

Beiträge zur Biologie, Morphologie und Systematik des Tuberkelbacillus.

Von

Dr. Hugo Miede,
Prof. extraord. zu Leipzig.

Das Interesse der medizinischen Bakteriologie ist heute vorwiegend auf die Fragen gerichtet, welche sich aus den Wechselbeziehungen zwischen den Krankheitserregern und dem Körper ergeben. Es ist fast eine chemische Bakteriologie geworden, die als solche große Erfolge errungen hat, hinter der aber die Bakterien als Lebewesen fast verschwinden. Der biologische Forscher hingegen nimmt die pathogenen Bakterien, falls er sich überhaupt einmal für sie interessiert, erst an der Schwelle des Körpers in Empfang, studiert sie als Lebewesen, fragt nach ihren Beziehungen zu anderen Mikroorganismen und sucht sie in das Bild des Naturganzen einzuordnen. Es sind Fragen morphologischer und physiologischer, systematischer und allgemein biologischer Art, die ihm am Herzen liegen. Eine derartige gewiß interessante Frage ist z. B. die nach den Standorten der pathogenen Bakterien. Ist der kranke Körper ihr eigentlicher Standort und damit die einzige primäre Infektionsquelle, oder gibt es Orte in der Natur, wo Krankheitserreger sich einzunisten und zu vermehren vermögen? Auf letzteres kommt es an; denn das Vorkommen einzelner versprengter, meist im Dauerzustand befindlicher Krankheitskeime ist ja oft untersucht worden. Ob aber für gewisse Bakterien Vermehrungsherde, Brutstätten in der Natur existieren, diese Frage ist bisher weder ausreichend diskutiert, noch exakt geprüft worden. Ich habe bereits früher¹ in verschiedenem

¹ H. Miede, Betrachtungen über die Standorte der Mikroorganismen in der Natur, speziell über die der Krankheitserreger. *Centralblatt für Bakteriologie*. 1906. Abt. II. Bd. XVI. S. 430. — Wo können pathogene Mikroorganismen in der freien Natur wachsen? *Medizinische Klinik*. 1906. Nr. 36. — Die Selbsterhitzung des Heus. Eine biologische Studie. Jena 1907. Kap. X. S. 102. — Die Verbreitung der Bakterien. *Naturwissenschaftl. Wochenschrift*. 1908.

Zusammenhänge auf dieses Problem aufmerksam gemacht, kann deswegen hier einfach auf jene Auseinandersetzungen verweisen. Es waren nicht allein theoretische Erwägungen allgemein biologischer und floristischer Natur, die mich leiteten, ich war auch in der Lage, auf einige Tatsachen hinzuweisen. Bei Gelegenheit einer Untersuchung über die Selbsterhitzung von Pflanzenstoffen fand ich drei Schimmelpilze, deren Pathogenität bekannt ist, nämlich *Aspergillus fumigatus* Fres., *Mucor pusillus* Lindt und *Mucor corymbifer* Cohn. Ihre Sporen, wenigstens die der beiden ersten, sind weit verbreitet, so daß sie zu den gewöhnlichsten sogenannten Thermostatenpilzen gehören. Sie treten leicht im Brütschrank als Spontaninfektion auf; von wo aber die Sporen kommen, war nicht bekannt, hatte, wie es scheint, auch niemanden interessiert.

Ich konnte mich nun überzeugen, daß diese Pilze typische Bewohner heißer, selbsterhitzter Pflanzenstoffe sind und unter gewissen Bedingungen hier regelmäßig in üppigem Wachstum angetroffen werden können. Als wärmeliebende Pilze — sie haben ihr Optimum alle etwa bei 40° — sind sie an Lokalitäten gebunden, wo die ihnen zusagende Temperatur im Verein mit den anderen Wachstumsbedingungen geboten wird, und solche Lokalitäten sind eben selbsterwärmte Pflanzenmassen. Es ergab sich also eine interessante Beziehung zwischen Pathogenität und Thermophilie, die weiterer Prüfung wert war. Meine Aufmerksamkeit wurde auch bald auf die Strahlenpilze gelenkt. Sie sind ebenso, wie die oben erwähnten Schimmelpilze, ganz zweifellos keine obligaten Parasiten, sondern müssen von irgendeinem natürlichen Standorte herkommen. Als solcher schien sich das Getreide darzubieten, weil man oft die Beobachtung machte, daß eingestoßene Grannen Infektion herbeiführen. Diese Ansicht scheint mir aber nicht begründet zu sein, wie ich früher auseinandersetzte.¹ Ich neige mehr zu der Auffassung, daß die pathogenen Strahlenpilze ebenfalls selbsterwärmungsfähige Substrate (Braunheu? Stallstreu? Dünger?) bewohnen und ihre massenhaften Konidien erst durch die regelmäßige Düngung der Felder eine so allgemeine Verbreitung bekommen. Im Einklang damit steht die Tatsache, daß gerade Strahlenpilze äußerst charakteristische Bewohner selbsterhitzter Pflanzenmassen sind. So findet sich hier stets der weiße *Actinomyces thermophilus* Berestnew², der grüne *A. monosporus* Lehmann und Schütze³ und es unterliegt wohl

¹ *Centralblatt für Bakteriologie*. 1906. Abt. II. Bd. XVI. S. 435 ff.

² Miehe, *Selbsterhitzung des Heus*. Jena 1907. S. 61.

³ H. Schütze, Beiträge zur Kenntnis der thermophilen Aktinomyzeten und ihrer Sporenbildung. *Archiv für Hygiene*. 1908. Bd. LXVII. S. 35—56. — Ich bin diesem von dem Autor auf selbsterhitztem Klee gefundenen Pilze inzwischen auch öfter begegnet.

kaum einem Zweifel, daß die wärmeliebenden Aktinomyzeten, die Berestnew¹ spontan auf Strohstückchen im Thermostaten auftauchen sah, unter natürlichen Verhältnissen dieselben Lokalitäten bewohnen, wie der *A. thermophilus*, den man auch vorher nur auf Erdplatten usw. bei Bruttemperatur beobachtete, bis ich ihm einen Platz in der Natur anweisen konnte. Die Prüfung der Frage, inwieweit selbsterwärmungsfähige Stoffe als Infektionsquelle bei Aktinomykose in Frage kommen, muß erneuten Untersuchungen vorbehalten bleiben. Pathogene Schimmelpilze kommen jedenfalls dort vor, und die prinzipielle Bedeutung dieser Tatsache wird, wie ich glaube, nicht dadurch verringert, daß diese Pilze als Krankheitserreger keine große Rolle spielen, wenigstens beim Menschen. Für Tiere, wie z. B. für das Geflügel, ist der *Aspergillus fumigatus* hingegen gefährlich genug.

Es lag nahe, die obigen Überlegungen auch auf den Tuberkelbacillus auszudehnen, der sich mit seinem ausgesprochenen Wärmebedürfnis biologisch eng an die oben erwähnten Pilze anschließt, dem man aber auch systematische Verwandtschaft mit Fadenpilzen nachsagt. Die Frage lautet auch hier: ist der Erreger der Tuberkulose ein obligater Parasit oder gibt es Brutstätten außerhalb des kranken Körpers, wo er sich vermehren kann? Die Untersuchung dieser von mir bereits früher ausführlich begründeten Frage soll in dem ersten Teil der vorliegenden Abhandlung mitgeteilt werden. Es ist im ganzen nur Material, daß ich aber doch in dieser fragmentarischen Form veröffentlichen will, da ich augenblicklich keine Möglichkeit sehe, diese Studien in größerem Umfange fortzusetzen.

Häufiger als dieses Thema ist ein anderes diskutiert worden, nämlich die Morphologie und im Zusammenhang damit die systematische Stellung des Tuberkelbacillus. Auch zu diesem Thema möchte ich im zweiten Teil einiges Material vorbringen.

