

333 / o. t

Beobachtungen über die metachromatischen Körperchen, Sporenbildung, Verzweigung, Kolben- und Kapselbildung pathogener Bakterien ¹

Von

Prof. V. Babes
in Bukarest.

(Hierzu Taf. X u. XI.)

Es wird der Zweck dieser Studie sein, in die näheren Bedingungen der Entwicklung, in die Ausbreitung und den Zusammenhang der im Titel dieser Abhandlung erwähnten Bildungen einzugehen. Dass ich hierbei besonders die pathogenen Bakterien vor Augen habe, ist in meinen reichlicheren Erfahrungen über dieselben begründet, doch werde ich nicht ermangeln, gegebenen Falls auch nicht pathogene Formen zum Vergleiche oder zur Erklärung heranzuziehen.

Seit meinen Angaben über die metachromatischen Körperchen der Cholera bacillen, sowie verschiedener anderen Bakterienarten² und der Tuberkelbacillen³ haben sich zahlreiche Forscher, Ernst, Neisser, Bütschli, Straus, Copen-Jones mit denselben beschäftigt und sind zu Resultaten gelangt, welche mit den meinigen übereinstimmen.

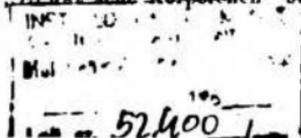
Es blieb festgestellt, dass dieselben aus einer chromatischen Substanz, analog jener des Zellkernes, bestehen, welche in inniger Beziehung zu der Zelltheilung und namentlich zu der Sporenbildung steht.⁴ Meine Unter-

¹ Eingegangen am 26. Juni 1895.

² *Verhandlungen des internationalen hygienischen Congresses.* Wien 1887.

³ *Les bactéries.* 1887. 2. Aufl. — 1890. 3. Aufl.

⁴ Merkwürdiger Weise wurden diese Körperchen trotz der allseitigen Anerkennung meiner Priorität als „Ernst'sche Körperchen“ bezeichnet.



suchungen, sowie die von Ernst¹ und Bütschli² hatten die Ausdehnung des Vorkommens dieser Körperchen bei vielen Bakterienformen nachgewiesen und ist das Verhältniss derselben zur übrigen Bakteriensubstanz der Art aufzufassen, dass unter bestimmten Verhältnissen, namentlich bei vollständiger ruhiger und langsamer Entwicklung der einzelnen Individuen, besonders an den Enden und an den Theilungsstellen derselben, runde oder längliche Körperchen auftreten, deren Theilung jener des Individuums vorangeht. Bei Bakterien, wo sich keine Sporen bilden, finden sich diese Körperchen an denselben Stellen und unter Bedingungen, unter welchen sich bei sporenbildenden Bakterien die Sporen bilden. Bei asporogenen Bakterien sind es diese Körperchen, welche nach dem Zerfall der Bakterien längere Zeit noch zu erkennen sind und wahrscheinlich etwas resistenterer Bildungen darstellen als die übrige Bakteriensubstanz.

Bei sporenbildenden Bakterien bilden sich die Sporen in Mitten der metachromatischen Substanz und die Sporen sind oft von diffuser oder körniger derartiger Substanz umgeben. Meine Angaben über diese Körperchen bei Tuberculose sind bis in die neueste Zeit unbeachtet geblieben und auch Coppen-Jones,³ welcher diese zuletzt beschreibt, blieben meine Angaben unbekannt.

Ich hatte gezeigt, dass in älteren Culturen die Tuberkelbacillen bald ihre intensive Färbbarkeit nach Ehrlich verlieren und dann leicht mittels concentrirter Methylenblaulösung gefärbt werden können. Mittels dieser Methode bleiben die von Koch als Sporen gedeuteten ungefärbten Stellen ebenso wie nach Ehrlich ungefärbt, während ganz regelmässig an den Enden und bei längeren Bacillen auch in der Mitte der Stäbchen runde, oft den Durchmesser der Bacillen übertreffende Kügelchen schwärzlich oder schwarz-violett gefärbt werden.

Dasselbe Resultat erreichte ich mittels der Ehrlich'schen Methode und intensiver Entfärbung, indem diese Körnchen schwarzroth gefärbt sind, während der kaum gefärbte Zelleib nachträglich mittels Methylenblau gefärbt werden kann. Im Bakterienwerk Cornil-Babes finden sich diese Verhältnisse abgebildet, und war ich geneigt, diese Körperchen in enge Beziehung zur Sporenbildung zu bringen. Ausser diesen Bestandtheilen beobachtet man manchmal an älterem Materiale im Gewebe Tuberkelbacillen, welche in ihrer Mitte ovale, das Stäbchen manchmal an Dicke übertreffende ungefärbte Bildungen (Sporen nach Koch) enthalten (Fig. 6, 5, 7, 15).

¹ Diese Zeitschrift. 1888.

² Bau der Bakterien. 1890.

³ Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde. 1895 I.

In meinem Bakterienwerke, sowie in einer Abhandlung über die Topographie der Tuberkelbacillen in den Geweben¹ hatte ich schon mehrfach Verzweigung der Tuberkelbacillen, sowie Kolben- und Fadenbildung abgebildet, ohne diesen Gegenstand näher zu beschreiben. Die Fig. 8 ist einer solchen Abbildung entnommen, in welcher ich das Eindringen der Tuberkelbacillen durch das unverletzte Epithel der Tonsillen dargestellt habe.

Diese Abbildungen und Angaben stellen die Thatsache fest, dass ich schon im Jahre 1882 die Verzweigung der Tuberkelbacillen und im Jahre 1887 die metachromatischen Körperchen derselben gesehen und abgebildet hatte. Neuerdings habe ich noch constatiren können, dass diese Verhältnisse namentlich an frischeren Bouillon-Oberflächenculturen gut zu beobachten sind, indem man die Anfangs feine Haut auf ein Deckgläschen ausgebreitet und mittels alkalischen Methylenblau intensiv färbt.

Auf diese Weise erkennt man, wie die zunächst gleichmässig röthlich gefärbten Stäbchen (Fig. 6, 1) in der Mitte blassblau färben, während sich die metachromatische Substanz an den Enden der Stäbchen in Form grösserer Kugeln anhäuft (2, 3, 4). Später zerfällt das Stäbchen zu bläulichen Granulationen, während die endständigen Körperchen als solche bestehen bleiben. Andere Stäbchen bilden keine metachromatische Substanz (6), wieder andere wachsen zu Fäden aus, in welchen oft Reihen von dunkeln Kügelchen liegen (7, 9). Endlich erkennt man hier verzweigte Fäden und Stäbchen, an welchen oft an der Abzweigungsstelle die Körperchen angetroffen werden (8).

An Präparaten, welche mittels Anilin-Rubin stark gefärbt und mittels Säuren energisch entfärbt werden, gestalten sich die Verhältnisse ähnlich, wie dies die durch Ziffern bezeichnete Reihenfolge der Veränderungen darstellt. In Nr. 7 dieser Abbildung erkennt man die Bildung grösserer Bläschen, welche von metachromatischer Substanz umgeben sind. Derartige Bildungen habe ich schon in meinem Bakterienwerke (1885, Titeltafel) dargestellt. Noch deutlicher ist die Zweig- und Sporenbildung in Vogeltuberculose-Culturen, welche bei höherer Temperatur gewachsen sind, zu erkennen, wie dies namentlich Metschnikoff,² Maffuci,³ Straus⁴ u. A. beschreiben. Hier zeigen die Sprossen zugleich kolbige Enden, welche an Dicke die Bacillen weit übertreffen. In Fig. 6, 13, 14, 15 habe ich das Verhältniss glänzender ungefärbter Gebilde, sowie jenes der un-

¹ *Journ. d. Anatomie.* 1883.

² *Virchow's Archiv.* 1888. S. 63.

³ *Diese Zeitschrift.* Bd. XI.

⁴ *La Tuberculose.* Paris 1895.

gefärbten runden Gebilde zu diesen Spross- und Kolbenbildungen dargestellt. Auf die Bedeutung dieser Gebilde will ich noch zurückkommen.

Trotzdem mir demnach diese Bildungen am Tuberkelbacillus schon seit lange bekannt waren, war ich doch nicht in der Lage, dieselben zu erklären, und auch gegenwärtig kann ich nur auf die Analogie derselben mit ähnlichen anderen Bakterien aufmerksam machen, und dies um so mehr, als die neueren Beschreibungen derselben Gebilde mehreren Forschern Anlass gegeben hatten, die Tuberkelbacillen als Formen zu betrachten, welche nicht den eigentlichen Bakterien angehörten.

Ebenso war man bestrebt, den Leprabacillus auf Grund des Vorkommens von Fäden und von Körnern im Innern desselben von den Bakterien abzusondern. Diese Gebilde, sowie eigenthümliche kolbige Verdickungen am Ende der Stäbchen, wie solche z. B. von Bordoni-Uffreduzzi in angeblichen Culturen gefunden wurden, hatte ich schon im Jahre 1882 und 1883 beschrieben und abgebildet.¹

Hier will ich eine Zelle aus einer der letzteren Abhandlung entlehnten Figur wiedergeben, welche ausser der körnigen Structur und Kolbenbildung noch Verzweigung oder Knospenbildung, sowie das Auftreten ovaler oder eierförmiger glänzender Gebilde am Ende der Stäbchen veranschaulicht (Fig. 9b). Fig. 9a stellt eine gänzlich verblasste Leprazelle dar, in welcher theils körnige, theils glatte Leprabacillen liegen, an welchen die Verzweigung oder Knospenbildung, sowie die eigenthümlichen ganz dunklen oder in der Mitte hellen Endkolben oder sporenartige birnförmige Anschwellungen deutlich zu sehen sind.

