trockener und doch virulente Tuberkelbacillen herbergender Stäubchen überzeugen, die selbst durch schwächste Luftströme noch transportabel sind.

Auch dies Resultat lässt indess nicht ohne weiteres Rückschlüsse auf die Praxis zu. Zwar sind die Luftströme so reducirt, dass eine Uebertragung der experimentellen Resultate auf die praktischen Verhältnisse statthaft ist. Aber die sonstigen Versuchsbedingungen weisen doch noch erhebliche Abweichungen auf.

Manche derselben werden wir in Kauf nehmen dürfen, weil eben im Experiment übertrieben werden soll, damit man kräftige Ausschläge erhält; eine Reduction entsprechend der Abweichung der natürlichen Bedingungen wird dann immer noch möglich sein. Dass in den Sticher'schen Versuchen die gesammten, durch intensivstes Reiben und Zerren von Leinwandläppchen, oder durch Aneinanderreiben von Holzbrettchen abgelösten Sputumtheile in Rechnung gezogen wurden, das ist eine zulässige Uebertreibung, die nur eine Reduction der Zahl der aufgefundenen Bacillen für die Verhältnisse der Praxis erfordern würde. In demselben Sinne ist das Auffangen der gesammten 200 Liter Luft, die mit dem ganzen verstäubten Material beladen war, in eine der genauesten Untersuchung zugänglichen Vorlage als statthafte Uebertreibung anzusehen.

Aber eine Bedingung ist in den Sticher'schen Versuchen eingeführt, die vielleicht von ganz ausschlaggebender Bedeutung für die Ablösung und den Transport der Keime ist und möglicher Weise auch nicht annähernd in dieser Weise in der Praxis in Betracht kommt: die vollkommene Trockenheit des zur Verstäubung gelangten Sputummateriales. Positive Befunde bei schwächeren Luftströmen hatte Sticher nur dann zu verzeichnen, wenn er das Sputum an Leinwandläppchen oder Brettchen bis zur absoluten Wasserfreiheit im Exsiccator ausgetrocknet hatte. Es musste mithin, ehe man Folgerungen aus diesen Versuchen zog, festgestellt werden, ob denn unter praktischen Verhältnissen eine so vollkommene Austrocknung des Sputums häufiger stattfindet, bezw. wie sich bei dem Grad der Austrocknung, der in der Praxis wirklich vorkommt, die Verstäubung vollzieht.

Eine Ergänzung der Sticher'schen Versuche in dieser Richtung hat Beninde ausgeführt. Er experimentirte mit Taschentüchern, welche von Phthisikern benutzt und mit deren Sputum verunreinigt waren. Solche Taschentücher hatte Cornet als die gefährlichste Quelle verstäubter Tuberkelbacillen bezeichnet, da das Taschentuch beim Tragen in der Tasche so besonders leicht und vollkommen austrocknen könne, und da

beim Hantiren mit solchen Tüchern gute Gelegenheit zum Ablösen von feinsten Fasern und Stäubchen gegeben sei.

Vorweg sei hervorgehoben, dass Beninde mit solchen von einem Phthisiker benutzten Taschentüchern genau die gleichen Resultate erzielte wie Sticher, wenn er sie vollkommen im Exsiccator trocknete. Auch Luftströme von 1^{cm} Geschwindigkeit führten von diesen Tüchern, wenn sie stark gerieben und gezerrt wurden, Tuberkelbacillen in die Vorlage über, so dass ihr Nachweis dort mikroskopisch und durch Thierimpfung gelang.

Anders mit Taschentüchern, die der Patient benutzt und nur durch Tragen in der Tasche getrocknet hatte. War das Taschentuch einigermaßen reichlich beschmutzt und wurde es dann auch noch einen Tag unbenutzt in der Tasche getragen, um möglichstes Trocknen eintreten zu lassen, so wurde selbst durch starke Luftströme nichts von Keimen in die Vorlage übergeführt. Erst wenn das Taschentuch nur 2 Stunden benutzt war, wenig Sputum enthielt, trotzdem aber noch einen vollen Tag in der Tasche getragen war, konnten durch starke Luftströme spärliche Tuberkelbacillen fortgeführt werden. Das eintägige unbenutzte Tragen in der Tasche bewirkte dabei eine Feuchtigkeitsverminderung um 60 Procent. Schwache Ströme liessen bei solcher Versuchsanordnung keine Tuberkelbacillen übergehen; der restirende Feuchtigkeitsgehalt von 40 Procent verhinderte offenbar noch die Bildung so leichter Stäubchen, dass ein Transport durch schwache Ströme möglich gewesen wäre.

Durch längeres unbenutztes Tragen in der Tasche — mindestens 2 Tage — liess sich allerdings der Feuchtigkeitsgehalt der Taschentücher weiter herabdrücken, bis auf 14 Procent der gesammten Wassermenge. Dann gelang auch die Ablösung und der Transport von Tuberkelbacillen mit schwachen Strömen, freilich in viel geringerem Maasse, als wenn auch jener letzte Rest von Feuchtigkeit durch künstliches Trocknen entfernt war.

Trotz im Uebrigen forcirter Versuchsbedingungen — intensivstes, fortgesetztes Reiben und Zerren der Tücher, Sammlung der ganzen von 400 Liter Luft mitgeführten Staubmasse in einer Vorlage — gelang also der Transport von Sputumtheilchen aus benutzten Taschentüchern nur dann, wenn dieselben besonders günstigen Austrocknungsbedingungen ausgesetzt waren. In der Praxis werden für gewöhnlich die Taschentücher benutzt, bis sie zu feucht sind und werden dann mit neuen vertauscht. Dass ein wenig Sputum enthaltendes Taschentuch bis zu einer die Luftinfection ermöglichenden Trockenheit in der Tasche getragen wird, das wird sehr selten vorkommen.