I. Zur Ernährungsphysiologie der Tuberkelbazillen.

Der nächste Weg, die Bedeutung selbsterwärmter Pflanzenstoffe für das natürliche Wachstum des Tuberkelbacillus darzutun, würde der sein, die Bakterien direkt in solchen Substraten nachzuweisen. Wie jeder mit der Sachlage Vertraute weiß, ist dieser Weg jedoch schwierig zu begehen, da man mit der üblichen Plattenmethode nicht zum Ziel kommen würde und auch der sonst fast allein angewandte Tierversuch seine Nachteile hat. Letzterer kam für mich außerdem deshalb nicht in Betracht, weil

¹ N. Berestnew, Aktinomykose und ihre Erreger. (Russisch.) *Moskauer Dissertation*. 1897.

mir weder ausreichende Gelegenheit noch die Zeit erlaubt hätten, Tierversuche größten Stiles anzustellen. Ich hielt nun zunächst Pflanzenteile, die sich im Zustand einer geeigneten Erwärmung befunden hatten, längere Zeit im Thermostaten bei 37°, indem ich erwartete, daß sich vielleicht Kolonien zeigen würden, die sich weiterhin prüfen ließen. Ich nahm verschiedene Male aus Stallstreu, die sich spontan etwa auf 35° erwärmt hatte, Serien von Strohhalbstücken und steckte diese in feuchten Sand, der den Boden großer mit übergreifendem Deckel versehener Kristallisierschalen bedeckte. Die Schalen wurden mit einer Glocke bedeckt und im Thermostaten bei 37° mehrere Wochen gehalten und beobachtet. Bekanntlich kann man auf diese Weise sehr schöne Spontankulturen verschiedener Strahlenpilze erhalten, die ohne weiteres makroskopisch zu erkennen sind und oft bakterienfreie Reinkulturen darstellen, mithin leicht abimpfbar sind.

Meine Versuche hatten keinen Erfolg, ich konnte nie eine tuberkelbazillenähnliche Kolonie entdecken. Andere Erfahrungen zeigten mir später, daß man überhaupt nicht viel Hoffnung auf diese Methode setzen kann. Immerhin möchte ich empfehlen, derartige Versuche über ein möglichst großes Material auszudehnen, auch mit Hilfe des Tierversuches oder verbesserter Methoden direkter Isolierung auf diesem Wege vorzudringen. Ich wandte mich dann einem indirekten Wege zu. Ich untersuchte mit Rücksicht auf die oben entwickelten Anschauungen von neuem die Ernährungsphysiologie des Tuberkelbacillus.

Einige Worte über die Methodik sind vor auszuschicken. Bekanntlich wachsen die Tuberkelbazillen äußerst langsam. Diese Eigentümlichkeit ist keineswegs darauf zurückzuführen, daß die bisher angewandten künstlichen Substrate ungeeignet seien, sondern sie scheint ein Artmerkmal zu sein, das übrigens weniger ausgeprägt auch den verwandten Säurefesten zukommt. Die Wachstumsgeschwindigkeit hängt eben nicht allein von der verfügbaren Nahrung und ihrer Ausnutzbarkeit ab, sondern ist ein erbliches, in der Organisation begründetes Merkmal. Langsames Wachstum ist für den Tuberkelbacillus ebenso charakteristisch, wie z. B. für die Flechte. Um nun das Eintrocknen, besonders der festen Kulturen zu verhüten, wandte ich nicht die empfohlene Gummikappe an, weil sie die Luft zu sehr abhält, sondern ich hielt die Gefäße in dampfgesättigtem Raume. Bei größeren Erlenmeyerkolben war meist ein fester Wattebausch ausreichend. Kleinere Kölbchen hingegen, besonders solche, in denen sich breiige Substrate befanden, wurden, nachdem ihre Wattebüsche abgebrannt waren, auf Sand in eine Porzellanschale gesetzt und mit einer Glasglocke bedeckt. Der Sand war mit 1 pro Mille Sublimatlösung getränkt. Petrischalen mit Agar oder anderen Substraten wurden auf die-

selbe Weise in feuchtem Raum gehalten, wie ich dies schon früher beim Studium thermophiler Bakterien getan hatte. Reagensglaskulturen schloß ich durch eine Glaskappe ab, was ich sehr empfehlen kann. Die in der üblichen Weise vorher mit Wattebausch geschlossenen sterilen Röhren wurden geimpft und am Rande abgeglüht. Statt den Wattepfropfen wieder hineinzustecken, wurde ein etwa 6^{cm} langer steriler Glaszylinder über die Öffnung gestülpt. Die derart verschlossenen Röhren wurden in ein Glas gestellt, welches wieder auf feuchten Sand gesetzt und mit einer Glocke oder einem weiten Becherglas bedeckt wurde. Von Zeit zu Zeit muß Wasser auf den Sand nachgegossen werden. Es lassen sich so z. B. Kartoffelkulturen lange Zeit in ausgezeichnet frischem Zustande erhalten. Infektion, die bei Wattebausch- oder Gummikappenverschluß sehr leicht eintritt, indem Pilze (gewöhnlich *Asperg. fumigatus* und *A. glaucus*) durch den Wattepfropfen wachsen, wird bei Glaskappenverschluß ganz vermieden. Besonders nützlich ist diese Versuchsanordnung, wenn man Substrate anwendet, die wegen ihres geringeren Nährwertes eine schwache, erst nach längerer Zeit deutlich sichtbare Entwicklung zulassen. Das Impfmateriale stammte von einer Reinkultur des menschlichen Tuberkelbacillus, die mir Hr. Prof. Eber freundlichst zur Verfügung stellte.

a) Feste natürliche Substrate.

Das einzige feste Substrat, auf welchem die Tuberkelbazillen zu üppigem, makroskopisch leicht sichtbarem Wachstum gelangten, war die Kartoffel, wie schon Pawlowski, Sander¹, Lubinski² u. a. feststellten. Glyzerinzusatz begünstigte die Entwicklung etwas, war aber keineswegs notwendig, wie zuweilen angegeben wird. Auf Kartoffelbrei habe ich kein Wachstum beobachten können. Auch auf Mohrrüben, Zuckerrüben, Getreidekörnern (Hafer, Roggen, Gerste, Weizen), Strohhalmen, Saubohnen trat kein makroskopisch erkennbares Wachstum ein. Sander hat eine sehr schwache, bald zum Stillstand kommende Entwicklung auf Mohrrüben und Kohlrabi wahrgenommen, eine ziemlich kräftige gelegentlich auf Sommerrettig. Letzteren Nährboden habe ich nicht geprüft.³ Ich wandte dann eine ganze Anzahl fein zerkleinerter Substanzen an, Breie von Kürbis-

¹ Sander, Das Wachstum von Tuberkelbazillen auf pflanzlichen Nährböden. *Archiv für Hygiene*. 1893. Bd. XVI. S. 238—311.

² Lubinski, Zur Kultivierungsmethode, Biologie u. Morphologie der Tuberkelbazillen. *Centralblatt für Bakteriologie*. 1895. Abt. I. Bd. XVIII. S. 125—128.

³ Da die Kolonien, die Sander beobachtete, kreideweiß aussahen, ist die Möglichkeit nicht ganz ausgeschlossen, daß es sich um eine (sehr leicht eintretende) Infektion mit einem *Aktinomyces* gehandelt hat.

blättern, Kartoffeln, Gras (frisch und fermentiert), warmer Stallstreu, die in Erlenmeyerkölbchen, Reagensröhrchen oder Petrischalen gefüllt wurden. Zum Teil ließ ich die natürliche saure (oder beim Mist alkalische) Reaktion; zum Teil stellte ich schwach alkalische bzw. saure Reaktion her. Auch Parallelkulturen mit Glycerinzusatz wurden angesetzt. Auf keinem dieser meist sehr dunkel gefärbten Substrate war ein deutliches Wachstum mit Sicherheit zu konstatieren.

b) Flüssige Substrate

ergaben leichter zu kontrollierende und bessere Resultate. Allen voran steht der Kartoffelpreßsaft, den ich ohne Glycerinzusatz und in seiner natürlichen, ziemlich starken Azidität verwandte. Geriebene Kartoffeln wurden durch ein Tuch gedrückt. Der durchgelaufene Saft wurde auf dem Wasserbade gekocht, wobei ein voluminöses, weißliches Koagulum, wohl hauptsächlich aus Eiweißstoffen bestehend, ausfiel. Nachdem die dunkelbräunliche Flüssigkeit mit Knochenkohle versetzt und tüchtig geschüttelt worden war, wurde sie durch ein doppeltes Filter filtriert. Ich erhielt so eine (je nach der Menge der zugesetzten Kohle) wasserhelle oder schwach gelblich gefärbte Flüssigkeit, auf der die Tuberkelbazillen ausgezeichnet gediehen. Daß Tomaszewski¹ u. a. auf einer Brühe von Kartoffeln ohne Glycerinzusatz weniger gutes Wachstum erhielten, beruht darauf, daß ein solcher wäßriger Auszug erheblich an Nährwert gegen den Preßsaft zurücksteht. Das Aussehen der Kolonien glich dem auf der üblichen Fleischwasser-Pepton-Glycerinlösung, wie es oft beschrieben ist: schleirige aber doch nicht sehr dünne Ränder und stark gefaltetes Zentrum. Oberflächenwachstum erhält man, wie bekannt nur, wenn ein Stück Haut vorsichtig übergeimpft und zum Schwimmen gebracht wird. Sinkt es unter, so bekommt man zwar nie eine Decke, ein Wachstum findet aber trotzdem statt, entgegen häufigen Angaben in der Literatur. Es entstehen dann flockige Massen am Grunde des Gefäßes, die aus seil- oder bandartigen Bakterienmassen bestehen. Wie mir weiterhin auch Schüttelkulturen in Kartoffelagar zeigten, wachsen auch im Inneren des Agars schöne gelbbraune Kolonien. Ich kann also nicht finden, daß der Tuberkelbacillus in dem Maße ausgesprochen aerob ist, wie gewöhnlich angegeben wird. Auf Preßsaft von Kürbis gedieh der Tuberkelbacillus gar nicht.