Nachdem ich aber nachgewiesen zu haben glaube, dass Knospen- und Zweigbildung unter besonderen Umständen bei allen eigentlichen Bakterienformen, sowie bei höheren Pilzformen vorkommen, werden wir zwar zunächst auf einige Fundamentalcharaktere der Bakterien verzichten müssen und einen innigen genetischen Zusammenhang der Bakterien und höherer Pilze zugeben, andererseits aber wird die Gruppe der Bakterien als solche getrost beisammen bleiben dürfen.

Die Zweigbildung beruht namentlich bei den Bakterien ähnlich wie die Fadenbildung auf dem Umstand, dass die Bildung getrennter Individuen in irgend einer Weise behindert ist. Die Zweigbildung im Speciellen hängt noch mit einer Veränderung der Theilungsrichtung in den einzelnen Individuen oder aber mit Sporenbildung zusammen. In letzterer Beziehung erinnere ich bloss an die von Sorokin gefundene Spirille, bei welcher die jungen Spirillen aus den noch in der alten liegenden Spore zweigartig auswachsen.

¹ Topographie des Leprabacillus und Wandern desselben durch die intacte Haut. *Société de biologie*. 1883 und *Arch. de physiologie*.

Es wird als ein Allgemeincharakter der Bakterien betrachtet, dass dieselben sich durch Quertheilung vermehren, also durch Theilung senkrecht zur Längsaxe derselben und so, dass die Theilungslinien parallel zu einander stehen.

Wenn dieses Princip immer aufrecht erhalten bliebe, könnten in der That Verzweigungen an Bakterien nicht oder nur in Verbindung mit Sporenbildung vorkommen.

Nun ist es aber für gewisse Bakterienarten längst festgestellt, dass dieselben sich nicht immer parallel, sondern oft abwechselnd in senkrecht zu einander stehenden Ebenen theilen. Namentlich bei tetragenen Kokken ist dies deutlich zu sehen (Fig. 1a) und kommt diese Bakterien-gruppierung eben durch einen derartigen regelmässigen Wechsel der Theilungsebene zu Stande.

Bei Staphylokokken habe ich nachgewiesen, dass die Kokken sich mittels mehrerer im rechten oder selbst im spitzen Winkel zu einer erstehenden Theilungsebene segmentiren können¹ und scheint eben die eigenthümliche Gruppierung derselben auf diesen Umstand zurückzuführen zu sein. In Fig. 1b habe ich die Theilungsverhältnisse etwas deutlicher wiedergegeben. Man erkennt hier die häufige Dreitheilung der Kokken, wobei manchmal auch Segmente metachromatischer Substanz gebildet werden.

Die Streptokokken sollten sich aber streng nach dem Principe der parallelen Theilungslinien vermehren. In der That könnte diese Wachstumsform ohne die regelmässige Quertheilung nicht zum Ausdrucke gelangen. Je inniger die segmentirten Antheile zusammenhängen, desto längere Ketten werden gebildet. Nun lehrten mich aber zahlreiche Beobachtungen eigenthümliche Abweichungen von diesem Theilungstypus kennen. Im Jahre 1885 habe ich in unserem Bakterienwerke Taf. XVI die eigenthümliche Schwellung der Endglieder mancher Streptokokkenarten, namentlich des Pneumococcus, beschrieben und abgebildet. Dieselben führen zur Bildung rhombischer Formen, in welchen an den Ecken metachromatische Körnchen auftreten (Fig. 2, 15).

Letztere theilen sich in der Weise, dass aus dem rhombischen Gebilde zwei dreieckige (conische) Gebilde mit dunklen Körperchen an der Theilungslinie auftreten (Fig. 2, 16 u. Fig. 22b). Aber diese rhombischen Gebilde können auch durch seitliche Sprossung wachsen (17).

An dem Friedländer'schen Bakterium kann man beobachten, wie diese rhombischen oder besser lanzettförmigen Bildungen durch Längswachsthum zu Fäden auswachsen können, also gewissermassen ein Zwischen-

¹ Diese Zeitschrift. Bd. V.

glied zwischen Kokken und Bacillen darstellen, wie dies auch in Fig. 2, 12 an einem Streptococcus zu erkennen ist. Solche Gebilde finden sich nun bei den meisten Streptokokken nicht nur an den Enden, sondern auch in Mitten der Ketten und auf gewissen Nährböden erscheinen gewisse Streptokokken nur aus lanzettförmigen Gliedern zusammengesetzt. Unter gewissen Culturbedingungen erkennt man nur an den Enden der Ketten eine Verdickung, welche statt aus einem lanzettförmigen Gebilde aus vier Kokken bestehen, welche eine rhombische Figur darstellen (Fig. 2, 2).

Es ist überhaupt bei vielen Streptokokken die Regel, dass an den Enden die Kokken sich verdicken, was offenbar mit einer langsamen Entwicklung zusammenhängt, indem auf ungünstige Nährböden, so auf trockenem Serum, manche Streptokokken aus ungemein grossen Kugeln zusammengesetzte Ketten bilden (Fig. 2, 8, 9).

Auch bei 6 und 7 erkennt man, dass die aus den Kokkenhaufen herauswachsenden Ketten ungemein verdickte, kolbige Enden aufweisen, auf welche ich noch zurückzukommen gedenke.

In Betreff der Zweigbildung interessirt uns namentlich die Bildung von vier Kokken statt zwei, namentlich an den Enden, manchmal auch in der Mitte der Kette (1, 4). Diese vier Kokken entstehen aus einer Veränderung der Theilungsebene, indem entweder ein Diplococcus sich ähnlich dem Tetragenus durch eine der Axe der Kette parallelstehende Theilungsebene in vier Kokken spaltet, oder indem ein Coccus sich in spitzem Winkel in vier Kokken theilt. Eine einzige derartige Anomalie genügt, um wahre Zweigbildung zu veranlassen, indem namentlich bei Ketten, deren Glieder fest zusammenhängen und wie in Fig. 2, 11 in eine Scheide eingeschlossen erscheinen, die in vier getheilte Kokken weiter zu Ketten auswachsen, was in Figg. 2, 3 und 4 gut zum Ausdruck gelangt.

Aehnliche Verhältnisse können unzweifelhaft auch bei anderen Bakterien vorkommen und erklären uns die bei denselben vorkommenden Verzweigungen und Knospenbildungen.

In dieser Beziehung, sowie in Betreff der Kolbenbildung der Bakterien geben uns die Streptokokken mancherlei Aufschluss.

Schon in meiner Mittheilung über das Gelbfieber¹ finden sich verzweigte Streptokokken, sowie die Bildung von endständigen grossen, dunkel gefärbten Kugeln erwähnt und abgebildet.² Später kam ich öfters auf dieselben zurück und in den Abbildungen Fig. 2, 6, 7, 10, 11, 13 erkennen wir leicht den Grund dieser Bildungen. Namentlich Streptokokken, welche

¹ *Comptes rend. de l'Acad. des sciences.* 1883.

² *Les Bactéries.* 1. Aufl. Taf. XVI.

langsam und in kurzen Ketten zu wachsen pflegen, ist der Unterschied zwischen Basis und Ende der Ketten deutlich zu erkennen, besonders dort, wo der Streptococcus sich verzweigt. Das Ende ist in solchen Fällen gewöhnlich durch bedeutend grössere und dunkle Individuen gekennzeichnet, manchmal sind die Knospen auch kolbig, indem die platt gewordenen Individuen sehr dicht stehen und gegen die Spitze allmählich dicker werden. In manchen Fällen, wie in 13, haben sich wahre kolbige Stäbchen ohne eine Spur einer Segmentirung gebildet. Die Aehnlichkeit dieser Gebilde mit den Kolben von Diphtheriebacillen wird um so grösser, als die letzteren oft zu Scheiben zerfallen, welche von den Enden dicht stehender abgeplatteter Streptokokken nicht zu unterscheiden sind. Namentlich bei der Diagnose der Diphtherie muss man vorsichtig sein, um solche Streptokokkenkolben nicht mit Diphtheriebacillen zu verwechseln.

Da demnach diese Kolben gewöhnlich nichts Anderes sind als die Endknospen von Streptokokken, in welchen die Individuen abgeplattet und dicht gelagert sind, werden auch die gerne endständigen metachromatischen Körperchen sich mit Vorliebe in denselben bilden, wie dies Fig. 2, 7 darstellt. Die periphere Lage des Kolbens verblasst daun und kann eine Art Hülle bilden.

Es fragt sich nun ob diese Kolbenbildung mit jener der „Kolben- und scheibenbildenden Bakterien“ identisch ist.