Aber es wird natürlich hier und da vorkommen. Und auch auf dem Fussboden kann gelegentlich völliges Eintrocknen von Sputum und

Verarbeitung zu feinem Staube vorkommen. In der Regel wird indessen auch hier das Sputum schwerlich den nöthigen Grad von Trockenheit und Zerkleinerung erfahren. Jede feuchte Reinigung des Fussbodens unterbricht den Trocknungsprocess und entfernt einen Theil des Sputums. In nur einigermassen reinlich gehaltenen Wohnungen werden sich völlig getrocknete Sputumreste kaum finden. Dagegen in unsaubereren Wohnungen, in Werkstätten, Bureaux u. s. w. wird, wenn phthisisches Sputum häufiger auf den Fussboden gelangt, sicher trockener Sputumstaub sich bilden können, der gelegentlich lebende Tuberkelbacillen in die Luft überführt.

Dass aber die Wohnungsluft häufiger mit solchem infectiösen Staub beladen wird und dass wir diesen als eine uns vielfach bedrohende Infectionsquelle zu betrachten haben, dagegen sprechen doch manche Erwägungen. Zuvörderst ist nach directen Beobachtungen die ganze Masse des in der Wohnung verbleibenden Sputumstaubes offenbar gering. Das lehren die Untersuchungen des Wohnungsstaubes auf Tuberkelbacillen. Die Versuche von v. Wehde, Guarneri, Baumgarten, Cornet u. A., aus der Luft von Phthisikerräumen infectiösen Staub zu gewinnen, schlugen fehl; nur Rembold konnte, wenn er absichtlich aufgewirbelten Staub in dem Wattepropfen eines Aspirators sammelte, 2 seiner Versuchsthiere infectiren. Aber auch der Staub, den Cornet bei seinen ausgedehnten Untersuchungen in Krankenhäusern und Wohnungen durch Abwischen von Wandflächen, Bettleisten u. s. w. mittels eines feuchten Schwammes sammelte, hatte häufig keine Wirkung bei intraperitonealer Impfung von Meerschweinchen oder infectirte nur einen Bruchtheil der Thiere, selbst dann, wenn der Staub Räumen entnommen wurde, wo die Phthisiker ihr Sputum auf den Fussboden oder in's Taschentuch entleerten.

Aber nicht nur der Gehalt des Staubes an Tuberkelbacillen ist meist ein geringer, sondern vor Allem fehlt es im Wohnraum an so leichten und feinen Sputumtheilchen, dass dieselben längere Zeit in der Luft schweben könnten. In den Versuchen von Sticher und Beninde resultirte nur dann ein geringfügiger Transport durch schwache Luftströme, wenn das Sputummaterial künstlich vollkommen getrocknet war. Selbst dann aber sank die Ausbeute mit der Abnahme der Stromstärke so rasch ab, dass der Antheil der leicht transportablen und zu einem längeren Aufenthalt in der Luft geeigneten Stäubchen sicher ein äusserst geringfügiger ist. Und dabei wurde die Bildung und Ablösung feinsten Theilchen durch das vollständige Trocknen und das intensive Reiben und Zerren noch besonders begünstigt. — Unter praktischen Verhältnissen wird dieser Antheil der leicht schwebenden Stäubchen noch um vieles geringer ausfallen. Das mucinhaltige Sputum ist nach dem Antrocknen sehr schwer in so feine Splitter zu zerlegen, dass leichtester

Staub daraus entsteht. Die gröberen Stäubchen bieten aber bei weitem nicht die gleiche Infectionsgefahr. Sie werden nur gelegentlich, beim Kehren, Bürsten u. s. w., durch Hantirungen aufgewirbelt, eine Strecke vorwärts und aufwärts getragen und dort so lange gehalten, als starke, Zugempfindung veranlassende, Ströme das Zimmer durchsetzen und die Luft sichtbar mit gröberem Staub erfüllt ist; sobald jene Manipulationen und die stärkeren Luftströme aufhören, setzen sie sich auf irgend welchen Flächen ab. Dass solche gröbere Theilchen häufiger in den Bereich der Athemluft eines Menschen kommen und die Eingangswege zum Respirationstractus passiren, ist nicht anzunehmen. Eine ganz erheblich grössere, andauernde Gefahr würden jedenfalls feinste, längere Zeit schwebende, durch schwache Luftbewegung auch aufwärts beförderte Stäubchen darstellen; aber gerade solche Stäubchen sehen wir nur äusserst spärlich aus phthisischem Sputum hervorgehen.