Ich stellte dann von verschiedenen pflanzlichen Substanzen wäßrige Auszüge her, die ich nachher durch Eindampfen konzentrierte und mit

¹ Tomaszewski, Über das Wachstum der Tuberkelbazillen auf kartoffelhaltigen Nährböden. *Diese Zeitschrift*. 1899. Bd. XXXI. S. 246—266.

Kohle entfärbte. Sämtliche Dekokte, die ich von sehr stark mit Urin und Kot verunreinigter warmer Kuhstallstreu herstellte (aus demselben Material, welches zu Brei verarbeitet wurde), und die alkalisch reagierten, gestatteten entweder keine oder kaum merkliche Entwicklung. Herstellung schwach saurer Reaktion änderte an diesem Resultate nichts. Wohl aber erhielt ich ein sehr schönes Wachstum, als Auszüge von sehr wenig verunreinigter Strohstreu aus einem Pferdestalle verwandt. Sie zeigten eine natürliche schwache Azidität. Auf einem derartigen Nährboden breitete sich von dem Impfstückchen her in 8 Wochen eine durchsichtige zart gefaltete sehr dünne Haut über die ganze etwa 50^{cm} große Oberfläche aus, welche bei mikroskopischer Betrachtung die charakteristische Lagerung der Tuberkelbazillen in besonders schöner Ausbildung zeigte. Die Masse, die auf diesem Nährsubstrat herangewachsen war, steht durchaus gegen die auf dem Kartoffelpreßsaft gewachsene zurück, wie nicht anders zu erwarten ist, da in letzterem zweifellos viel mehr Nährsubstanz enthalten ist, wie in jenem. Auf einem Auszug von gewöhnlichem Stroh, der ziemlich stark sauer war, wuchsen die Bakterien nicht, wohl aber auf einem, dessen Säure bis zu schwacher Azidität abgestumpft war, wenngleich das Wachstum etwas schwächer war als auf dem Streuauzug. Es tauchten neben der sich langsam vergrößernden Impfmasse eine große Menge kleiner zarter, dünner Kolonien auf.

Ähnlich, aber kompakter entwickelten sich die Tuberkelbazillen auf einem schwach sauer reagierenden Dekokt von Rasengras, das sich im Zustand der Selbsterhitzung befand. Das Impfstück hatte sich in ziemlich dicker Masse stark ausgebreitet und daneben war eine Menge neuer dünner Kolonien mit schleirigen Rändern aufgetaucht. Auch auf gewöhnlichem Heudekokt war etwas gewachsen, aber sehr wenig. Als gutes Substrat erwies sich hingegen ein Auszug von Hafer. Die Impfmasse ist in 7 Wochen stark in die Dicke gewachsen, hat sich auf das Vierfache vergrößert und ist von einigen kleinen Kolonien begleitet. Auch Proskauer und Beck¹ fanden Stärke als Kohlenstoffquelle geeignet.

Ich habe bei Gelegenheit dieser Kulturversuche noch einige Nährlösungen bekannter Kombination geprüft, die ich hier noch kurz erwähnen möchte. Ich fügte zu einer mineralischen Nährlösung folgender Zusammensetzung:

0.1 Prozent	. .	Dikaliumphosphat,
0.02	„ . .	Magnesiumsulfat,
0.01	„ . .	Chlorcalcium,

¹ B. Proskauer u. M. Beik, Beiträge zur Ernährungsphysiologie des Tuberkelbacillus. *Diese Zeitschrift*. 1894. Bd. XVIII. S. 128.

als Stickstoffquelle 0.5^g Asparagin und verschiedene Kohlenstoffquellen in einer Konzentration von 4 Prozent hinzu, und zwar Glycerin, Traubenzucker, Dextrin, Maltose, Xylose. Unter diesen Lösungen sagte vor allem die traubenzuckerhaltige den Bakterien besonders zu. Es entstand eine dicke weißliche Decke, die an Üppigkeit gegen die auf Kartoffelpreßsaft und der üblichen Fleischwasser-Pepton-Glycerinlösung nicht zurücksteht. Auf dem Glycerin hingegen war das Wachstum nur schlecht, ebenfalls auf dem Dextrin, ganz versagten die anderen beiden Nährlösungen. Ich befinde mich also nicht in Übereinstimmung mit Proskauer und Beck¹, nach welchen Glycerin als Kohlenstoffquelle unerlässlich sein und sich nur in sehr geringem Maße durch Milchzucker, Isodulzit, Mannose, besser durch Lävulose, relativ am besten durch Stärke, aber nicht durch Glukose ersetzen lassen soll.

Schließlich fand ich noch, daß sich Asparagin nicht durch Ammonitrat ersetzen ließ. Da sich bei Suspension in Agar kein Unterschied zwischen dem Glycerin und dem Traubenzucker zeigte, möchte ich auf das Versagen auf Glycerinlösung nicht viel Gewicht legen. Jedenfalls überzeugte ich mich, daß der Tuberkelbacillus mit Traubenzucker ausgezeichnet gedeiht.

Ich gebe nunmehr eine Übersicht über meine Ernährungsversuche in Tabellenform.

Nr.	Substrate	Geimpft	Beobachtet	Resultat
		am	bis zum	
		1907/08		
1	Kartoffel	1. III.	1. V.	sehr gutes Wachstum; etwas weniger üppig als mit Glycerinzusatz. Graugelblich.
2	Kartoffel mit 5 Prozent Glycerin	26. VIII.	28. IX.	sehr gutes Wachstum, starker krümeliger Belag.
3	Zuckerrübe	31. X.	4. I.	kein Wachstum.
4	Strohhalme aus Stallstreu	4. XI.	4. I.	kein makroskopisch wahrnehmbares Wachstum.
5	Getreidekörner: a) Hafer, b) Gerste, c) Roggen, d) Weizen	1. III.	1. V.	desgl.
6	Samen von Vicia Faba	1. III.	1. V.	desgl.
7	Brei in Petrischalen, Erlenmeyer und Röhren von Stallstreu	27. IX.	4. XI.	desgl.
8	von fermentiertem Gras	26. VIII.	28. X.	desgl.
9	von Kürbisblättern	26. VIII.	28. X.	desgl.

¹ A. a. O.

Nr.	Substrate	Geimpft	Beobachtet	Resultat
		am	bis zum	
1907/08				
10	Kartoffelpreßsaft ohne Glyzerin	15. IX.	6. XI.	sehr gut. Stark gefaltete, rötlich braune, körnige, an den Rändern schleirige große Kolonien.
11	Kürbispreßsaft	28. IX.	6. XI.	kein Wachstum.
12	Dekokt von stark verunrein. Stallmist, alkal. und sauer	11. IX.	6. XI.	gar nicht oder fast unmerklich
13	Dekokt von leicht erhitztem Gras. Konzentriert; natürl., schwach saure Reaktion	15. IX.	6. XI.	gut. Ursprüngliche Impfmenge stark gewachsen, von neuen dünnen Kolonien umgeben.
14	Dekokt von wenig verunreinigter Stallstreu aus einem Pferdestall. Konzentriert; natürl., schwach saure Reakt.	20. XII.	14. II.	gut. Eine durchsichtige, zart gefaltete Haut hat sich über die ganze Oberfläche ausgebreitet.
15	Dekokt von gewöhnl. Stroh. Konzent. Natürl. Azidität	28. IX.	15. XI.	kein Wachstum.
16	Dasselbe, schwächer sauer gemacht	28. IX.	15. XI.	gut. Schleiriges Fortwachsen des Impfstückes. Große Mengen kleiner dünner Kol.
17	Dekokt von Hafer	6. I.	14. II.	gut. Impfstück kompakt gewachsen, auf das Vierfache vergrößert. Schleirige Ränder. Wenige neue kleine Kolonien.
18	Mineral. Nährlösung mit Asparagin 0.5 Proz. und Traubenzucker 4.0 Proz.	11. IX.	6. XI.	sehr gut. Starke, weißgraue Decke.
19	Dasselbe mit Asparagin 0.5 Proz. und Glyzerin 4.0 Proz.	26. VIII.	28. IX.	schlecht.
20	Dasselbe mit Asparagin 0.5 Proz. und Dextrin 4.0 Proz.	28. IX.	6. XI.	desgl.
21	Dasselbe mit Asparagin 0.5 Proz. und Maltose 4.0 Proz.	28. IX.	6. XI.	gar nicht.
22	Dasselbe mit Asparagin 0.5 Proz. und Xylose 4.0 Proz.	28. IX.	6. XI.	desgl.
23	Mineralische Nährlösung mit Ammonnitrat 0.5 Proz. u. Traubenzucker 4.0 Proz.	28. IX.	6. XI.	desgl.
24	Agar mit Nährlösung wie bei Nr. 18	30. VIII.	28. XI.	sehr gut. Große weißlichgelbe Kolonien.
25	Agar mit Nährlösung wie bei Nr. 19	22. IX.	28. XI.	sehr gut.
26	Agar mit Kartoffelpreßsaft	15. X.	4. XI.	desgl.

c) Diskussion der Resultate der Ernährungsversuche.