Der Hauptunterschied dürfte in der Häufigkeit dieser Gebilde bei diesen liegen; was aber die Art der Entwicklung und die Bedeutung derselben betrifft, stehe ich nicht an, diese von jenen abzuleiten und überhaupt eine nahe Verwandtschaft besonders jener kurzen Streptokokken, welche häufige Kolben bilden, mit den Diphtheriebacillen und ähnlichen Bakterien zuzugeben.

Namentlich manche in diese Gruppe gehörigen Bakterien, so Fig. 3c, erinnert auffallend an Streptokokken, namentlich jene Stäbchen, welche nicht in die Kolbenbildung eingehen, sind deutlich aus kettenbildenden Diplokokken zusammengesetzt, welche wohl etwas inniger zusammenhängen als wahre Streptokokken, und auch die Kolbenbildung und Verzweigung erinnern an die Verhältnisse bei Streptokokken. Eine Verzweigung namentlich an den Enden der Bacillen dieser Gruppe hatte ich schon öfters beobachtet und konnte selbst nachweisen, dass dieselbe öfters von metachromatischen Kügelchen vom Bacillenkörper ausgeht. Fig. 3b ist einer Abbildung aus meiner Mittheilung¹ nachgebildet. Man erkennt an derselben die Beziehung einer Abzweigung zu einem chromatischen Körperchen. Seiner Zeit habe ich dieselbe als Scheinverzweigung gedeutet,

¹ Diese Zeitschrift. Bd. V. 1888.

nachdem ich aber seitdem oft den innigen Zusammenhang der Knospen mit dem Bacillus gesehen und photographirt hatte, erscheint es mir unwesentlich von Scheinverzweigungen zu sprechen, selbst wenn sich dieser Zusammenhang aufgelöst hat, ebenso wie es mir nicht nöthig erscheint, dort von Scheinfäden zu sprechen, wo wahre Fäden die Tendenz besitzen sich in Bacillen aufzulösen. Es würde diese Unterscheidung dort gerechtfertigt sein, wo die Fäden oder die Verzweigungen überhaupt kein Stadium besässen, in welchen an ihnen keinerlei Trennung des Zusammenhanges erkannt werden könnte.

Auch bei der Gruppe der Diphtheriebacillen ist die Faden- und Zweigbildung eine Ausnahme, indem auch hier die neugebildeten Individuen nicht längere Zeit zusammenhängen und auch die Sprossen und Dolden sich gewöhnlich schnell ablösen. Uebrigens konnte auch C. Fränkel unter gewissen Wachstumsbedingungen eine wahre Sprossung der Bacillen beobachten.¹

Schon vor längerer Zeit gelang es mir, bei einem wohl dieser Gruppe nahestehenden höheren Luftpilz an den Klatschpräparaten Verzweigung und Kolbenbildung in ganz regelmässiger Weise zu erkennen (Fig. 3, d, e).

Dieses Bacterium stellt vielleicht einen Uebergang zwischen den Kolben und scheidenbildenden Bacillen und dem Actinomycespilz dar.

Man war geneigt² als eine solche Uebergangsform den Tuberkelbacillus zu betrachten, doch glaube ich nachgewiesen zu haben, dass sich die Begründung dieser Annahme auf Verhältnisse stützte, welche nicht nur beim Tuberkelbacillus, sondern auch bei anderen Bakterien vorkommen. Die Annahme der Uebergangsformen wird ausser durch die Kolbenbildung und Verzweigung noch durch die Art der Kapselbildung bei diesen Bakterien begründet.

Die Kapselbildung.

Kapselbildung wird unter Umständen bei den meisten Bakterien gefunden und ist dieselbe, wie ich selbst beim Actinomycespilz³ und Ernst⁴ beim Xerosebacillus nachgewiesen hatte mit der Kolbenbildung oft eng verknüpft.

Ich kann im Allgemeinen sagen, dass die Bildung von metachromatischen Körperchen, von Sporen, von Zweigen, von Knospen- und Kapsel-

¹ *Hygienische Rundschau*. 1895.

² Fischel, Cöppen-Jones. *Untersuchungen über Tuberkelbacillen*. Wien 1893.

³ Virchow's *Archiv*. 1886. Bd. CV.

⁴ A. a. O.

bildung, oder besser gesagt von bedeutender Schwellung derselben, von ähnlichen Bedingungen abhängen, namentlich gerne an den Enden der Bakterien bei langsamem Wachstum und unter wenig günstigen Lebensbedingungen eintreten, indem offenbar ein nothwendiger Zusammenhang zwischen diesen Bildungen besteht.

Es haben wohl alle Bakterien eine äussere homogene, gewöhnlich nicht färbbare Schichte, welche oft nicht direct wahrgenommen wird. Es gelingt aber mittels Beize oder mittels intensiver Färbung dieselbe darzustellen.

In anderen Fällen wird das Bacterium zugleich mit der Kapsel gleichmässig gefärbt, so dass die Kapsel in Folge dessen nicht wahrgenommen wird.

Kapselbildung konnte ich bei Staphylococcus, bei Streptokokken, wo dieselben oft eine schlauchförmige Hülle für die ganze Kette bildet,¹ wahrnehmen.

Bei Bakterien war mir schon längst aufgefallen, dass dieselben oft im Culturpräparate sich nicht berühren, sondern regelmässige Zwischenräume zwischen den einzelnen Individuen bestehen. Durch Behandlung mittels Beize konnte ich nun nachweisen, dass diese Bakterien, so der Typhusbacillus, von einer dicken, fast ungefärbten Hülle umgeben ist, von welcher dann die Geisselfäden ausgehen.² Aber auch bei Bakterien, welche keine Geisselfäden besitzen, z. B. beim Rotzbacillus, kann mittels Beize eine Art Kapsel oder Rindenschicht dargestellt werden, welche bei dieser Behandlung als eine ungemaine Verdickung der Individuen zum Ausdrucke kommt.

Namentlich den Antraxbacillus, dessen Zone im Blute schon von Koch beschrieben wurde, kann man so färben, dass die Bacillen bloss als dünne Stäbchen erscheinen, z. B. mittels der Gram'schen Methode, und andertheils mittels Löffler's Rubin so, dass die dünnen Bacillen von einer sehr deutlichen dicken Kapsel umgeben erscheinen, deren Begrenzung beiläufig der nach Koch charakteristischen Form und Grösse des Bacillus entspricht (Fig. 18).

Bloss erkennt man hier namentlich an Scheinfäden rundliche Begrenzungslinien und öfter eine kolbige Verdickung an einem Ende. Es ist fraglich, ob wir berechtigt sind, den dünnen Bacillus einfach als Kern des Bacillus und die Kapsel als eigentliches Zellprotoplasma zu betrachten. Bei intensiver Färbung mit Hülfe von Beizen wird der Bacillus sammt Kapsel in der bekannten Weise, ohne dass die Kapsel als solche erkannt

¹ *Untersuchungen über septische Prozesse des Kindesalters.* Leipzig 1886.

² Varietät und Variabilität des Typhusbacillus. *Diese Zeitschrift.* Bd. IX. 1890.

wird, gefärbt. Bei diesem Bacillus, noch besser aber bei einem dem Bacillus megatherium ähnlichen Stäbchen, werden an den Kanten der Stäbchen oder eigentlich der äusseren Schichte mittels dieser Methode eigenthümliche feine Fortsätze oder Fädchen dargestellt, welche wohl den Zusammenhang der Stäbchen vermitteln und vielleicht als eine Abart der Geisseln angesehen werden dürfen (Fig. 21).

Die bekannten sogenannten Kapselbakterien haben natürlich eine leichter darstellbare Kapsel, welche aber, wie bekannt, nur unter gewissen Bedingungen deutlich wird. So erscheint die Kapsel des Pneumoniococcus ebenso wie jene des Antraxbacillus besonders deutlich im Innern des lebenden Organismus. Der Friedländer'sche Bacillus lässt die Kapsel leichter erkennen und konnte ich an derselben oft eine deutliche concentrische Schichtung wahrnehmen (Fig. 22a).

Es handelt sich hier eben um ein der Proteusgruppe nahestehendes Bacterium, deren Kapseln ganz eigenthümliche Form und Bedeutung zukommt. Zunächst will ich an die Kapselbildung der von mir als „Ascobacterium luteum“ bezeichneten Luft- und Wasserbakterie erinnern.¹ Hier bedeutet die Kapsel offenbar ein Organ, welches sich in der Bacteriencolonie selbstständig organisirt. In der Mitte der rundlichen Colonie (Fig. 13a) tritt nämlich ein verzweigtes Netzwerk auf, welches schon mittels geringer Vergrößerung leicht erkennbar ist. Ein ähnliches Netzwerk bildet auch unter Umständen der Friedländer'sche Bacillus. Dieses Netzwerk besteht aus grossen länglichen Kapseln, welche in verzweigten Ketten angeordnet sind. Dieselben haben einen Durchmesser von etwa 0.01 mm. Die Kapseln Fig. 13b, 2—1—9 sind aus einer hyalinen Masse gebildet und enthalten zunächst ein oder mehrere Stäbchen von 0.5 μ Dicke.

Diese Bacillen quellen auf und bilden im Innern der Kapsel dicke Ketten von runden oder länglichen Gliedern (2, 3) und diese gehen Theilungen in verschiedenen Richtungen (Quer- und Längstheilungen) ein (3). Hieraus resultiren dann entweder grob- oder feinkörnige Massen, welche die Kapseln ausfüllen (4, 5, 6) oder Doppelreihen von Kokken (9) oder aber quergestellte Stäbchen (7), welche die Kapsel durchbrechen und in Freiheit gelangend von Neuem eine zunächst dünne Kapsel bilden (1).