Auch Cornet¹ spricht sich in seiner ersten Arbeit über die Verbreitung der Tuberkelbacillen dahin aus, dass von dem auf den Fussboden gespuckten und angetrockneten Sputum nur der aller kleinste Theil ein so feines Pulver bilden wird, dass es sich längere Zeit in der Luft suspendirt halten kann, zumal wenn wir bedenken, dass starke Luftströmungen im Zimmer nicht in Betracht kommen. — „Wer einmal versuchte, selbst gut getrocknetes Sputum im Mörser zu zerreiben und sehr fein zu pulverisiren, der wird mir bestätigen, dass es gar keine so leichte Aufgabe ist, ein wirklich feines Pulver zu erhalten, das einige Zeit in der Luft suspendirt bleibt. Die darüber herrschenden Vorstellungen, als ob man nur mit dem Fusse über getrocknetes Sputum zu streichen habe, damit sich sofort eine ganze Staubwolke von Infectionskeimen erhebe, ist absolut falsch. Der Mucingehalt des Sputums hindert bis zu einem gewissen Grade die Pulverisirung.“ . . . Ferner S. 305: „Es war auffallend, dass . . . in dem einen Saale, in dem gerade die schwerst erkrankten Phthisiker lagen, zwar an einer Stelle, direct hinter einem Phthisiker, aber nicht einmal auf dem 3^m vom nächsten Bett abstehenden Spinde Bacillen sich fanden. Ferner, dass in dem Separatzimmer, in welchem ich mit fein gepulverten Tuberkelbacillen experimentirte, zwar unmittelbar an meinem Arbeitstisch sich sehr viele Bacillen gefunden haben, nicht aber an einer, mehrere Meter entfernten, weit grösseren Fläche. . . Würde es sich ergeben, dass die Verbreitung in relativ beschränkten Kreisen stattfindet, besonders wenn nicht bedeutendere Luftströmungen stattfinden, wie im Freien oder bei Zugluft, so wäre das darauf zurückzuführen, dass die Tuberkelbacillen in Folge ihres ausserordentlich zähen Menstruums meist nur als relativ

¹ Diese Zeitschrift. Bd. V. S. 285 u. 305.

grosse Körperchen, zusammen oder mit anderen Gegenständen verklebt, vorkommen.“

Diesen Ausführungen Cornet's kann ich mich auf Grund der Ergebnisse unserer Experimente vollkommen anschliessen. Cornet hat das grosse Verdienst, zuerst auf die Gefahr des angetrockneten Sputums, zugleich aber auch auf die Einschränkungen hingewiesen zu haben, denen diese Gefahr durch die Schwierigkeit unterliegt, mit der sich feinste Stäubchen aus trockenem Sputum bilden. — Cornet hat es damals nicht für erforderlich gehalten, experimentelle Beweise für die Infectiosität des Sputumstaubes zu erbringen. Diese Lücke habe ich in der Weise auszufüllen versucht, dass wir durch geeignete Experimente zugleich über die Wahrscheinlichkeit, mit welcher diese Infectiousgefahr uns in der Praxis bedroht, einigen Aufschluss erhalten. Das Ergebniss dieser Versuche lautet dahin, dass eine Infection mit verstäubtem, trockenem Sputum zweifellos möglich ist; dass sie aber relativ selten zu Stande kommen wird, weil die Bildung feinsten, leicht durch die Luft transportabler Stäubchen nur aus völlig trockenem Sputum und selbst dann nur in sehr beschränktem Maasse sich vollzieht.

Während ich mich somit in Bezug auf die Infectiousgefahr durch trockenes phthisisches Sputum und in Bezug auf die beschränkte Bedeutung dieser Gefahr für die Praxis nunmehr in voller Uebereinstimmung mit Cornet befinde, kann ich ihm nicht beipflichten in seiner Behauptung, dass nur das angetrocknete Sputum Infectiousgefahr bedinge, und dass derjenige Phthisiker, der sein Sputum regelmässig in einen Spucknapf entleert und dadurch am Austrocknen und Verstäuben hindert, überhaupt keinerlei Gefahr für seine Mitmenschen bietet. Vielmehr muss ich auf Grund der in meinem Institut weiter fortgesetzten Versuche meine frühere Behauptung aufrecht erhalten, dass noch ein zweiter Infectiousmodus bei der Phthise besteht, nämlich die Ausstreuerung feinsten bacillenhaltiger Tröpfchen beim Husten der Phthisiker.

Mit flüssigem, frischem Sputum lassen sich zunächst künstliche Verspritzungsversuche anstellen, ähnlich den Verstäubungsversuchen, auf die man bei Experimenten über die Wirkung getrockneten Sputums ausschliesslich angewiesen ist.

Zahlreiche Versuche sind von Koch, Gebhard, Preeyss u. A. so angestellt, dass das künstlich versprayed flüssige Sputum in den Inhalationsraum von Versuchsthieren — meistens Meerschweinchen — gebracht wurde. Die Infection gelingt in dieser Weise mit grösster Sicherheit und selbst mit ausserordentlich verdünntem Sputum. Dass der Erfolg so viel leichter ist, als beim Verstäuben trockenen Sputums, liegt offenbar daran,

dass beim Versprayen der Flüssigkeiten ein sehr grosser Theil der gebildeten Tröpfchen feinstes Kaliber hat, während beim Zerkleinern trockener Sputummassen wesentlich gröbere Elemente entstehen.