Die Ergebnisse von Ernährungsversuchen sind bisher nur gelegentlich auf die Frage der Entwicklung von Tuberkelbazillen in der Natur angewandt. So meint Sander gelegentlich¹, daß durch den Nachweis, daß Tuberkelbazillen auf pflanzlichen Substraten fortkommen, die Infektionsmöglichkeiten erweitert worden wären. Auf Grund anderer Erwägungen, die mit der fadenpilzähnlichen Natur des Tuberkelbacillus operieren, kommt Coppen-Jones² in einer vortrefflichen, kritischen, kleinen Abhandlung zu der folgenden Überzeugung. „Nach heutiger Ansicht, sagt er, gilt der Erreger der Tuberkulose als ein obligat parasitischer Organismus, übertragbar nur von Tier zu Tier ohne vegetative Existenz außerhalb des tierischen Körpers. Es scheint mir, daß wir in Hinblick auf die in diesem Artikel vorliegenden Tatsachen und Betrachtungen gut tun werden, noch zu warten, ehe wir diese landläufigen Theorien ohne Vorbehalt annehmen; denn nicht nur in ihrer Therapie, sondern auch in ihrer Ätiologie bietet uns die Tuberkulose noch viele ungelöste Probleme dar.“ Da er ferner meint (mit welchem Recht, werden wir im 2. Teil noch zu erörtern haben), daß der Tuberkelbacillus so, wie er uns aus dem Körper und von dem gewöhnlichen künstlichen Substrat her bekannt ist, nur einen Kümmerling darstelle, der sich unter günstigen Umständen zu einem höher stehenden Pilze entwickeln könne, faßt er als natürliches Substrat solche Stoffe ins Auge, auf denen gewöhnlich reiches saprophytisches Pilzleben wuchert, nämlich Pflanzenstoffe, indem er ganz richtig die große und überall verbreitete Masse der pflanzlichen Abfallstoffe gegenüber der geringeren und lokal beschränkten der tierischen betont. Auf ihnen, stellt er sich vor, könne wohl irgendwo der vollentwickelte Pilz wachsen, der in veränderter Gestalt auch im Tierkörper vorkommt. Erwähnt sei schließlich noch, daß Rénon³ in Hinblick auf die Verbreitung des *Aspergillus fumigatus* und auf manche Ähnlichkeiten des pathologisch-anatomischen Bildes der Aspergillose und Aktinomykose mit dem der Tuberkulose den Gedanken nicht zurückweisen kann, daß der Kochsche Bacillus nicht ausschließlich an den Körper gebunden sei.

¹ A. a. O.

² Coppen-Jones, Über die Morphologie und systematische Stellung des Tuberkelpilzes und über die Kolbenbildung bei Aktinomykose und Tuberkulose. *Centralblatt für Bakteriologie*. 1895. Bd. XVII. S. 76.

³ L. Rénon, Sur les formes actinomycosiques de l'*Aspergillus fumigatus*: essai de comparaison entre ces formes et celles du bacille de Koch. *Extrait du Congrès de la Tuberculose*. 4. Session. 1898.

Solche Vermutungen haben deshalb meist keinen Eindruck gemacht, weil ihnen immer entgegengehalten werden konnte, daß das hohe Wärmebedürfnis der Tuberkelbazillen ihnen eine Vermehrung außerhalb des warmen Tier- und Menschenkörpers unmöglich mache. Der einzige, der auf eine natürliche Wärmequelle gefahndet zu haben scheint, ist Schottelius.¹ Er vergrub in Holzkisten verpackte Phthisikerlungen 1.25 m tief im Erdboden und konstatierte, daß sich eine bis zu 34° erwärmt hatte. Er stellt eine weitere Diskussion und Verfolgung dieser Tatsache in Aussicht, die jedoch meines Wissens nicht gegeben wurden (auch nicht bei Schmidlein).² Als ich im Verlauf meiner Untersuchungen über Selbsterhitzungsvorgänge auf diese überall in landwirtschaftlichen Betrieben vorhandene Wärmequelle aufmerksam wurde und die eigentümliche Lebewelt kennen lernte, welche diese landwirtschaftlichen Thermostaten bewohnt, drängte sich mir die Überzeugung auf, daß hier auch Tuberkelbazillen zu existieren vermöchten, daß jedenfalls das Postulat der Wärme hier leicht erfüllt werde.

Es handelt sich nun darum, ob die oben mitgeteilten Ernährungsversuche weitere Stützen für diese Anschauung liefern können.

Die Resultate, die ich bei Kultur der Tuberkelbazillen auf festen natürlichen Substraten erhielt, sind nicht gerade ermutigend. Immerhin überzeugten sie mich, daß die Bakterien auf einem pflanzlichen Substrat, nämlich der Kartoffel, und zwar ohne jeden Zusatz, ausgezeichnet gedeihen. Daß dies keine Gewöhnung ist, zeigen Beobachtungen von Sander³ und besonders von Krompecher und Zimmermann⁴, welche sehr oft Tuberkelbazillen direkt aus dem Körper auf die Kartoffel pflanzen und hier zum Anwachsen bringen konnten.

Daß auf den Strohstückchen kein Wachstum sichtbar wurde, liegt wohl daran, daß der Überzug, wie auch die Dekoktkulturen zeigten, sehr zart ist und sich infolgedessen der direkten Beobachtung entzieht. Der Mistbrei, den ich anwandte, war offenbar überhaupt ungeeignet, für den Grasbrei gilt das gleiche. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß gewisse bei natürlicher Packung gegebene, im Experiment aber nicht leicht nachzunehmende physikalische Bedingungen bedeutungsvoll sein können. Daß

¹ Schottelius, Über Temperatursteigerungen in beerdigten Phthisikerlungen. *Centralblatt für Bakteriologie*. 1890. Bd. XII. S. 265.

² Schmidlein, Über die Biologie des Tuberkuloseerregers. *Freiburger Dissertation*. 1891.

³ A. a. O.

⁴ Krompecher und Zimmermann, Untersuchungen über die Virulenz der aus verschiedenen tuberkulösen Herden des Menschen reingezüchteten Tuberkelbazillen. *Centralblatt für Bakteriologie*. 1903. Abt. I. Bd. XXXIII. S. 605.

die chemischen Bedingungen erfüllt sein können, zeigten aufs deutlichste die Dekoktkulturen. Auszüge von selbsterwärmtem Grase, von wenig verunreinigter Stallstreu und von Hafer gestatteten eine gute Entwicklung, d. h. solche Stoffe kann der Tuberkelbacillus als Nährsubstrate gebrauchen. Gewöhnliches Stroh scheint zu sauer zu sein (vgl. Nr. 15 der Tabelle), andererseits ist stärker zersetzter, alkalisch reagierender Stallmist nicht nur wegen seiner Alkaleszenz, sondern auch nutritiv ungeeignet (vgl. Nr. 7 und 12). Man kann also sagen, daß Stallstreu von gewisser Beschaffenheit sowohl in chemischer, als auch in thermischer Hinsicht eine Brutstätte für Tuberkelbazillen darstellen kann, vorausgesetzt, daß sie genügend hoch ist und lange genug liegen bleibt, damit eine Temperatur von 30 bis 40° sich wochenlang erhalten kann.