Die grossen gemeinschaftlichen Kapseln bilden sich demnach inmitten und an der Oberfläche der Colonie, dort wo offenbar ungünstige Nährungsverhältnisse vorliegen. Auch die vorerwähnten Kapseln, welche am Antraxbacillus im kreisenden Blute deutlich werden, sowie jene des

¹ Beschrieben und abgebildet in *Les Bactéries*. 1887.

Pneumococcus und mancher Streptokokken, welche in der Bauchhöhle entstehen, lassen ähnliche Entstehungsbedingungen erkennen.

Besonders deutlich aber erscheint die Kapselbildung als Schutzorgan ungünstigen Lebensbedingungen gegenüber am Actinomycespilz, am Tuberkelbacillus und am Rhinosclerombacillus.

Bei den entsprechenden Erkrankungen handelt es sich um langsam wachsende Bacillen, welche in inniger Berührung mit lebendem Gewebe sich von einem Schutzorgane umgeben. Dort wo der Tuberkelbacillus leicht das lebende Gewebe zerstört, bildet derselbe gewöhnlich keine wahrnehmbare Kapsel, nur bei Thieren, deren Organismen einen für dieselben weniger günstigen Nährboden darstellen, erscheinen dieselben in der von Metschnikoff¹ dargestellten Weise. Auch der Actinomycespilz bildet nur dort Kapseln, wo er sich in seiner Ausdehnung behindert findet.

Im Jahre 1885² hatte ich eine Methode beschrieben, mittels welcher der Actinomycespilz gut gefärbt und studirt werden kann. Zunächst constatirte ich, dass der centrale Filz nach Gram gut gefärbt wird, indem derselbe sich aus verzweigten dickeren und dünneren verzweigten Fäden bestehend darstellt. Dieselben sind nicht homogen, sondern enthalten stärker gefärbte metachromatische Körner, welche auch nach intensiver Methylenblaufärbung dunkelviolettfärbt werden (Fig. 10a). Namentlich im Inneren von entarteten kernlosen Zellen kann man diese Verhältnisse gut beobachten (Fig. 10b).

Nun habe ich im Jahre 1885 nachgewiesen, dass die Actinomyceskolben nichts Anderes sind, als die Enden des verzweigten Fadens, welche von einer dicken geschichteten Kapsel umgeben sind.

Mittels Färbung nach Gram kann man die Fäden ins Innere der Kapsel verfolgen und erkennen, dass dieselben inmitten der Kapsel gewöhnlich mit einem metachromatischen Körperchen enden, welches in der Regel eine knopfförmige oder kolbige Anschwellung des Fadens bedingt.

Oft erkennt man noch in der ganzen Länge des in die Kapsel eingeschlossenen Fadenantheiles chromatische Körperchen, welche zum Theil die Fäden an Dicke übertreffen. In anderen Fäden erkennt man nun, wie im Innern der Kapsel diese Körperchen im Centrum verblassen und endlich ein glänzendes, nur an der Peripherie gefärbtes, rundliches Gebilde, wohl eine Spore darstellen (Fig. 14a).

Boström konnte in seiner Monographie³ über den Actinomycespilz diese Verhältnisse nur bestätigen, indem derselbe in einigen unwesent-

¹ *Hygiene-Congress*. London 1892.

² *Les Bactéries*. 1. Aufl.

³ *Ziegler's Beiträge*.

lichen Punkten von meiner Auffassung abweicht. Dieser Forscher behauptet z. B., dass die Sporen die Fäden an Dicke nicht übertreffen und erklärt meine gegentheiligen Angaben aus einer Schrumpfung des Fadens in Folge der Behandlung. Diese Erklärung kann ich nicht zugeben, indem ich dieselben Verhältnisse auch in ganz frischem Präparate erkennen konnte, wohl aber ist mir bekannt, dass die dunklen, sowie die hellen Körperchen zunächst in der That nicht dicker sind, als die Fäden, während dieselbe später zum Theil wohl auch in Folge einer Veränderung des Fadens dicker erscheinen können.

Die das Fadenende umgebende Kapsel kann durch Färbung mittels Anilin-Safranin und nachheriger Behandlung mittels Lugol'scher Lösung schön gefärbt werden, aber auch im ungefärbten Präparate erkennt man an derselben concentrische Schichtung und eine Abhebung derselben namentlich am Ende des Fadens. Copen-Jones hat dieses Verhalten neuerdings wieder beschrieben. Boström meint, dass dieses Gebilde eine einfache Verdickung der Fadenhülle darstellt, während ich dasselbe als verdickte Scheide oder Kapsel beschreibe, welche das Fadenende kappenartig umgiebt. Nun sehe ich nicht ein, inwiefern Boström von meinen Angaben abweicht, nachdem es mir ja auch klar ist, dass die Kapsel von der äusseren Lage des Bacillus ebenso gebildet wird wie andere Bakterienkapseln.

Meine Befunde haben natürlich die früheren Behauptungen, als ob die Kolbenbildung des Actinomycespilzes einfach als eine Degenerationserscheinung zu deuten wäre, endgültig widerlegt, indem man doch nicht behaupten kann, dass ein Gebilde, welches berufen ist, eigenthümliche Formbestandtheile des Pilzes, namentlich auch Sporen zu umhüllen, als ein degenerirtes Gebilde anzusehen sei. Die Kolben bilden sich in der That unter ungünstigen Lebensbedingungen bei Mangel an Nährmaterial, wie z. B. die Sporen der Bacillen, zu welchen sie in inniger Beziehung stehen, und welche man doch nicht als Degenerationsformen betrachten kann.

Es ist übrigens um so verzeihlicher, wenn andere Forscher die Kolben als etwas Degeneratives betrachten, indem in der That in vielen Kolben der Faden zu Grunde geht ohne Sporen zu bilden und es wohl auch vorkommen kann, dass ähnliches Material auch dort auswächst, wo sich keine Fadenenden bilden, wie dies in Fig. 14, 6, 2 zu sein scheint.

Wie wir gesehen haben, ist Kapselbildung ein bei den Bakterien weit mehr verbreiteter Vorgang als dies gewöhnlich angenommen wird, und ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich manche Gebilde, welche bisher unerklärt waren, auf eine Art Kapselbildung zurückführen zu können glaube. Zunächst kennt man namentlich saprogene Bakterien, wie

ich solche bei einer Form hämorrhagischer Infection¹ abgebildet habe, welche in den Culturen oft als ganz kurze Stäbchen erscheinen, die aber an jedem Ende eine blass gefärbte, kugelige oder längliche Anschwellung tragen (Fig. 16a). Durch dieselben, welche bei dicht stehenden Bacillen zu verschmelzen scheinen, erscheinen dann die Bacillen distanzirt und wie von einer Gliasubstanz umgeben, ja oft sind diese Anschwellungen so bedeutend, dass sie das ganze Bacterium kapselartig umgeben. Diese Anschwellungen haben nun das tinctionelle Verhalten der Bakterienkapseln und dürften um so mehr auf von den Bakterienenden ausgehende kapselartige Schwellungen der Bakterienhülle zu deuten sein, als dieselben Bacillen in anderen Culturen deutliche Kapseln besitzen (Fig. 16, 6).

Andere eigenthümliche Gebilde, welche ich bei *Staphylococcus aureus*, weniger bei anderen Staphylokokken nachweisen konnte, und in der 3. Auflage unseres Bacterienwerkes photographisch dargestellt habe, bestehen in Kugeln, welche jene der Kokken etwas übertreffen und namentlich in älteren stark gelb gefärbten Culturen derart zahlreich angetroffen werden, dass sie an Zahl die dunkel färbbaren Kokken übertreffen. Es ist mir klar geworden, dass diese Gebilde, welche sich mittels Methylenblau ganz blass röthlich färben, den gelben gelösten Farbstoff der Culturen enthalten. In Fig. 1 sieht man nun, dass sich diese blassen Kugeln an dunklen Kugeln bilden als Umwandlungen oder Auswüchse derselben, um später frei zu werden.

Wenn wir bedenken, dass sich diese Gebilde unter Umständen finden, wo bei anderen Bakterien Kapselbildung stattfindet, ferner, dass oft die Kapseln der Bakterien deren Farbstoff enthalten, ferner, dass sich diese Gebilde wie Kapseln färben und sich ähnlich entwickeln wie die oben beschriebenen endständigen Gebilde, können wir nicht umhin, an eine Analogie derselben mit der Kapselbildung zu denken. Es wäre selbst möglich, dass diese Gebilde, indem sie die Kokken rosettenförmig umgeben, einen gewissen Schutz derselben darstellen und so zur grossen Resistenz des *Staphylococcus aureus* beitragen.

Dass die Kapselbildung als eine Schutzvorrichtung der Bakterien und namentlich als deren zur Erhaltung der Art dienende Apparate zu betrachten sei, erkennt man bald, wenn man die Form und die Umstände betrachtet, unter welchen diese Bildung bei den verschiedenen Bakterien auftritt.