Ich möchte an dieser Stelle in Ergänzung der in meiner Arbeit „Ueber Luftinfection“ citirten Litteratur einfügen, dass ausser von den vorgenannten Autoren auch von Buchner die Zerlegung einer bakterienhaltigen Flüssigkeit in ungemein feine bakterienhaltige Tröpfchen durch einen Spray schon im Jahre 1888 beobachtet ist.¹ Buchner beschreibt den gebildeten Spraynebel als „so leicht, dass ihn die leisesten Luftströmungen in die Höhe tragen . . . Die Tendenz seiner Theilchen zum Niedersinken und Ablagern ist so gering, dass man diesen Nebel, wie etwa Cigarrenrauch, durch einen mehrere Meter langen Gummischlauch bei mässiger Luftgeschwindigkeit hindurchleiten kann.“ Dass dieser Nebel im Stande sei, mitgerissene Bakterien zu transportieren, bewies Buchner dadurch, dass er den Spraynebel in eine grössere Glasglocke leitete, auf deren Boden Gelatineplatten sich befanden. „Wenn letztere auch nur für die Dauer von 2 Minuten dem Spraynebel exponirt waren, so entwickelten sich dennoch auf denselben viele Tausende von Colonien der versprayten Bakterienart.“ — Buchner hat zwar an diese, mit meinen ersten Versuchen über Tröpfchenverbreitung übereinstimmenden Beobachtungen keinerlei quantitative Bestimmungen geknüpft und ebenso wenig Folgerungen für die natürliche Infection daraus abgeleitet; ich möchte aber doch nicht versäumen, das früher übersehene Citat hier nachzutragen.

Speciell für phthisisches Sputum waren zunächst quantitative Versuche erforderlich, durch welche die Bedingungen des Transports verspritzter Sputumtröpfchen genauer festgelegt werden konnten. — Solche Versuche stellte Laschtschenko an, indem er versprayte Tröpfchen von phthisischem Sputum durch Luftströme von bekannter Stärke aufwärts bewegte und in einer Vorlage auffing. Damit war zugleich ein Vergleich mit jenen Sticher'schen Versuchen ermöglicht, in welchen trockener Sputumstaub durch ebensolche abgestufte Luftströme in eine Vorlage übergeführt wurde. — Bei allen Versuchen gelang der Nachweis der Tuberkelbacillen Laschtschenko mühelos selbst bei Luftströmen von nur 3^{mm} pro Secunde und 1 Meter verticaler Wegstrecke; d.h. ein schwacher Spray ist schon im Stande, unverdünntes phthisisches Sputum so zu zerlegen, dass eine relativ grosse Menge feinsten, von den schwächsten Strömen durch die Luft transportabler Tröpfchen sich bildet, während von trockenem Sputum selbst bei gewaltsamster Zerkleinerung immer ein sehr viel geringerer Antheil an feinsten Partikeln abgelöst wird.

¹ *Archiv für Hygiene*. Bd. VIII.

Aber glücklicher Weise sind wir beim flüssigen Sputum nicht in der Lage, die Infectionsgefahr nur nach dem Ausfall von Laboratoriumsversuchen mit künstlicher Verspritzung abschätzen zu müssen. Vielmehr können wir hier auch mit der natürlichen Zerlegung experimentiren, die durch Husten, Sprechen oder Niesen der Kranken bewirkt wird. Es musste festgestellt werden, ob durch diese Actionen in der gleichen Weise feinste, weit verschleuderte, bakterienbeladene Tröpfchen aus bakterienhaltigen Flüssigkeiten gebildet werden, wie beim Versprayen.

Diese Frage ist von Laschtschenko zuvörderst durch Versuche entschieden worden, bei welchen er Prodigiosusaufschwemmung in den Mund nahm und dann die beim Sprechen, Husten und Niesen in Tröpfchenform verstreuten Prodigiosuskeime auf Agarplatten auffing. Die unten ausführlich mitgetheilten Ergebnisse Laschtschenko's lassen keinen Zweifel darüber, dass in der That die in der Mundflüssigkeit enthaltenen Bakterien in geringerem Grade beim Sprechen, in höherem Grade beim Husten und in noch höherem Grade beim Niesen durch feinste Tröpfchen fortgetragen werden.

Die Laschtschenko'schen Versuche sind seither wiederholt von anderen Autoren nachgemacht und bestätigt worden. v. Esmarch,¹ Hübner,² v. Weissmayr³ erzielten ähnliche Resultate.

Zum Beweise, dass dieser Infectionsmodus für natürliche Verhältnisse Bedeutung hat, musste Laschtschenko aber noch einen Schritt weiter gehen: er musste zeigen, dass auch mucinhaltige Sputa in der gleichen Weise in Tröpfchen zerlegt werden können, und dass insbesondere beim Husten der Phthisiker ein Transport tuberkelbacillenhaltiger Tröpfchen durch die Luft sich vollzieht.

Diesen Nachweis versuchte Laschtschenko dadurch, dass er Phthisiker über ausgelegte Objectträger hinweghusten liess, diese färbte und mikroskopisch untersuchte. Bei 4 Kranken fand er reichliche Ausstreuung von Tuberkelbacillen; die übrigen eigneten sich offenbar schlecht für die Versuche, weil sie zu wenig husteten. Es war wünschenswerth, die gleichen Beobachtungen an einem grösseren Krankenmaterial fortzusetzen; das hat Heymann ausgeführt und darüber in der nachstehenden Arbeit berichtet.

Heymann verwandte 35 Patienten zu seinen Versuchen. Davon lieferten 14, also 40 Procent, tuberkelbacillenhaltige Tröpfchen auf die $\frac{1}{2}$ Meter vor der Mundöffnung ausgelegten Objectträger. Die Grösse der bacillenhaltigen Tröpfchen ging bis zu 30 μ Durchmesser herunter. Die

¹ *Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege.* 1898.

² *Diese Zeitschrift.* Bd. XXVIII.

³ *Wiener klin. Wochenschrift.* 1896. Nr. 46.