Nun brauche ich wohl kaum zu betonen, daß die Erfahrungen der Reinzucht nicht ohne weiteres auf natürliche Verhältnisse übertragen werden können. Hier schafft die Konkurrenz neue, schwer übersehbare Komplikationen. Um auch solche Faktoren im Experiment nachzuahmen, habe ich öfter Tuberkelbazillen auf unsterilisiertes Pflanzenmaterial, vornehmlich Teile von Stallstreu ausgesät, habe aber sichtbare Ausbreitung nicht konstatiert und konnte dies auch kaum erwarten, da ich ja auf sterilem Material ebenfalls kein Wachstum sah. Ich kann also über die natürlichen Konkurrenzbedingungen nichts mitteilen. Ich glaube aber erstens, daß bei der höheren Temperatur die Konkurrenten an sich etwas beschränkt sind und dann, daß eine etwaige stark überlegene Konkurrenz in einem so porösen Medium, wie es Stroh, Streu, Heu usw. ist, nicht in dem Maße leicht alles andere ersticken kann, wie das z. B. in Flüssigkeiten der Fall zu sein pflegt. Es können gewiß leicht isolierte Herde entstehen, die z. B. auch bei den Strahlenpilzen auffallen.

Unsere Analogieschlüsse, Überlegungen, Beobachtungen und Versuchsergebnisse haben nur Indizien geliefert, die sich aber doch schon zu einer gewissen Form verdichtet haben und bei weiteren zielbewußten Bemühungen immer deutlichere Umrisse werden hervortreten lassen. Inzwischen wird man nicht umhin können, das Dogma von dem obligaten Parasitismus des Tuberkelbacillus als unbegründet aufzugeben und mit der Tatsache zu rechnen, daß in Selbsterwärmung befindliche pflanzliche Stoffe eine primäre Infektionsquelle für die Tuberkulose darstellen können, wobei ich ganz unerörtert lasse, ob sie für den Menschen direkt oder indirekt durch Vermittlung des Rindviehs in Betracht kommt.

Für diese Auffassung kann als weitere Stütze angeführt werden, daß mehrfach ausgesprochen wärmebedürftige, dem Tuberkelbazillen sehr nahe stehende und sogar im Tierexperiment pathogene Keime an Lokalitäten gefunden wurden, die den Schluß zulassen, daß als ihr primärer Standort

die warme Stallstreu anzusehen ist. So fand Moeller¹ in Kuhmist einen bei 37° optimal, bei 22° nur sehr dürrtig wachsenden² Bacillus, der, wie auch seine übrigen früher isolierten Formen, im Tierexperiment miliare Tuberkeln hervorruft. Korn³ züchtete seinen ausgesprochen wärmebedürftigen „Säurefesten“ zwar aus der Butter, es ist aber kein Zweifel, daß diese nur den zufälligen Fundort, nicht den primären Standort darstellt, und daß der letztere nach den biologischen Eigentümlichkeiten des Pilzes wohl sicher in den selbsterwärmungsfähigen Stoffen des Stalles gesucht werden muß. Auch er ist pathogen. Einige der von M. Tobler⁴ ebenfalls in Butter gefundenen Säurefesten haben ihr Optimum gleicherweise bei höherer Temperatur und wachsen sämtlich im Tierkörper, da sie, wie wohl auch die meisten anderen genannten Arten, nur durch den Tierversuch isoliert wurden. Die übrigen hierher gehörigen Bakterien sind, wenn sie auch nicht alle ausgeprägt wärmeliebend sind, doch insofern merkwürdig, als sie fast alle wie die Moellerschen Grasbazillen, der *Thimotheebacillus* usw. auf pflanzlichen Substraten gefunden wurden. Man kann also, wenn man das Vorkommen in der Butter kritisch bewertet⁵, wohl sagen, daß die ganze verwandtschaftlich eng zusammengehörige Gruppe einen ausgeprägten pflanzensaprophytischen Charakter trägt, und viele ihrer Angehörigen bei Einführung in den Körper mehr oder weniger weit fortwuchern können. Es finden sich (vgl. z. B. Tobler a. a. O.) Übergänge von leichtem Parasitismus bis zum ausgesprochenen.

II. Zur Morphologie und zur systematischen Stellung des Tuberkelbacillus.

Der Erreger der Schwindsucht wurde ursprünglich, so vor allem von seinem Entdecker Robert Koch, unbedenklich für eine Bakterie gehalten,

¹ A. Moeller, Ein neuer säure- und alkoholfester Bacillus aus der Tuberkelbazillengruppe, welcher echte Verzweigungen bildet. *Centralblatt für Bakteriologie*. 1899. Abt. I. Bd. XXV. S. 369.

² Dies nach der Angabe Rosenblats (Zur Kenntnis der zur Gruppe der Tuberkelbazillen gehörenden säurefesten Mikroorganismen. *Flora*. Ergänzungsband. 1905. S. 426.

³ O. Korn, Weitere Beiträge zur Kenntnis der säurefesten Bakterien. *Centralblatt für Bakteriologie*. 1900. Abt. I. Bd. XXVII. S. 481.

⁴ M. Tobler, Beitrag zur Frage des Vorkommens von Tuberkelbazillen und anderen säurefesten Bazillen in der Marktbutter. *Diese Zeitschrift*. 1901. Bd. XXXVI. S. 120.

⁵ Was man auch den Petrischen Pseudotuberkelbazillen gegenüber tun muß. (Petri, Zum Nachweis von Tuberkelbazillen in Butter und Milch. *Arbeiten a. d. Kais. Gesundheitsamt*. 1898.)

bis durch die Entdeckung gewisser morphologischer Eigentümlichkeiten diese Vorstellung erschüttert wurde. Seither sind die morphologischen Verhältnisse und im Anschluß daran die systematische Zugehörigkeit wieder und wieder untersucht und diskutiert worden, doch haben diese Bestrebungen insofern noch wenig allgemeineren Einfluß gewonnen, als man es für gewöhnlich bei dem alten Namen *Bacterium* bzw. *Bacillus tuberculosis* bewenden läßt. Was die Wandlung in der Beurteilung des Tuberkelbacillus hervorrief, war die Entdeckung, daß echte Verzweigungen beim Tuberkelbacillus vorkommen. Nocard und Roux¹ sind wohl die ersten, die sie gesehen haben, Metschnikoff² fand sie ebenfalls und diskutierte die Tatsache ausführlicher, Autoren, wie Coppen-Jones³, Hayo Bruns⁴ und viele andere bestätigten die Beobachtung, der erste gab sehr gute Abbildungen, die keine Mißdeutung zulassen. Ähnliche Verzweigungen wurden dann beim Diphtherie- und Rotzbacillus gefunden. Da man aber Formabnormitäten auch bei anderen Bakterien kannte und sie als Degenerations- und Involutionsformen auffaßte, neigte man auch beim Tuberkelbacillus zu derselben Auffassung. Diese wurde durch den Umstand gestützt, daß Metschnikoff seine merkwürdigen Formen in supramaximal erwärmten Kulturen antraf und andere Autoren sie in alten Kulturen fanden, doch haben schon Coppen-Jones und Hayo Bruns und neuerdings S. Rosenblat⁵ das Vorkommen verzweigter Formen in normalen bzw. jungen Agarkulturen betont. Mit Ausnahme der Untersuchung der letztgenannten Autorin sind die übrigen Beobachtungen ausschließlich an Präparaten angestellt, die durch Ausstrich, Mikrotomschnitte, Mazeration und Zerpupfung mit nachfolgender Färbung gewonnen wurden. Ohne einen Zweifel an der Zuverlässigkeit der Befunde ausdrücken zu wollen, glaube ich doch, daß sie so lange unvollkommen sind, als sie nicht durch Beobachtung der Entwicklung im hängenden Tropfen ergänzt werden. Derartige Studien am lebenden Objekt, wie man sie stets bei Pilzen und Algen anwendet, um ihren Entwicklungszyklus kennen zu lernen, sind auch bei Bakterien unerläßlich und wurden auch in der Tat bei vielen anderen Bakterien gewissenhaft betrieben. Ich wunderte mich deshalb, daß derartige im hängenden Tropfen angestellte Entwicklungs-

¹ Nocard u. Roux, Sur la culture du bacille de la tuberculose. *Annales de l'Institut Pasteur*. 1887. T. I. p. 24.

² E. Metschnikoff, Über die phagozytäre Rolle der Tuberkelbazillen-Riesenzellen. *Virchows Archiv*. 1888. Bd. CXIII. S. 63.

³ A. a. O.

⁴ H. Bruns, Ein Beitrag zur Pleomorphie der Tuberkelbazillen. *Centralblatt für Bakteriologie*. 1895. Abt. I. Bd. XVII. S. 817.

⁵ A. a. O. S. 441.

studien für den Tuberkelbacillus nicht vorlagen. Ich habe die Literatur, (aus der ich absichtlich nur gelegentlich zitiere und die ich nicht aufzählen will, da das anderweit oft genug geschehen ist) daraufhin geprüft, habe aber nirgends Untersuchungen der angedeuteten Art gefunden. Nur Stefanie Rosenblat¹ spricht von Befunden im hängenden Tropfen, es ist aber aus ihrer Ausdrucksweise nicht überall zu entnehmen, ob sie wirklich Kulturversuche meint. Mitgeteilt hat sie jedenfalls über Entwicklungsgeschichte ihrer Säurefesten nichts.