Bei einem eigenthümlichen krummen Luftbacterium, Fig. 15a, erkennt man zunächst die Bildung jenes von Bütschli, Schottelius, Zacharias u. A. beschriebenen Centralkörpers, wodurch der Eindruck

¹ Babes-Oprescu, *Annales de l'Institut Pasteur*. 1890.

eines eingekapselten Stäbchens gewonnen wird. Wir werden sehen, dass es sich hierbei nicht um eine Kapsel handelt, indem das stäbchenhaltige Bacterium noch von einer wirklichen Kapsel umgeben sein kann (Fig. 22).

Das erwähnte krumme Stäbchen bildet Sporen in seiner Längsmittle (Fig. 15c), ausserdem aber entstehen kleine chromatische Kügelchen, welche von einem hellen Hof und ausserdem von einer breiten, gut gefärbten Kapsel umgeben sind. Andererseits finden sich aber noch andere kleine 0.3—0.4 μ durchmessende runde, glänzende Kügelchen, welche von einer zunächst dunkeln, an der Peripherie blassen, breiten Kapsel umgeben sind. Manchmal sind 2 oder 3 derartige glänzende Körperchen von einer gemeinschaftlichen Kapsel umgeben (Fig. 15f).

Es scheint, dass sich hier zweierlei Sporen bilden, deren eine Art von einer Kapsel umgeben ist, ähnlich wie die Sporenbildung beim Actinomyces mit Kapselbildung einhergeht. Die eigenthümliche Kapselbildung des Antraxbacillus, welche ich schon erwähnt habe, scheint zwar nicht mit Sporenbildung zusammen zu hängen, wohl aber mit eigenthümlicher Fadenbildung, Pseudoramification, ja selbst wahrer Zweig- und Kolbenbildung, wie dies Fig. 18 darstellt. Es fragt sich hier zunächst, ob die Kapsel nicht einfach als Zelleib oder Rindensubstanz, das Stäbchen aber als Kern oder Centralkörper betrachtet werden darf. Dort wo die beiden Antheile des Stäbchens kaum zu unterscheiden sind, wie bei Fig. 18a, könnte eine solche Annahme möglich erscheinen, während bei b und c, welche eine weitere Ausbildung der beiden Substanzen darstellen, welche den Bacillus zusammensetzen, doch mehr von einer Kapsel- oder Scheidenbildung gesprochen werden kann. Namentlich an den Enden der Stäbchen, sowie der Pseudoramificationen kann man von einer wahren Kolbenbildung sprechen, an welcher selbst eine Andeutung von Schichtung der Kapsel, namentlich eine dunkle gefärbte äussere Schichte derselben erkannt wird. Fig. 18e zeigt wahre Zweig- oder Knospenbildung, und erklärt sich wohl dieser seltene Befund aus dem Umstande, dass mittels der angegebenen Methode die Kapsel, welche als eine wahre Membran betrachtet werden muss, sehr deutlich dargestellt wurde, während mittels anderer Methoden dieselbe, und in Folge dessen der Zusammenhang der Stäbchen, nicht ersichtlich ist.

Es ist beachtenswerth, dass die Kapselsubstanz auch selbstständig werden kann, ohne einen Bacillus zu enthalten, indem sich ein Theil derselben, wie bei b vom Stäbchen abtrennt.

Zweifelloos wird auf diese Weise auch bei anderen Bakterien Massen von Rinden- oder Kapselsubstanz abgetrennt und es ist kaum fraglich, dass die Kapselbildung selbst auch mit einer Verkümmernng oder Auf-

lösung von Bakteriensubstanz einhergeht und so zu einer Entartung der Bakterien führen kann.

Mehrere der gefundenen Thatsachen sprechen dafür, dass beide Prozesse vorkommen können, zunächst eine Bildung und Abtrennung von Kapselsubstanz ohne Theilnahme des Bacteriums und eine Entartung oder Auflösung des Bacteriums im Innern der erhaltenen Kapsel.

Wenn wir bedenken, dass Kapselbildung gewöhnlich dort beobachtet wird, wo sich Bakterien in ungünstigen Lebensbedingungen befinden, wird das Zusammentreffen von Bakterientartung und Kapselbildung leicht erklärlich, es wäre selbst leicht möglich, dass die Kapselbildung hier trotz der Tendenz zur Bildung eines Schutzmantels um das bedrohte Bacterium dies nicht erreicht, und dass das reichlich gebildete Material endlich keine lebenden Gebilde mehr enthält.

Die folgenden Beobachtungen werden vielleicht auch diese Fragen dem Verständniss näher rücken.

Am Antraxbacillus kann man in Culturen und in den Organen oft Stäbchen wahrnehmen, welche eigenthümlich geschwellt und blass geworden sind. In der Axe derselben befindet sich ein sehr dünnes, gut gefärbtes Stäbchen, welches den blassen Bacillus der Länge nach in 2 Theile spaltet. Es wäre wohl möglich, dass dieses centrale Gebilde den Rest des Bacillus darstellt, während der blasse Bacillus aus einer kapselartigen, gelatinösen (?) Masse besteht (Fig. 19). Wir werden sehen, dass in der That Kapselmasse sich auch von seitlichen Antheilen der Bacillen bildet (Fig. 17*d*)).

Im Zusammenhange mit dieser Beobachtung steht vielleicht die selten beim Antraxbacillus, häufig namentlich bei einem Bacillus, welcher in 2 Fällen von Noma die Gangrän verursacht hatte und die gangränöse Partie in compacten Massen einnimmt,¹ wahrgenommene Längstheilung der Stäbchen, welche zugleich mit einer Entartung und Erblässung der Stäbchen einhergeht (Fig. 20).

Während die Bacillen im gangränösen Gewebe sehr dünn und blass sind, 0.2—0.3 μ , konnten ziemlich dicke und stark gefärbte Bacillen (0.6 μ) cultivirt werden. Da es sich um eine Reincultur handelte, war es mir schwer anzunehmen, dass es sich um verschiedene Bacillen handle, und ich fand in der That bald den Grund des so verschiedenen Verhaltens. Der gut gefärbte Bacillus, in dessen Mitte oft ein dunkles Stäbchen (Centralkörper) angetroffen wird (Fig. 20*b*) geht in älteren Culturen ganz regelmässig eine Längstheilung ein, indem jeder Bacillus der Länge nach in 2 dünne, blasse Stäbchen zerfällt (Fig. 20*c*). Es ist fraglich, ob diese

¹ *La Roumanie médicale*. 1894.

Bacillen noch lebensfähig sind, jedenfalls sind es dieselben Stäbchen, welche das gangränöse Gebiet erfüllen. Es fragt sich nun, ob die Kapsel sich nicht auch in diesen Fällen auf Kosten des Bacillus und bis zum Schwinden desselben seitlich ausbreitet, so dass die dünnen Stäbchen, neben welchen wohl noch spärliche gefärbte Bacillen angetroffen werden, eigentlich aus lebloser Kapselsubstanz bestehen.

Da ich mehrfach beobachtet hatte, dass sich auch lebende kurze Bacillen¹ (so gewisse bei Influenza gefundene) durch Längstheilung vermehren können, so ist die obige Vermuthung keineswegs einwurfsfrei und handelt es sich auch dort um vitale Längsspaltung, wobei nur der Umstand bedenklich ist, dass die Theilungsstücke bloss die Hälfte der Dicke der gefärbten Bakterien betragen.

Wie dem immer sei, soviel ist als sicher anzusehen, dass Bacillen eine regelmässige Längsspaltung eingehen können, wobei die Spaltungsprodukte bei gewissen Bakterien blass gefärbt erscheinen und bloss die Hälfte der Dicke der lebenden gut gefärbten Bacillen erreichen. Ein Schwund der Bakterien unter dem Einflusse der Kapselbildung ist namentlich bei Proteusarten, sowie bei verschiedenen saprogenen Bacillen häufig und habe ich in dieser Zeitschrift² einen Proteus dargestellt, bei welchem, neben Flaschenformen und Bacillen rundliche Gebilde angetroffen werden, welche oft homogen sind, oft aber noch kleinere oder grössere Punkte chromatischer Substanz enthalten. Hier handelt es sich also offenbar um den Einschluss metachromatischen Materials in Kapselsubstanz, welche übermässig wuchernd das gefärbte Material zum Schwinden bringt. Auch in Fig. 16 werden die Stäbchen unter dem Einflusse der Kapselsubstanz klein und wie erdrückt.

Bei Betrachtung der Fig. 17, welche einen von einem Falle von Angina Ludovici stammenden pathogenen, saprogenen und mycogenen Bacillus darstellt, kann man leicht die Kapselbildung oder besser die Bildung peripherer, schleimiger, quellender Substanz verfolgen, die etwas gekrümmten Stäbchen zeigen zunächst an den Enden reichliche blasse Substanz (*a*, *b*), dieselbe quillt an und bildet zunächst rundliche blasse Gebilde (*b*), welche an Grösse zunehmend zum allmählichen Schwunde des Stäbchens zu führen scheinen (*c*). Andererseits findet man chromatische Gebilde, von deren Längsseiten ähnliche Substanz hervorquillt (*d*). Dieselbe entsteht oft nur an einer Seite des Stäbchens (*h*) gewöhnlich an beiden (*e*, *f*, *g*). Bei dieser mächtigen Entwicklung erkennt man an derselben deutlich eine eigenenthümliche Structur. Dieselbe besteht aus mehreren in quer zur Axe des

¹ *Centralblatt für Bakteriologie*. 1891. Photogr. 2.