Bacillen lagen meist zu mehreren, mit gut färbbaren Leukocyten vereinigt, in der schleimigen Mittelpartie des Tröpfchens. Reichliches Verspritzen trat namentlich dann ein, wenn das Sputum relativ dünnflüssig war oder mit viel Speichel gemengt wurde. Ferner war die Intensität der Hustenstöße von Einfluss; gerade kräftige, ambulante Kranke verspritzten am stärksten. Auch die Haltung der Lippen und die Art des Hustens kommt mit in Betracht; kurze heftige Hustenstöße bei wenig geöffnetem Munde und etwas gespitzten Lippen geben besonders reichliche Ausbeute. Schliesslich ist natürlich der jeweilige Bacillengehalt des Sputums, der bei ein und demselben Kranken so ausserordentlich wechselt, zu berücksichtigen. Es ist ganz selbstverständlich, dass manche Phthisiker überhaupt keine Bacillen verspritzen, zu Zeiten, wo ihr Sputum spärlich Bacillen enthält, oder wenn das Sputum zu zäh ist und rasch den Mund passirt, oder wenn die Energie der Hustenstöße gering ist. Erst länger fortgesetzte Beobachtungen an einer grösseren Zahl von Patienten können zu einer richtigen Vorstellung von der Häufigkeit dieser Art von Bacillenausstreuerung führen.

Ehe Heymann seine systematischen Untersuchungen begann, hatte ich in meinem oben citirten Artikel¹ aufgefordert, dass auch an anderen Instituten, bezw. an Krankenanstalten ähnliche Untersuchungen ausgeführt werden möchten. Dies ist geschehen; nach mündlichen und brieflichen Mittheilungen sind an zahlreichen Stellen solche „Objectträgerversuche“ angestellt. Von bereits publicirten Berichten sind mir drei bekannt geworden.

Zunächst hat Engelmann² in der Gerhardt'schen Klinik in Berlin an 8 Phthisikern Beobachtungen angestellt. Er fand vereinzelte Tuberkelbacillen oder Complexe derselben auf den bis zu 1^m vom Munde exponirten Objectträgern, dagegen keine auf den weiter entfernten. — Sodann hatte v. Weismayr³ bei vier Patienten ähnliche positive Resultate. — Drittens hat B. Fränkel⁴ zwar nicht durch Untersuchung von Objectträgern, aber durch mikroskopische Prüfung der Innenfläche von Masken, die er Phthisiker tragen liess, das Ausstreuen von Tuberkelbacillen beim Husten bestätigt. Von 219 je einen Tag getragenen Masken enthielten 52 Verunreinigungen, die dem Munde entstammten, und die Hälfte von diesen enthielt nachweislich Tuberkelbacillen. — Ferner seien die interessanten Befunde Schäffer's⁵ bei Leprösen erwähnt, die eine ungeahnt intensive Ausstreuerung von Leprabacillen durch Hustenstöße feststellten.

¹ *Deutsche med. Wochenschrift*, 1897, Nr. 42.

² *Inaug.-Diss.* Berlin 1898.

³ A. a. O.

⁴ *Berliner klin. Wochenschrift*. 1899. Nr. 2.

⁵ Festschrift für Pick. *Archiv für Dermatologie und Syphilis*.

Weitere Bestätigungen dürften nicht ausbleiben. Zu beachten ist nur, dass nach meinen obigen Ausführungen recht wohl auch einmal scheinbar widerstreitende, negative Resultate gewonnen werden können, namentlich wenn kein hinreichend grosses und geeignetes Krankenmaterial zur Verfügung steht.

Das Experiment musste aber noch weiter geführt werden. Seit erwiesen ist, dass die im Sputum ausgeworfenen Tuberkelbacillen häufig bereits abgestorben sind, war mit der Möglichkeit zu rechnen, dass die beim Husten ausgestreuten, vielleicht alten im Munde bewahrten Resten von Sputum entstammenden Tuberkelbacillen abgestorben oder avirulent seien. Laschtschenko unternahm es daher, die ausgestreuten Tröpfchen zu sammeln und Meerschweinchen zu injiciren. Dabei musste freilich, wenn dem Versuch volle Beweiskraft zukommen sollte, jede Mitwirkung trockenen Sputumstaubes ausgeschlossen werden.

Das Arrangement wurde daher so getroffen, dass ein Phthisiker, der sich Gesicht und Hände desinficirt, sowie einen vorher desinficirten Mantel und Gummischuhe angelegt hatte, einige Stunden in einem grösseren Glaskasten sich aufhielt, in welchem Glasschalen oder Teller mit etwas Kochsalzlösung aufgestellt waren. Die Kochsalzlösung wurde dann Meerschweinchen injicirt. Von 9 Versuchen fielen 4 positiv aus; die geimpften Thiere gingen an Bauchfelltuberculose ein.

Weitere Versuche wurden so angestellt, dass ein Phthisiker in dem erwähnten Glaskasten oder vor demselben placirt wurde, und dass er in letzterem Falle durch eine Oeffnung in der äusseren Wand des Kastens in diesen hineinhustete; die Luft des Kastens wurde dann aspirirt und durch eine Vorlage mit Kochsalzlösung gesogen. Erst nachdem die Aspiration so gesteigert war, dass während der Versuchsdauer von 5 Stunden etwa 10^{cbm} Luft die Vorlage passirten, wurden im Sediment der Vorlagenflüssigkeit einmal Tuberkelbacillen mikroskopisch nachgewiesen. In einer anderen Versuchsreihe, wo das Luftquantum dasselbe blieb, behufs Steigerung des Effects aber mehrere Patienten nach einander im Ganzen 5 Stunden in den Glaskasten hineinhusteten, fielen zwei Versuche negativ aus, in einem dritten ging eines der mit Vorlagenflüssigkeit injicirten Meerschweinchen an typischer Bauchfelltuberculose zu Grunde.