Als ich mich bemühte, den Tuberkelbacillus in seiner Wachstumsweise selber zu studieren und die obige Lücke auszufüllen, wurde mir bald klar, weshalb sie bestand. Ich hatte fortwährende Mißerfolge, und erst nach vielen fruchtlosen Versuchen gelang es mir, die Beobachtungen zu machen, die ich im folgenden mitteilen will. Daneben kultivierte ich auch einen anderen Vertreter der Tuberkelbazillengruppe, den sogenannten Marpmannschen Harnbacillus, für dessen Überlassung ich Hrn. Kollegen Rolly sehr dankbar bin, im Hängetropfen, um durch diese viel leichter anzustellenden Beobachtungen diejenigen am Tuberkelbacillus zu ergänzen.²

Einige Worte über die Methodik müssen vorausgeschickt werden. Entsprechend dem hohen Wärmebebedürfnis des Tuberkelbacillus müssen die Kulturen in einem heizbaren Mikroskop beobachtet werden. Ich wählte einen mir zu Gebote stehenden Heizkasten, der allerdings nur ein kleineres Stativ aufnehmen konnte und auch insofern unhandlich war, als man an dem eingeschlossenen Mikroskop nur die Mikrometerschraube, nicht aber auch Spiegel und Präparat bewegen konnte. Letzteres mußte also vorher gut eingestellt und der Spiegel in die der Stellung im Apparat angemessene Lage gebracht werden. Durch Verschiebung der Lichtquelle (einer Auerlampe) ließen sich später noch kleine Fehler ausgleichen. Schwand aber das Objekt aus dem Gesichtsfeld, wie es zuweilen passierte, so war ein Herausnehmen des Mikroskopes und erneutes Einstellen unvermeidlich. Da die Tuberkelbazillen sehr dünn sind, war eine starke Vergrößerung nötig. Ölimmersion kann man wegen der tagelangen Beobachtungsdauer nicht gut anwenden, ich versuchte es also zunächst mit Wasserimmersion, doch stellten sich dabei gewisse Übelstände heraus, die mich veranlaßten, zum Trockensystem F (Zeiss) zu greifen, um so mehr, da die Bilder sehr schön scharf waren. Eine weitere Schwierigkeit bestand in der Anordnung des Hängetropfenpräparates. Ich glaubte ur-

¹ A. a. O., z. B. S. 441, 442 u. a.

² Eine genauere Charakterisierung dieses Mikroben, dessen mikro- und makroskopisches Aussehen dem des Tuberkelbacillus sehr ähnelt, kann ich hier noch nicht geben.

spränglich, daß ein großer Luftraum nötig sei und wählte größere Kammern, die durch Aufkitten eines etwa 1^{cm} hohen Glasringes auf einen Objektträger hergestellt wurden. Solche Präparate hatten aber so viele Nachteile, daß nur sehr selten einmal eine länger dauernde Beobachtung gelang. Hauptsächlich machten die Schlüsse bei der höheren Temperatur zu schaffen und dann waren die Bilder sehr dunkel. Ich ging also auf den gewöhnlichen hohlgeschliffenen Objektträger zurück, den ich später auch für fortlaufende Beobachtung mit Wasserimmersion einrichtete. Ich setzte in diesem Falle nämlich auf das fertige Präparat einen weiten Glasring von ca. 3^{cm} Durchmesser und 1^{cm} Höhe, den ich vorher auf dem unteren abgeschliffenen Rand mit Kanadabalsam bestrichen hatte. Falls der Durchmesser des runden Deckgläschens groß genug ist, war diese kleine Glaskammer sofort dicht und konnte nun ohne weiteres mit Wasser angefüllt werden, das ich von Zeit zu Zeit ergänzte. Man kann nun etwa eine Zeiss'sche Wasserimmersion J hineintauchen und tagelang bei starker Vergrößerung beobachten. Inwieweit diese Anordnung, die ich für langdauernde Untersuchung sehr kleiner Objekte empfehlen kann, auch für Ölimmersion brauchbar ist, habe ich nicht geprüft. Ich habe sie auch nur bei dem Studium des Harnbacillus, nicht bei dem des Tuberkelbacillus angewandt, da ich bereits mit dem Trockensystem alles erledigt hatte.

Im hohlgeschliffenen Objektträger, ebensogut wie in den größeren Ringkammern wuchsen anfänglich die Tuberkelbazillen nie weiter, trotzdem ich die Versuche unermüdlich wiederholte. Schließlich erzielte ich Weiterwachsen, wenn ich den Tropfen nicht sofort nach der Aufschwemmung der Tuberkelbazillen in Bouillon entnahm, sondern das Röhrchen erst einige Tage im Brutschrank ließ. Die Präparate wurden also folgendermaßen hergestellt. Mit einem dicken Platindraht wurde etwas Bakterienmasse aus einer kräftigen Kartoffel- oder Agarkultur in Bouillon¹ verrieben. Nachdem das Röhrchen gut geschüttelt war, wurde es 2 bis 3 Tage in den Brutschrank gestellt, dann von neuem gut durchgeschüttelt, worauf ich sofort mit der Öse einen größeren Tropfen oder auch zwei entnahm und auf ein großes rundes Deckgläschen auftrug, das, vorher in der Flamme sterilisiert und bis zum Gebrauch mit der künftigen Präparatenseite nach unten in die Cornetsche Pinzette eingeklemmt, bereit lag. Das Deckgläschen wurde nun auf den mit Vaseline versehenen Objektträger gekippt und das Präparat vorsichtig über dem Sparbrenner erwärmt. Die Vaseline schmolz und ließ einige Luftblasen durch, die durch die Ausdehnung der Luft in der Höhlung herausgetrieben wurden.

¹ Fleischwasser-Pepton-Glyzerin, schwach sauer.

Dann wurde das Deckglas sofort festgedrückt, so daß keine Luftblasen übrig blieben. Nachdem das Präparat im Mikroskop eingestellt war, wurde das letztere in den Kasten gestellt. Dieser hatte doppelte Wände, die mit Wasser angefüllt waren, trug in der Vorderwand ein Glasfenster und konnte oben durch zwei mit Filz bekleideten, den Tubus des Mikroskopes fest umschließenden Deckelstücken geschlossen werden. Durch die Öffnung, die einer dieser Deckel besaß, wurde mit Hilfe eines Gummistopfens ein Thermoregulator und ein Thermometer gesteckt, die beide etwa in die Mitte des Raumes hinabreichten. Die Temperatur wurde absichtlich nur auf 35° eingestellt, damit ein etwa vorkommendes Steigen der Temperatur nicht zu bald das Leben der Kultur gefährdete.

Die Umrisse der Stäbchen erscheinen ziemlich scharf, von dem Inhalt ist nicht viel zu sehen, wohl aber sind die Grenzen der einzelnen Individuen deutlich. Für die Beobachtung muß man möglichst einzelne Individuen oder kurze Fadenstücke auswählen, größere Gruppen, die die Mehrzahl bilden, sind nicht geeignet. Ein Übelstand ist, daß nicht alle Individuen weiterwachsen, was man ihnen vorher natürlich nicht ansehen kann. Die Figuren 1 bis 4 sind aus freier Hand möglichst sorgfältig nach dem Leben gezeichnet worden. Ein Zeichenapparat ließ sich wegen des Wärmekastens nicht anbringen. Wohl aber sind die Figuren 5 bis 7 sehr genau mit Hilfe eines Abbéschen Zeichenapparates hergestellt. Fig. 8 ist wieder aus freier Hand skizziert. Die Entwicklung der Kolonien konnte immer nur bis zu einer gewissen Grenze verfolgt werden, weil dann das Bild zu undeutlich wurde. Besonders war dies der Fall, wenn nach einiger Zeit der ursprünglich flächenhaft ausgebreitete Komplex auch in die Dicke wuchs. Manche Kolonien stellten bald ihr Wachstum ein. Ich werde zunächst die Figuren erläutern.

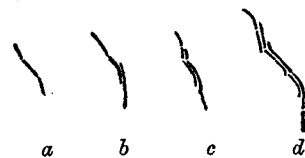


Fig. 1. Tuberkelbacillus. Vier in Intervallen von 24 Stunden nach dem Leben gezeichnete Stadien der Koloniebildung. Temp. ca. 35°. Vergr. 760.