² *Isolirt färbbare Bestandtheile*. *Diese Zeitschrift*. 1888. Bd. V. Taf. II, Fig. 25.

Bacillus stehenden Reihen von hellen Kügelchen oder Waben, welche zu einer mucösen Masse zusammenstehen. Oft schwindet die chromatische Substanz an denselben und wir erkennen nichts als die blattförmigen oder viereckigen Reihen von Kügelchen oder Waben, deren Bedeutung als Kapselsubstanz eines mycogenen Bacillus keinem Zweifel mehr unterliegt.

Aehnliche Structur zeigt ein grosser mycogener Bacillus (Fig. 22), welcher bei Influenza aus den Bronchien genommen wurde.¹

Dieser Bacillus, welcher auf Gelatine oder Agar-Agar reichliche schleimige Massen bis zur Vertrocknung der Nährsubstanz bildet, zeigt hier zunächst eine chromatische Grundsubstanz, in welcher theils eingekapselte (b) theils nackte Bacillen liegen. Die eingekapselten Bacillen lassen oft einen deutlichen Centalkörper erkennen. Der Zelleib selbst besitzt zahlreiche Fortsätze, welche wohl durch die Eindrücke der rundlichen Kapselkörner erzeugt werden.

Die Kapsel ist in der That aus regelmässig in mehreren Schichten neben einander gelagerten ovalen oder rundlichen stahlig um den Bacillus gelagerten Körnern oder Waben (?) mit weniger blasser Zwischensubstanz gebildet. Erst neuerdings ist dieser mein Befund wieder von Anderen, welche mein Photogramm nicht gesehen zu haben scheinen, beschrieben worden.

Eine ganz merkwürdige Kapselbildung oder besser Fortsätze mit schleimiger Zwischensubstanz bildet ein anderer bei Bronchitis gefundener Bacillus, welcher gewöhnlich in cubischen Stücken angetroffen wird (Fig. 22). Dieselben bilden oft kurze Ketten, welche in eine schwächer gefärbte Grundsubstanz eingebettet sind, und von welcher dann lange communicirende Fortsätze, oft mit blassen Knotenpunkten, welche wohl entarteten Bacillen entsprechen, ausgehen. In den Lücken des so entstehenden Netzwerkes befindet sich eine schleimige Zwischensubstanz. Dass die Kapselbildung zur Bildung von schleimigen Massen führen kann, ist bekannt (*Leuconostoc mesenter*), unter welch' verschiedener Form aber diese Bildungen und Ausscheidungen erfolgen, dürfte für mehrere Bakterien hier näher erörtert worden sein.

Ganz eigenthümlich und lehrreich ist das Verhalten der Kapseln der Bakterien zu den Geisseln derselben.

Es ist bekannt, dass durch die verschiedenen Färbungsmethoden der Geisseln die Bakterien viel dicker erscheinen als nach den gewöhnlichen Färbungsmethoden. So ist z. B. der Cholera-bacillus 0.5μ dick, während er in Präparaten nach Löffler oder Bunge 1.15μ breit erscheint. Ebenso der Typhusbacillus, welcher sich von etwa 0.5μ (Fig. 27 a) bis zu 1.5μ verdickt.² Diese Verdickung ist offenbar auf die Gegenwart

¹ Ueber Influenza u. s. w. *Centralblatt für Bakteriologie*. 1891. Photogr. 6.

² Vgl. Taf. II, Fig. 27 b.

einer gewöhnlich ungefärbten Hülle zurückzuführen, welch' letztere sich beim Zusammenstehen mehrerer Individuen durch den oft ziemlich beträchtlichen Raum, welcher dieselben trennt, ausgedrückt. Uebrigens erkennt man an Geisselpräparaten bei genauer Untersuchung und bei manchen günstig gefärbten Individuen des Typhusbacillus nicht nur die Bacillen von einer etwas blässer gefärbten Substanz umgeben (Fig. 27 b), sondern bei manchen natürlichen Varietäten dieses Bacillus sogar noch eine blasse Stelle im Inneren des Bacillus selbst (Fig. 26). Die Geisseln setzen nun mit einem verdünnten Ende, oft mit einem stärker gefärbten Punkt an der Peripherie der Stäbchen ein. Im Verlaufe derselben erkennt man oft im Innern des welligen Fadens und manchmal in ziemlich regelmässigen Distanzen etwas stärker gefärbte Körner oder selbst etwas grössere Körner mit hellem ungefärbten Centrum.

Letztere Gebilde sind namentlich an den Enden der Geisseln häufig (Fig. 27 b, d). In Fig. 25 habe ich ein dem Typhusbacillus ähnliches Stäbchen nach Photographien gezeichnet, bei welchem der Unterschied zwischen mit Fuchsin gefärbten Präparaten (a) und solchen nach Bunge gefärbten deutlich hervortritt und die eigenthümlichen, rundlichen, bläseren Gebilde hervortreten, welche mit je einer langen Geissel versehen sind.¹ Nach diesen Befunden wäre also anzunehmen, dass die Geisseln von einer gewöhnlich nicht gefärbten Hülle der Bakterien ausgehen. In meiner hier erwähnten Abhandlung betone ich aber ein noch weiteres eigenthümliches Verhalten, ich will die betreffende Stelle hier wiedergeben.

„Wenn man die Stäbchen mit Löffler's Tinte und alkalischem Rubin färbt, erkennt man das von Löffler beschriebene Geflecht. Zur Zeit der Einsendung der Arbeit hatte sich Löffler noch gegen die Geisselnatur dieser Gebilde ausgesprochen; nach genauer Untersuchung desselben ist es mir unzweifelhaft geworden, dass dasselbe aus Geisselfäden zusammengesetzt ist. Dieselben gehen entweder vom Bacillus selbst aus oder von einer farblosen durch eine scharfe Linie begrenzten Hülle . . . Eigenthümlich gestalten sich die Geisseln der kürzesten, parallel gestellten Stäbchen, indem dieselben scheinbar von einer die ganze Stäbchengruppe umgebenden Hülle ausgehen.“

Die beschriebenen Verhältnisse sind nun in Fig. 27 c und d dargestellt und erhellt hieraus, dass die Bacillen nicht nur eine durch gewöhnliche basische Anilinfarben nicht färbbare dicke Hülle besitzen, sondern auch deren zwei besitzen können, deren eine nach Löffler stark gefärbt wird, während eine dieselbe umgebende Hülle sich auch dieser energischen Färbung gegenüber fast gänzlich ablehnend verhält. Es wird schwer sein alle diese Hüllen, welche keine einfachen Ausscheidungs-

¹ Variabilität und Varietät des Typhusbacillus. *Diese Zeitschrift*. 1890. Bd. IX.

produkte des Bacillus darstellen, nachdem noch von der äussersten Hülle die Geisselfäden abgehen können, unter die gebräuchlichen Begriffe von der Bakterienkapsel unterzubringen und es wird nöthig sein, dieselben scharf zu unterscheiden. Wir wollen hierbei von der sonstigen feinen Structur des Bakterienleibes absehen. Zuvächst müssen wir das Stäbchen so wie es sich bei einfacher Färbung darstellt, betrachten und die in vielen saprogenen Bakterien darin auftretende centrale blassgefärbte Stelle oder andererseits den bei derselben Behandlung auftretenden centralen dunkelgefärbten Körper unterscheiden.

Wenn man den einen centralen schwach oder stark gefärbten Theil umgebenden Bakterienantheil als erste Hülle betrachtet, muss man als zweite Hülle jene bezeichnen, welche nur durch das Beizeverfahren gefärbt wird und von welcher gewöhnlich die Geisselfäden abgehen. Als dritte Hülle betrachte ich jene durch die Löffler'sche Tinte kaum gefärbte breite Hülle, welche sich in gewissen Fällen bei denselben Bakterien bildet und von deren scharf begrenzter Peripherie ebenfalls die Geisselfäden abgehen können. Es stellt diese äusserste Hülle offenbar die Quellung einer gewöhnlich unsichtbaren Membran der zweiten Hülle dar, von welcher die Geisselfäden ausgehen, deren Substanz mit jener dieser schwach färbbaren Hülle übereinstimmt. Dieselbe Masse ist es auch, welche kleinere Bakterienverbände zusammenhält und von welcher dann wieder die Geisseln abgehen. Diese von mir angegebenen Verhältnisse sind zum Theil auch in den Photographien, welche eine später 1893 von Remy und Sagy veröffentlichte Arbeit „Recherches sur le bacille d'Eberth-Gaffky (Gand)“ begleiten zu sehen, doch von den Autoren nicht weiter beachtet worden.

Diese verschiedenen Bestandtheile der Bakterien wurden bisher nicht näher erörtert. In den Arbeiten von Bütschli¹ wird bei Monas Okeni und bei anderen Schwefelbakterien, dann bei Oscillarien und gewissen saprophytischen Bakterien ein Centralkörper beschrieben, in welchem gewöhnlich die von mir beschriebenen metachromatischen Körner liegen. Dieser Körper ist von einer Rindenschichte mit wabenartigen Stücken und von einer Membran umgeben.