Wir ersehen aus diesen Resultaten, dass zweifellos der grössere Theil der verspritzten Tröpfchen sich von den in der Praxis vorkommenden Luftströmen nicht weit forttragen lässt, sondern in einigemassen ruhiger Luft sich absetzt. Bei den Objectträgerversuchen tritt dies durch die rasche Abnahme der Zahl der Tröpfchen mit der Entfernung vom Hustenden zu Tage. In dem nur 3^{cbm} Luftraum fassenden und gar

nicht ventilirten Glaskasten wurden auf den aufgestellten, eine ziemlich grosse Gesamtmfläche repräsentirenden Tellern 5 Mal unter 9 Versuchen keine Bacillen aufgefangen. Und bei mässiger Ventilation des Kastens liessen sich nur beim Abfangen von 10^{ebm} Luft, dem dreifachen des Luft-raumes des Kastens, in 2 unter 5 Versuchen vereinzelt Tuberkelbacillen nachweisen. — Damit erhalten wir eine Aufklärung über die quantitativen Verhältnisse der Luftinfection durch Tröpfchen, welche für die Praxis von grosser Bedeutung ist und welche um so nothwendiger war, als aus den Versuchen mit *Prodigosus*, die absichtlich eine ausserordentlich starke Uebertreibung der wirklichen Verhältnisse darstellen, leicht unrichtige Folgerungen abgeleitet werden konnten.

Nach dem Ausfall der letzten Versuche durften wir nicht gerade mit grossen Erwartungen an ein letztes Experiment herantreten, das von verschiedenen Seiten gleichsam als *Experimentum crucis* für die Tröpfcheninfection gefordert war: nämlich die directe Infection von Versuchsthieren durch Hustenstösse eines Phthisikers.

Tappeiner hatte einmal solche Versuche mit 2 Kaninchen angestellt, die aber gesund geblieben waren. Wissemann forderte dann in einer Entgegnung auf meinen oben citirten Artikel in der „Deutschen medicinischen Wochenschrift“ dazu auf, man solle die Frage der Gefahr der beim Husten verspritzten Tröpfchen doch einfach dadurch entscheiden, dass man in der Nähe von Phthisikern Käfige mit Meerschweinchen halte. — Ich bin überzeugt, dass der Wissemann'schen Aufforderung vielfach entsprochen ist und in mehreren Krankenhäusern und Heilanstalten Meerschweinchen in die von Phthisikern benutzten Räume gebracht worden sind.

Ich habe damals schon eingewendet, dass ein positiver Ausfall dieser Versuche insofern nichts beweisen werde, als man dabei eine Infection durch trockenen Sputumstaub nicht sicher ausschliessen könne.

Ein negativer Ausfall beweist aber erst recht nichts. Wir haben im Vorstehenden gesehen, dass bei einiger Entfernung vom Hustenden erst mehrere Cubikmeter Luft die Chance einer Infection bieten; das ist ein Luftquantum, das ein Meerschweinchen erst in Monaten einathmet. Man muss also die Thiere schon in höchstens 50^{cm} Abstand vom Hustenden halten (eine Entfernung, die übrigens zwischen im Gespräch befindlichen Menschen häufig ist), und ausserdem muss die Nase des Thieres auch wirklich dem Hustenden zugekehrt und nicht etwa in einer Ecke des Käfigs versteckt sein. — Aber selbst dann ist eigentlich noch keine Aussicht auf das Zustandekommen einer Infection vorhanden. Es darf nicht vergessen werden, wie gering das Athemvolumen und die Intensität des Inspirationsstromes beim Meerschweinchen im Vergleich zum Menschen

ist. Schon bei den Experimenten mit trockenem Sputumstaub verlangte dies Verhältniss entschiedene Berücksichtigung; ebenso müssen wir demselben hier Rechnung zu tragen versuchen. Das Athemvolumen des Meerschweinchens ist mindestens 100 Mal geringer als das des Menschen; befindet sich also in einem Luftquantum, das ein Mensch in der Zeiteinheit einathmet, ein infectiöser Bacillus, so werde ich erst Aussicht haben, mit derselben Luft die Infection eines Meerschweinchens zu erzielen, wenn ich 100 Meerschweinchen die betreffende Luft athmen lasse. Ja sogar auch das noch nicht einmal! Die 100 Meerschweinchen inspiriren jedes mit einem ungemein schwachen Blasebalg, so dass kein stärkerer Luftstrom nach der Stelle zu Stande kommt, wo die 100 Meerschweinchen athmen; der Mensch aber athmet das gleiche Luftquantum mit einem sehr ausgiebigen Blasebalg und erzeugt einen kräftigen, nach seinem Respirationsorgan hingerichteten Luftstrom. Im ersteren Falle werden suspendirte Theilchen der Luft sich absetzen, ehe sie in den Athembereich der Meerschweinchen kommen; im letzteren Falle reisst der starke Inspirationsstrom schwebende Theile, und darunter auch infectiöse Tröpfchen, mit fort und führt sie in die Athmungswege hinein.

Trotzdem ist es uns gelungen, in einwandfreier Weise die Infection von Meerschweinchen durch Hustenstöße von Phthisikern zu bewirken.