Fig. 1. Den Ausgang bilden drei Zellen, die eine leicht geknickte Linie darstellen (a). Bei b tritt schon ein Vorgang ein, der im höchsten Maße charakteristisch ist und sich immer wiederholt. Die Zellen schieben sich im Wachstum aneinander vorbei, wobei sie sich eng aneinanderschmiegen und je nach den Raumverhältnissen gebogen sind. Auch diese auf eine große Wachstumsplastizität zurückgehende

Eigentümlichkeit muß ich für ein sehr charakteristisches Merkmal halten, das stets zum Ausdruck kommt. Inzwischen teilen sich die Zellen (c), wobei wieder das seitliche Ausbiegen in verschiedenen Stadien bei *d* gut zu sehen ist. In den ersten Stadien sind die dergestalt ausbiegenden Zellenden häufig hornartig gebogen, was bei Gesamtbetrachtung des ganzen Komplexes den Eindruck von Verzweigung hervorruft. Dieses seitliche

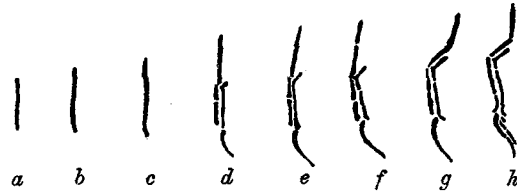


Fig. 2. Harnbacillus. Entwicklung einer Kolonie.

$\frac{a}{23}$	$\frac{b}{7\frac{1}{2}}$	$\frac{c}{15\frac{1}{2}}$	$\frac{d}{7\frac{1}{2}}$	$\frac{e}{5\frac{1}{4}}$	$\frac{f}{23\frac{1}{4}}$	$\frac{g}{9}$	$\frac{h}{9}$
Temp. ca. 20°. Nach dem Leben. Vergr. 780.							

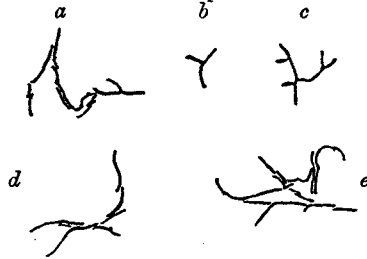


Fig. 3.

Tuberkelbacillus. Junge, nicht zusammengehörige, 7 Tage alte Kolonien. Nach dem Leben. Temp. 35°. Vergr. 760.



Fig. 4.

Tuberkelbacillus. Teilung. Gleitprozeß der Tochterstäbchen. Intervalle 24 Stunden. Temp. 35°. Nach dem Leben. Vergr. 760.

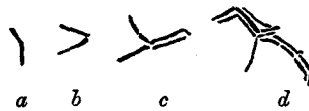


Fig. 5. Harnbacillus. Koloniebildung. Typische Knickung nach der ersten Teilung.

$\frac{a}{7\frac{1}{2}}$	$\frac{b}{4}$	$\frac{c}{23\frac{1}{2}}$	$\frac{d}{23\frac{1}{2}}$
Nach dem Leben. Temp. 20°. Vergr. 780°.			

Ausbiegen der Zellenden ist auch sehr gut in Fig. 2 *d* bis *h* zu verfolgen, bei dem Harnbacillus. Auch in Fig. 3, welche verschiedene nicht genetische Bilder von Wuchsverbänden des Tuberkelbacillus darstellt, sind die oben geschilderten Eigentümlichkeiten, besonders das den Raumverhältnissen angepaßte plastische, unregelmäßige Wachstum der einzelnen Zellen

deutlich. Auch Fig. 8 wolle man aufmerksam betrachten. In Fig. 4 sind die ersten nach der Teilung oft eintretenden Stadien des Gleitprozesses dargestellt. Das ursprünglich gerade Stäbchen zeigt bald eine bajonettartige Krümmung, die überhaupt oft zu bemerken ist. In *d* sieht man dann die durch die Teilung entstandenen Enden im Begriff, sich aneinander vorbeizuschieben. Leider blieb das Wachstum dann stehen. Weiter ließ es sich beim Harnbacillus verfolgen (Fig. 7). Eine bestimmte Richtung dieses Wachstumsprozesses wird nicht eingehalten. Ein anderer Modus des auf die erste Querteilung folgenden Wachstums ist in Fig. 5 dargestellt. Leider nur für den Harnbacillus; denn zufällig gelang es nicht, die auch in den Tuberkelbazillenkulturen sehr gewöhnlichen entsprechenden Anfangsstadien weiter zu verfolgen. Ich kann aber wegen ihrer Häufigkeit wohl annehmen, daß ihre Weiterentwicklung analog der in Fig. 5 abgebildeten vor sich geht, umso mehr, da beide Bakterien weit-

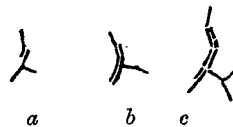


Fig. 6.

Tuberkelbacillus. Verzweigung.

Intervalle von 24 Stunden.

Nach dem Leben. Temp. 35°. Vergr. 760.

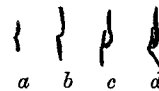


Fig. 7.

Harnbacillus. Gleitprozeß.

$\frac{a}{7\frac{1}{2}}$	$\frac{b}{15\frac{1}{2}}$	$\frac{c}{7\frac{1}{2}}$
--------------------------	---------------------------	--------------------------

Nach dem Leben. Temp. 20°. Vergr. 780.

gehende morphologische (und auch wie ich hinzufügen will, weitgehende kulturelle) Übereinstimmung zeigen. In Fig. 5 also knicken die beiden Tochterzellen nach der Teilung V-artig ein (*b*), worauf die beiden neuen am Knick gelegenen Enden parallel weiter wachsen (*c*).¹ Man wird wohl nicht fehlgehen, wenn man diese Knickung, die sich bekanntlich auch besonders oft beim Diphtheriebacillus und, wie ich selbst genauer verfolgt habe, beim Smegmabacillus findet, eine Folge dieses eigenartigen Wachstumsprozesses der Tochterzellen ist.

Fig. 6 zeigt echte Verzweigungen. Im Anfangsstadium *a* war ein Ast bereits ausgebildet. Später (*b*) erschien an dem Seitenast eine kleine seitliche Anschwellung, die dann im Stadium *c* zu einem rechtwinklig abstehenden Seitenast ausgewachsen ist. Schwierigkeiten machte es, zu entscheiden, ob die Zweige rechtwinklig von einem Zellende aussprossen, oder wirklich nach der gewöhnlichen Art der seitlichen Verästelung aus

¹ Die weitere in *d* dargestellte Phase ist nur noch schlecht zu übersehen und dementsprechend schwierig aus der vorigen abzuleiten.

der Flanke der Mutterzelle herauskommen. Die erste Vermutung wurde durch die Stadien *d* bis *h* der Fig. 2 nahe gelegt, wo eine solche am Zellende erfolgende seitliche Sprossung sehr schön zu sehen ist. Ich konnte aber bei dem Tuberkelbacillus in Fig. 6 nichts von einer Teilung an der Ursprungszelle des Astes entdecken, weder bei *a*, noch bei *b*, so daß ich zu dem Schlusse genötigt werde, daß es sich tatsächlich um echte aus den Flanken hervorbrechende Äste handelt. Allerdings können sie, wie mir das Stadium *d* deutlich zeigte, später durch Teilung am Ursprungsort abgegliedert werden, doch scheint dies nicht die Regel zu sein, denn die in Fig. 3 *b* und *c* dargestellten (nicht genetischen Stadien) lassen nichts davon erkennen. Es ist kein Zweifel, daß beim Tuberkel-

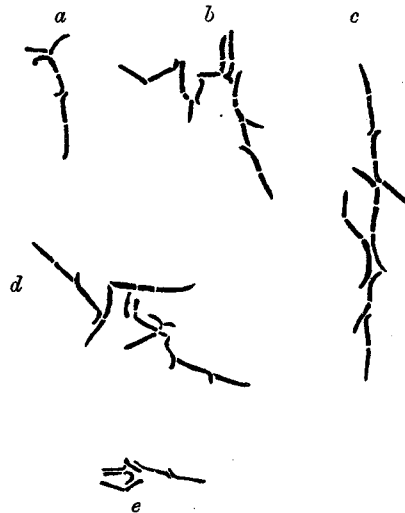


Fig. 8. Harnbacillus. Fünf Kolonien, 4 Tage alt, nicht zusammengehörig.
Nach dem Leben. Vergrößerung etwa 800.