Nach meinen hier beschriebenen Befunden gestalten sich die Verhältnisse wenigstens bei pathologischen Bakterien etwas anders. Allerdings kann man auch hier oft einen Centralkörper erkennen, die Rindenschichte aber scheint in mehreren Fällen von Bütschli mit der Kapsel verwechselt worden zu sein. Offenbar kann die Rindenschicht in vielen Fällen mittels einfacher Färbung tingirt werden, während in vielen Fällen wahr-

¹ Ueber den Bau der Bakterien. Leipzig 1890.

scheinlich die nur mittels Beize färbbare breite periphere Schichte dem Bakterienleibe entspricht. Es wäre allerdings möglich, konnte aber nicht deutlich nachgewiesen werden, dass viele Bakterien sowohl eine durch einfache basische Anilinfarben, als auch eine zweite bloss durch Beize färbbare äussere Rindenschicht besitzen, auf welche noch eine Membran folgt, deren eigenthümliche Quellung zur Kapselbildung führt. Die eigenthümliche Structur dieser Kapsel bei manchen Bacterieen, welche in der That an die wabenartige Structur der Bütschli'schen Rindenschichte erinnert, lässt vermuthen, dass auch diese Kapsel als Rindenschicht angesprochen werden konnte. Offenbar ist noch vieles in Bezug dieser Verhältnisse unklar und dürften öfters Rindenschichte und Kapsel verwechselt werden.

Unter welcher verschiedener Form aber diese Bildungen und Ausscheidungen erfolgen, dürfte für mehrere Bakterien hier doch näher erörtert worden sein.

Indem ich nun die Ergebnisse dieser Arbeit zusammenfasse, will ich eingestehen, dass es zunächst meine Absicht war, eine grössere Zahl von mir festgestellter morphologischer Verhältnisse, namentlich pathogener Bakterien, auf Grund früher von mir gegebenen Beschreibungen oder Abbildungen, oder aber nach neuen Beobachtungen niederzulegen. Dieselben besitzen gewisse Eigenthümlichkeiten, welche einen genetischen Zusammenhang zwischen der Bildung von metachromatischen Körperchen, Sporen, Spaltung, Verzweigung, Kolben und Kapselbildung erkennen lassen.

Die Verbreitung von Spross- und Zweigbildung bei verschiedenen Bakterien, die hierdurch möglich gewordene Unterscheidung von Basis und Ende, das Eindringen in die Entwicklung derselben auf Grund eingehenden Studiums von Streptokokken, die Abweichung vom Typus der Quertheilung, die Differenzirung von Bakterien in den Kapseln, sowie die oft complicirte Structur der Kapseln selbst, endlich die Verhältnisse des Centralkörpers dürften für die Stellung und die Systematik der Bakterien nicht ohne Bedeutung sein.

Was die metachromatischen Körperchen betrifft, muss ich die Priorität der Beschreibung derselben, namentlich auch bei Tuberculose, Actinamycose und Lepra in Anspruch nehmen, dieselben kommen auch bei höheren Pilzen, ausser bei den von Bütschli beschriebenen Formen, bei Streptotrix Fosteri, sowie bei einem bei Noma in den gangränösen Partien gefundenen Pilz vor.

Die Knospenbildung, bezw. die Verzweigung der Bakterien kann von den Streptokokken an durch alle Arten verfolgt werden und ist dieser Vorgang namentlich bei Streptokokken in seinem Wesen zu erkennen. Namentlich wo der Vorgang sich im Inneren einer Kapsel oder Scheide vollzieht (Streptokokken, Anthraxbacillus), ist derselbe sehr deutlich.

In Betreff dieser Bildungen schliesst sich an die Streptokokken die Gruppe der dem Diphtheriebacillus verwandten Bakterien, ferner der Tuberkelbacillus und der Leprabacillus sowie der Actinomycespilz.

Die Kolbenbildung ist auf die Bildung von relativen Dauerzuständen und einer kapselartigen Hülle zurückzuführen, was ich namentlich beim Actinomycespilz und von hier ausgehend auch bei anderen Formen nachgewiesen hatte.

Die Kapselbildung steht im engsten Zusammenhang mit der Bildung von Schutzvorrichtungen bei ungünstigen Lebensbedingungen.

Gewisse Bakterien enthalten in ihren Colonieen grosse eingekapselte Bakteriengruppen, in welchen die Vermehrung derselben in eigenthümlicher Weise erfolgt.

Die Structur der Kapseln ist nicht immer eine einfache, nicht nur bei jener des Actinomyces, sondern auch bei anderen Bakterien kann eine concentrische Anordnung derselben, namentlich bei mycogenen Bakterien die Zusammensetzung derselben aus regelmässig gelagerten blassen Körnern (Waben?), nachgewiesen werden. Auch beim Anthraxbacillus findet eigenthümliche Kapsel- und Kolbenbildung statt.

Nahe verwandt mit der Kapselbildung ist offenbar die Bildung quellender Massen an den Enden und an den Seiten gewisser Bakterien, wahrscheinlich die Bildung blasser Kugeln in den Culturen bei manchen Streptokokken und Staphylokokken, sowie eine eigenthümliche Längsspaltung gewisser Bakterien. Auch die Bildung reticulirter schleimiger Massen kann durch modificirte Kapselbildung erklärt werden.

Sowohl die den Centrakörper der Bakterien umgebende Rindensubstanz, als auch die Quellung der äusseren Membran kann als Kapselbildung imponiren.

Die excessive Entwicklung von Kapselsubstanz kann zur Bildung isolirter einheitlicher Kapselmasse führen oder aber die Bacillen zum Schwunde bringen.

Die Geisselbildung der Bacillen steht in inniger Beziehung zu den Kapseln der Bacillen, und beweist dieselbe, dass die Bakterien von mehreren wesentlich verschiedenen Hüllen umgeben sind, namentlich von einer durch Beizung färbbaren und von einer dieselben umgebenden blassen Hülle, von welcher die Geisseln ausgehen. Dieses Verhältniss beweist, dass auch die letztere nicht als eine Ausscheidung des Bacillus, sondern als eine Quellung einer auch bei nicht deutlich kapselbildenden Bakterien vorhandenen Hülle zu betrachten ist.

Es ist zu hoffen, dass die beschriebenen morphologischen Eigenthümlichkeiten der Bakterien noch in anderer Weise verwerthet werden können und werden sich mit der Zeit wohl weitere Anknüpfungspunkte mit denselben finden, einstweilen lege ich aber das Hauptgewicht auf die Beschreibung der thatsächlichen Verhältnisse.

Die beigefügten Tafeln sind grössten Theils Photogrammen möglichst gewissenhaft nachgebildet.



Erklärung der Abbildungen.

(Taf. X u. XI.)

(Mit Zuhülfenahme von Photographien gezeichnet.)

Tafel X.

Fig. 1. Theilungsrichtung von Kokken, Methylenblau. Vergröss. 2000. *a* Tetragenus, *b* Staphylococcus aureus. 1. Blau gefärbte Kokken. 2. Etwas grössere blasse Kugeln. 3. Blasse Kugeln in Verbindung mit dunklen Kokken. 4. Dreitheilung und metachromatische Substanz.

Fig. 2. Pathogene Streptokokken. Methylenblau. Vergröss. 1000. 1. Kette mit veränderter Theilungsrichtung an zwei Punkten. 2. Kette mit rhombisch angeordneter Gruppe am Ende. 3. Kette mit Verzweigung, bedingt durch einmalige Abweichung der Theilungsebene. 4. Verzweigung, bedingt durch Auswachsen einer rhombischen Zellgruppe. 5. Ketten mit zwei Endverdickungen. 6. Auswachsen von Ketten aus einer Colonie mit kolbiger Verdickung der Enden. 7. Aehnlicher Vorgang mit metachromatischen Körperchen an den vergrösserten Endkokken. 8. Vergrösserung der Glieder auf Blutserum. 9. Vergrösserung der Glieder auf Blutserum, namentlich an der terminalen Viergruppe. 10. Zweig- und Kolbenbildung. 11. Zweigbildung und chromatischer Endknopf. 12. Stäbchenbildung im Inneren der Kette. 13. Knospenbildung in Form eines kolbigen Stäbchens. 14. Lanzettbildung im Inneren einer Kette. 15. Endlanzette mit chromatischen Punkten. 16. Lanzettbakterien (Pneumonie) mit metachromatischen Körperchen, Theilung der Bakterien. 17. Seitliches Auswachsen der Lanzetten (Infect. Hämorrh.). 18. Entartung der Ketten. 19. Metachromatische Körperchen und sporenähnliche Gebilde eines Streptococcus (Scarlatina) mit Scheide.

Fig. 3. Diphtheriebacillus und ähnliche Formen. *a* Diphtheriebacillus aus einer frischen Cultur, Methylenblau, Vergröss. 1000, Knospenbildung *b* Pseudodiphtheriebacillus (Angina). *c* Pseudodiphtheriebacillus (Polyarthritus). *d* Luftpilzcolonie, Vergröss. 60. *e* Aus einem Klatschpräparat, Vergröss. 500, Knospen- und Kolbenbildung.

Fig. 4. *a* Luftpilzcolonie, Vergröss. 60. *b* Bei 600facher Vergrösserung Kettenbildung, Verzweigung und Endstäbchen.