Die Versuchsanordnung traf Heymann so, dass die Meerschweinchen in einem wiederholt desinficirten Zimmer des hygienischen Instituts gehalten wurden, welches die Phthisiker nur mit desinficirten Ueberkleidern betraten. Es wurden 6 bis 10 Thiere gleichzeitig verwendet; dieselben wurden jedes in einem besonders construirten Blechkasten so fixirt, dass sie den Kopf dem Hustenden zuwenden mussten. Der Abstand zwischen letzterem und dem Kopf des Thieres betrug 20 bis 45 cm. Die Thiere wurden von passend ausgewählten Patienten jeden zweiten Tag 3 Stunden angehustet, und zwar dauerte die einzelne Versuchsperiode mehrere Wochen bis Monate.

Das Resultat war, dass von 25 nicht vorzeitig gestorbenen Meerschweinchen 6 Symptome von Inhalationstuberculose zeigten. Auffällig war bei diesen Thieren der ausserordentlich langsame Verlauf der Erkrankung; ferner die Beobachtung, dass wiederholt nur geschwellte, zum Theil verkäste Bronchialdrüsen gefunden wurden und dass in den Ausstrichpräparaten auch dieser Drüsen Tuberkelbacillen mehrfach nicht nachgewiesen werden konnten. Vermuthlich haben wir es hier mit sonst kaum bekannten Infectionen durch ganz vereinzelte Bacillen zu thun, die unter Umständen vielleicht selbst vom Körper des an und für sich so empfänglichen Meerschweinchens überwunden werden können.

Der Beweis für die Infectionsfähigkeit der beim Husten des Phthisikers verspritzten Tröpfchen ist damit nach allen Seiten hin als völlig erbracht anzusehen.

Suchen wir auch für die Tröpfcheninfection aus den Resultaten der Experimente praktische Folgerungen abzuleiten, so muss zunächst ohne weiteres zugegeben werden, dass ein Mensch dadurch, dass er in der Nähe eines hustenden Phthisikers sich aufhält, tuberkelbacillenhaltige Tröpfchen einathmen kann, welche vom Phthisiker bei den Hustenstössen in die Luft ausgestreut sind.

Aber die Experimente belehren uns zugleich darüber, unter welchen Bedingungen und in welchen Grenzen diese Art der Infection sich vollziehen kann.

Zunächst streuen bei weitem nicht alle Phthisiker Tröpfchen aus. Individuelle Verschiedenheiten, der wechselnde Gehalt des Sputums an Bacillen, die Tageszeit u. s. w. spielen dabei eine Rolle. Viele Phthisiker scheinen überhaupt nicht auszustreuen; andere nur in einer gewissen Krankheitsperiode; manche nur zu gewisser Tageszeit.

Zweitens spielt die Entfernung des Einathmenden vom Hustenden eine sehr bedeutende Rolle. Bis auf 50^{cm} findet noch ziemlich starke Ausstreuung statt; weiterhin nimmt die Menge der schwebenden Tröpfchen enorm rasch ab, entsprechend der Vertheilung der ausgehusteten Luft nach allen Dimensionen des Luftraumes. In 1 $\frac{1}{2}$ ^m Entfernung bleiben die Objectträger schon fast ausnahmslos frei. Man darf daraus zwar nicht schliessen, dass dann gar keine Bacillen mehr in den entfernteren Luftschichten vorhanden sind, vielmehr zeigen die Aspirationsversuche, dass der Nachweis schliesslich wohl noch gelingt, aber die Verdünnung ist so bedeutend, dass Infectionschancen so gut wie gar nicht mehr vorliegen.

Drittens kommt die Dauer des Aufenthaltes in der Nähe des Hustenden als einflussreiches Moment in Betracht. Bei 1 $\frac{1}{2}$ ^m Entfernung vom Hustenden mussten in unseren Versuchen schon 10^{cbm} Luft gesammelt werden, um gelegentlich positive Ausschläge zu erhalten; d. h. ein Mensch müsste schon 24 Stunden hinter einander in dieser Entfernung von einem die ganze Zeit hustenden Phthisiker sich aufhalten und athmen, um vielleicht inficirt zu werden. Durch andauerndes Zusammenleben mit häufiger Annäherung an den Hustenden, also bei Eheleuten, Krankenwärtern, in dicht besetzten Arbeitsräumen u. s. w., werden die Chancen für eine Tröpfcheninfection stark steigen; bei vereinzelt Besuchen und Gesprächen und einer Annäherung auf höchstens 1^m werden dieselben fast auf Null absinken.

Bisher ist es sicher ausserordentlich häufig gewesen, dass zwischen dem Phthisiker und den in seiner Umgebung befindlichen Gesunden während des Hustens eine unnöthige Annäherung stattgefunden, und dass der

Phthisiker dabei keinen Versuch gemacht hat, die Ausstreuung des Contagiums z. B. durch Vorhalten des Taschentuchs zu hemmen. Auf diese Gewohnheiten bezw. diesen Mangel an guter Sitte müssen wir vermuthlich einen grossen Theil der unzähligen Uebertragungen zurückführen, die zwischen Phthisikern und Gesunden sich ereignet haben. Vermeidet die Umgebung des Phthisikers grössere Annäherung an denselben während der Hustenstösse, und sucht dieser seinerseits die Ausstreuung zu beschränken, so werden wir zweifellos eine ungemein wesentliche Verminderung der Infectionsgefahr erzielen.