Fig. 5. Fadenbildung und metachromatische Körperchen beim Rotzbacillus. Kartoffelculturen. Vergröss. 1300.

Fig. 6. Tuberkelbacillus. Bouilloncultur nach Ehrlich-Ziehl. Vergröss. 2000. 1. Fast homogenes Stäbchen. 2. Metachromatisches Körperchen in der Nähe eines Endes des Bacillus. 3. Zwei hypertrophische metachromatische Körperchen. 4. Metachromatisches Körperchen und Vacuolen. 5. Fadenbildung mit metachromatischer Substanz und Vacuolen. 6. Verzweigung in der Gegend eines metachromatischen Körperchens. 7. Metachromatisches Körperchen und Vacuolen.¹ 8. Fadenbildung, Erblässen des Fadens und zahlreiche metachromatische Körperchen, besonders an den Enden hypertrophisch. 9. Sehr dünner entarteter Faden mit metachromatischen Körperchen. 10. Isolierte metachromatische Körperchen. 11. Körnerbildung aus Bacillenhaufen. 12. Aus dem Bacillenpilz der Oberflächenhaut auf Bouillon. 13. Kolbenbildung des Vogeltuberkelbacillus, glänzende Körner enthaltend 14 u. 15. Bildung kolbiger Sprossen bei demselben.

Fig. 7. Bouillon-Oberflächenhaut des Tuberkelbacillus intensiv mit Methylenviolett gefärbt. Die metachromatischen Körperchen roth gefärbt. Man unterscheidet hier deutlich blaue und röthliche Körner, sowie Verzweigungen.

Fig. 8. Tuberkel-Riesenzelle,² Verzweigung der Bacillen im Inneren einer Riesenzelle.

Fig. 9. Leprazellen: *a* nach Ehrlich eine blasenförmig gequollene entartete Zelle. An den Leprabacillen bemerkt man Verzweigung und an den Enden längliche pyriforme oder rundliche chromatische Körperchen, in deren Mitte sporenhähnliche helle Gebilde sich befinden. *b* Mittels Methylenviolett gefärbte Leprazellen mit Verzweigungen und chromatischen Gebilden.³

Fig. 10. *a* Aeltere Cultur auf Zuckeragar, Verzweigung, metachromatische Körperchen und Sporen (?) aufweisend. *b* Entartete Zelle, verzweigte Actinomycesfäden enthaltend.⁴ An derselben erkennt man bei geeigneter Behandlung metachromatische Körperchen.

Fig. 11. Actinomycesähnlicher verzweigter Pilz im Inneren der gangränösen Partien, Methylenblau, Vergröss. 1000, ⁵ mit metachromatischen Körperchen.

Fig. 12. Streptothrix Josteri aus einem Concremente des Thränencanals, Methylenblau, Vergröss. 1000. Verzweigte Fäden mit chromatischen Körperchen und Vacuolen.

Tafel XI.

Fig. 13. Ascobacterium luterum.⁶ *a* Colonieen bei 60facher Vergrösserung; man erkennt in der Mitte die zu einem verzweigten Netzwerk angeordneten Kapseln. *b* Inhalt der Colonieen bei 800facher Vergrösserung: 1. Bakterien aus der peripheren Zone capsellos oder mit Kapsel dünnere oder dickere Bakterien und Stäbchen bildend.

¹ *Les Bactéries.* 1885.

² Aus Babes-Cornil, *Topographie du bacille de la tuberculose. Journ. d'Anatomie.* 1885.

³ *Arch. de Physiologie.* 1883.

⁴ *Virchow's Archiv.* 1886

⁵ *La Roumanie médicale.* 1894

⁶ *Les Bactéries.* 2. u. 3. Aufl. 1887. 1890.

Die Enden der Kapseln sind dunkler gefärbt. 2.—9. Centrale Kapseln. 2. Streptokokkenartig gereichte grosse Kokken im Inneren der grossen Kapsel. 3. Theilung der sehr vergrösserten Kugeln in verschiedenen Ebenen. 4., 5., 6. Spaltung in Kokkenhaufen. 7. Spaltung in Bacillen. 8. Anstreten der Bacillen aus der Kapsel. 9. Spaltung in zwei Reihen von Ketten.

Fig. 14. Actinomyces gefärbt mittels Gram und Safranin-Anilin-Jod. Vergröss. 800.¹ *a* Geschichtete Kapsel, welche das sporenbildende, verdickte Fadenende umgiebt. *b* Knopffähnlich endende Fäden. 1. Im Innern der Kapseln. 2. Wucherung der Kapselsubstanz. 3. Freie Kolben im Lymphspalten. 4. Freie Fäden.

Fig. 15. Krümmer sporenbildender Bacillus mit Kapselsporenbildung. *a* Bacillus. *b, c* Endogene Sporenbildung. *d* Kapselspore von Bacillen umgeben. *e, f* Freie Kapselsporen. *g* Chromatisches Körperchen von einer Kapsel umgeben. *h* Längliche freie Spore. *i* Centrialkörperbildung.

Fig. 16. Hämorrhagieen erzeugender Bacillus, Methylviolett. Vergröss. 1000.² *a* Terminale Schwellungen. *b* Kapselbildung.

Fig. 17. Pathogener, mycogener Bacillus bei Angina Ludovici. Methylviolett. Vergröss. 1000. *a* Bacillus mit blassen undeutlichen Enden. *b* Mit gequollenen blassen Enden. *c* Mit körnig (wabentartig?) differenzirter Schwellung an einem Ende. *d* Quellung an den Seitentheilen. *e, f* Körnige Quellung an den Seitentheilen. Die Körner sind in Reihen angeordnet. *g* Quellungen mit Schwund des Bacillus. *h* Einseitige Quellung. *i* Zwei Körnerreihen ohne Bacillus.

Fig. 18. Scheinverzweigung, Verzweigung und Kapselbildung des Anthraxbacillus im Blute einer Maus 24 Stunden nach dem Tode. Löffler's Rubin. Vergröss. 800. *a* Bacillus, in deren Mitte ein dünnes Stäbchen (Centrialkörper) erkannt wird. *b* gequollener Bacillus mit Kapsel und abgetrenntem Kapselantheil. Pseudoramification mit schlauchförmiger Kapsel und kurzen Gliedern von Bacillen, am Ende einer Verzweigung eine kolbenförmige Anschwellung (*d*). *e* Wahre Verzweigung.

Fig. 19. Anthraxbacillus mit seitlicher Erblässung und einer dunklen axialen Linie.

Fig. 20. Bacillen bei Noma mit Centrialkörper oder Kapselbildung und Längsspaltung.

Fig. 21. Grosser Bacillus aus der Luft. Methylviolett. Vergröss. 1500. Centrialkörper. An den Ecken finden sich stäbchenartige Fortsätze, mittels welchen die Bacillen in Ketten zusammenhängen.

Fig. 22. Grosse mycogene Bacillen mit Centrialkörper und strahlig angeordneten Kapselkörnern. Methylviolett. Vergröss. 1000.

Fig. 23. Mycogene quadratische Bakterien mit Kapsel, von welcher ein mucinhaltiges Netzwerk ausgeht. Methylviolett. Vergröss. 1000.

Fig. 24. *a* Friedländer'scher Bacillus mit concentrischer Kapsel. *b* Spaltung des Bacillus im Inneren der Kapsel. *c* Fränkel'scher Pneumoniococcus mit Verzweigung im Inneren der Kapsel.

¹ *Les Bactéries*. 1885. — Virchow's *Archiv*. 1886.

² *Annales de l'Institut Pasteur*. 1890.

Fig. 25. Typhusbacillus ähnlicher Bacillus mit geißeltragenden, rundlichen Gebilden.¹ *a* Bei einfacher Färbung. *b* Nach Bunge.

Fig. 26. Ein anderer Typhusbacillus ähnlicher, nach Bunge 1500 mal vergrößert. Helle Stellen im Inneren des centralen Stäbchens, Körner und Vacuolen an den z. Th. verzweigten Geißeln.

Fig. 27. Typhusbacillus, 1500 mal vergrößert. *a* Mittels Rubin gefärbt. *b* Nach Bunge gebeizt. *c* Nach Bunge eine Gruppe von Bacillen in gemeinschaftlicher Kapsel. *d* Ein einzelner Bacillus mit Kapsel und Centralkörper. Die Geißeln von der Kapsel ausgehend.

¹ *Diese Zeitschrift.* Bd. IX. 1890.

UMF

Fig 1



Fig 3.



Fig 2



Fig. 9.



Fig. 7.

Fig 8



Fig 4.

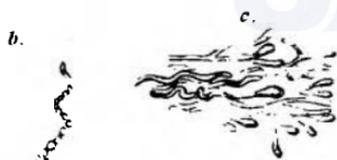


Fig 10



Fig. 12



Fig 11

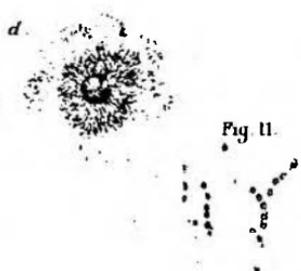


Fig 5.

Fig 6



INST MED FARM TO KUIPERS
ORG
DYS
W
BILK... K...
3

UMF