Selbstverständlich sind freilich unglückliche Zufälle der Art, dass auch bei kürzerem Aufenthalte in der Nähe eines Phthisikers und bei etwas weiterer Entfernung einmal eine Infection zu Stande kommt, nicht völlig ausgeschlossen. Aber solche ausgesucht seltenen Fälle dürfen nicht unsere Beurtheilung der durchschnittlichen Infectionsgefahr beeinflussen und ebenso wenig unsere prophylaktischen Maassnahmen. Bei dem Worte „ansteckende Krankheit“ denken viele Aerzte und Laien unwillkürlich an eine Verbreitungsart, wie sie bei den Pocken und Masern vorliegt. Auch die Phthise gehört zweifellos in die Reihe der direct ansteckenden Krankheiten. Aber wir sind doch längst gewöhnt, mit den enormen Unterschieden zu rechnen, welche die verschiedenen ansteckenden Krankheiten in Bezug auf die Infectionsgefahr zeigen. Mit Recht legen wir in unseren Krankenhäusern Abdominaltyphuskranken mitten zwischen andere Kranke, obwohl sich die Krankheit durch Ansteckung verbreitet. Und so werden wir auch mit der Ansteckungsgefahr, die von einem Phthisiker ausgeht, in verständiger Weise rechnen müssen und eine ernstliche Gefahr nur innerhalb der Grenzen annehmen dürfen, welche durch die oben beschriebenen Experimente festgelegt sind.

Fassen wir kurz zusammen, was wir nunmehr über die Verbreitung der Phthise auf dem Luftwege sowohl durch trockenen Sputumstaub, wie durch die beim Husten verspritzten Tröpfchen kennen gelernt haben, so lassen sich folgende Sätze formuliren: Die Infection wird erfolgen,

1. In Räumen, in welchen phthisisches Sputum auf dem Fussboden oder Gegenständen angetrocknet ist, und wo die Luft sichtbar mit gröberem Staube erfüllt ist, sei es durch trockene Reinigung des Wohnraumes und Zugluft, sei es durch den Verkehr und die Hantirungen zahlreicher Menschen (Werkstätten), oder durch fortgesetzte mechanische Erschütterungen (Bahnwagen). Auch unter diesen Umständen bietet indess meist erst fortgesetzter, längerer Aufenthalt eine gewisse Wahrscheinlichkeit der Infection. — Eine gelegentliche Entleerung des Sputums in's Taschentuch erhöht die Infectionsgefahr in nicht nennenswerther Weise.

2. Beim Zusammenleben mit hustenden und Tröpfchen verspritzenden Phthisikern, wenn häufigere Annäherung an den Hustenden bis auf weniger als 1 Meter stattfinden muss; also z. B. bei Krankenwärtern, in Werkstätten, Fabriken, Schreibstuben u. s. w., wo die Arbeitsplätze keinen genügenden Zwischenraum haben.

Beide Infectionsgelegenheiten sind durch einfache prophylaktische Maassregeln auszuschalten oder doch stark zu reduciren.

Die Infection durch trockenen Sputumstaub ist am leichtesten und sichersten auszuschliessen dadurch, dass alles Sputum in Spucknapfe oder Spuckfläschchen oder Taschentücher, die nach beendeter Benutzung zu desinficiren bzw. zu vernichten sind, entleert wird, wie dies auf Cornet's Mahnungen hin jetzt meist geschieht. — Nebenbei ist in Räumen, wo Phthisiker verkehren, trockene Reinigung möglichst zu vermeiden, bzw. die Räume sind nicht von Menschen zu benutzen, so lange die Luft mit sichtbarem Staube erfüllt ist.

Der Infection durch Hustenstösse lässt sich in ausserordentlich wirksamer und einfacher Weise begegnen, dadurch, dass der Hustende während des Hustens das Taschentuch oder wenigstens die Hand vor den Mund hält. Damit wird ein Hinausgelangen der Tröpfchen über die allernächste Umgebung des Mundes fast ganz gehindert.¹ Ferner ist unnöthige Annäherung an den Phthisiker auf weniger als 1^m zu unterlassen, so lange der Phthisiker hustet und so lange er nicht in der Lage ist, das Taschentuch oder die Hand vorzuhalten. In Bureaux, Werkstätten möge die Entfernung zwischen den Köpfen der Arbeitenden mindestens 1^m betragen. Die von B. Fränkel empfohlenen Schutzmasken möchte ich nur für besondere Einzelfälle, wo ein möglichst vollständiger Schutz der Umgebung des Kranken indicirt ist, reservirt wissen.

Liegt Grund zu der Annahme vor, dass in bestimmten Räumen eine weitere und bedenkliche Ausstreuung von Tuberkelbacillen in Staub- oder Tröpfchenform stattgefunden hat, so sind dieselben mit Formaldehyd zu desinficiren, was nach dem im hiesigen hygienischen Institute ausgearbeiteten Verfahren jetzt sicher und mit geringen Unkosten gelingt.

Eine Detaillirung und Ergänzung dieser prophylaktischen Maassregeln möchte ich mir für später vorbehalten. Schon aus meinen heutigen Ausführungen ist indess jedenfalls zu entnehmen, dass die bessere Erkenntniss der Verbreitungsweise der Phtise, die wir den Arbeiten von M. Neisser, Laschtschenko, Heymann, Sticher und Beninde verdanken, uns auch in den Stand setzt, die gefürchtete Krankheit zielbewusster und wirksamer als bisher zu bekämpfen.

¹ Eine specielle Untersuchung hierüber wird nächstens Dr. Bartenstein mittheilen.