bacillus echte Verzweigungen vorkommen und zwar auch im jugendlichen Zustande der Kultur, doch sind sie selten und stellen keinesfalls die Norm dar. Beim Harnbacillus fand ich sie nicht. Diese echten Verzweigungen dürfen nicht ohne weiteres mit den Bildern verwechselt werden, die oft ganze langgestreckte mehrzellige Komplexe infolge der Wachstumseigentümlichkeit ihrer Elemente darbieten. Würde man z. B. in Fig. 3 *a, d, e* und in den einzelnen Komplexen der Fig. 8 die Zellgrenzen nicht genau sehen, wie es wohl durch starke Überfärbung oder Quellung passieren könnte, so würde man viele solcher Wuchsverbände für echte Verzweigung halten. Gerade weil ich auf diese Möglichkeit aufmerksam wurde und glaubte, daß möglicherweise manche reichen Verzweigungsbilder, wie sie in

der Literatur mitgeteilt sind, keine solchen seien, sondern nur Wuchsverbände einzelner Zellen, war es mir wesentlich, die in Fig. 6 und Fig. 3 dargestellten Verzweigungen, als zweifellos echte erkennen zu können. Immerhin vermute ich, daß sonst gelegentlich Täuschungen vorgekommen sind, wenngleich ich aus den vorliegenden Abbildungen keinen Anhalt für diese Vermutung gewinnen konnte. So machen die guten Figg. 1, 2, 3 von Coppen-Jones¹ durchaus den Eindruck von echten Verzweigungen, während diejenigen von Bruns² weniger gut zu kontrollieren sind. Solms-Laubach, der die Präparate vom Standpunkte des Botanikers begutachtete, hält die Verästelung für echt, sagt aber weiterhin, daß sie an die von Scytonema, einer Zyanoophytee, erinnerten. Es scheint also auch eine Art von seitlichem Ausbrechen einzelner Elemente erkennbar gewesen zu sein. Sander³ spricht z. B. auch davon. Er fand, daß die Verzweigung stets scheinbar war, indem aneinanderliegende Fäden sich trennten. Der Hauptast war dann dicker als die Seitenäste. Übrigens ist die Entscheidung, was echte und was falsche Verzweigung ist, keineswegs sehr einfach und hängt einigermaßen von der Abmachung ab, doch davon später. Erwähnt sei nur, daß einige der in Fig. 8 dargestellten Wuchsverbände eine große Ähnlichkeit mit den Coppen-Jonesschen und Brunsschen Bildern zeigen, doch ist hier nirgends ein echter Flankenauswuchs zu konstatieren.

Hier und da bemerkt man, wie einzelne Stäbchen an ihren Enden leicht angeschwollen sind. Überhaupt ist die Dickendimension sowohl im einzelnen Stäbchen als auch unter den verschiedenen Stäbchen verschieden. Auch die Länge ist sehr verschieden. Man sieht oft als Folge reger Teilungstätigkeit kurze Zellen hintereinander liegen, wie z. B. in Fig. 6, c, was wohl dieselbe Erscheinung ist, wie diejenige, welche dem Tuberkelbacillus den Namen Coccothrix verschafft hat. Gelegentlich erscheinen die Kolonien an gewissen Stellen merkwürdig körnig, wenn man etwas hoch einstellt. An solchen Stellen sind Zellenden nach oben hornartig ausgebogen, wie man sich leicht mit Hilfe der Mikrometerschraube überzeugen kann. Auch auf diese Weise können oft keulige Enden vorgetäuscht werden. Was die Umriss der Zellen anbelangt, so sind sie fast nie vollkommen regelmäßige Zylinder, wie sie z. B. der Heu-, Milzbrand-, Colibacillus darstellen, sondern gewöhnlich mehr oder weniger unregelmäßig gebogen. Der Unterschied gegen typische Stäbchenbakterien ist, wenn er sehr gering ist, etwa ähnlich wie derjenige zwischen einer mit dem Lineal gezogenen und einer mit der Hand gezeichneten Linie, oft aber noch viel auffallender. Außer dem unregelmäßigen Umriß ist auch die Form un-

¹ A. a. O.² A. a. O.³ A. a. O.

regelmäßig, wie ich bereits hervorhob. Unregelmäßigkeit der Länge, der Dicke, des Umrisses und der Form sind ebenfalls sehr charakteristisch für die beiden studierten Säurefesten und nach den Angaben der Autoren auch für die anderen. Ähnliches gilt z. B. auch für den Diphtheriebacillus.

Soweit die Diskussion der Abbildungen, die im übrigen für sich selbst sprechen mögen. Die Empfindung, daß ganz eigenartige, sonst bei typischen Bakterien nicht vorkommende Wuchsverhältnisse bei dem Tuberkelbacillus und seinen nächsten Verwandten vorliegen, drängt sich dem Beobachter ohne weiteres auf. Es ist aber schwierig, sie scharf zu analysieren und als Unterscheidungsmerkmale in scharfen Gegensatz zu der Wuchsart typischer Stäbchenbakterien¹ zu bringen. Damit kommen wir auf

die systematische Stellung des Tuberkelbacillus

zu sprechen. Wir knüpfen da am besten an das System an, welches in der vortrefflichen Bakteriologischen Diagnostik von Lehmann und Neumann (4. Aufl.) entwickelt ist. Trotzdem auch von anderen Seiten Reformversuche gemacht wurden, ist dies Buch doch das einzige der bekannten bakteriologischen Lehrbücher, welches ihre Bedeutung in vollem Umfange anerkannt und damit ernst gemacht hat.

Auch die botanisch-bakteriologischen Lehr- und Handbücher verhalten sich ablehnend dagegen, dem Tuberkelbacillus eine Sonderstellung zuzuschreiben², wie überhaupt sich meines Wissens ein Botaniker bisher noch nicht der Angelegenheit selbst forschend angenommen hat.

Lehmann und Neumann haben bekanntlich den Tuberkelbacillus ganz von den echten Bakterien abgetrennt und ihn mit dem Diphtherie-, Rotz-, Leprabacillus und den Aktinomyzeten in eine Familie, nämlich die der Actinomycetes eingereiht.

Wenn wir die verwandtschaftlichen Verhältnisse dieser Gruppe untersuchen, so müssen wir den Grundsatz aufstellen, die einzelnen Vertreter in erster Linie nach denjenigen Eigenschaften zu vergleichen, welche bei der Kultur außerhalb des Körpers hervortreten. Solche Merkmale, die unter günstigen Bedingungen für ungehinderte Entwicklung sichtbar werden, sind für systematische Erwägungen, die doch, wenn irgend möglich, zuerst an die morphologischen Verhältnisse anknüpfen wollen, von

¹ Nur diese habe ich im Auge, sehr abweichende, wie z. B. der *Bacillus radicola*, der *Bacillus Berestniewi* u. a. sind vorläufig systematisch unsichere Formen.

² Vgl. z. B. A. Fischer, *Vorlesungen über Bakterien*. 2. Aufl. Jena 1903. S. 48, sowie Behrens, Referat über Rosenblat. *Botan. Zeitung*. 1906. Bd. LXIV. S. 121.

größeren Gewicht, als die Charaktere, die sich unter den besonderen Bedingungen des lebenden Wirtes ausbilden. Ich kann infolgedessen den interessanten Befunden Friedrichs¹, Schulzes² usw. keine entscheidende Bedeutung beilegen. Unter denselben Bedingungen des Körpers können zwei langsam fortwachsende Komplexe von Mikroorganismen ganz ähnlich aussehen, ohne daß sie deshalb verwandt zu sein brauchen.

Betrachten wir zunächst Aktinomyzeten und Tuberkelbacillus, so müssen wir gestehen, daß wir keine enge Verwandtschaft konstatieren können. Ein Actinomyces ist ein zweifelloser Fadenpilz, der Konidien abschnürt. Aus den Konidien sieht man im hängenden Tropfen ein typisches, verzweigtes Myzel hervorwachsen, das sich bis auf die außerordentliche Zartheit der Hyphen nicht wesentlich von dem Myzel anderer dickerer Fadenpilze unterscheidet. Das Bild, das der Tuberkelbacillus im hängenden Tropfen bietet, ist total verschieden. Nie werden Konidien gefunden, nie kommt es zu einem Gebilde, das man als ein Myzelium von so typischer Art bezeichnen könnte, wie es bei den Strahlenpilzen vorliegt. Auch so viel haben unsere Beobachtungen erkennen lassen, daß die Tuberkelstäbchen nicht etwa die Bruchstücke eines Myzels sind, dessen Zellen leicht auseinanderfielen und das nur unter günstigen Erhaltungsbedingungen als solches zu erkennen wäre.³ Es ist ein ausgesprochen amyzelialer Pilz, etwa wie die Hefe, die auch nur ausnahmsweise fädige Elemente, selten ausgedehntere Sproßverbände, nie echte Myzelien bildet. Wie bei der Hefe ist die Einheit die Zelle, nicht ein Myzelindividuum.

Wie verhält es sich nun aber mit der Verzweigung? Zu diesem Thema seien zunächst einige einleitende Bemerkungen vorausgeschickt. Man spricht von echter und falscher Verzweigung. Echt ist die Verzweigung, wenn aus der Flanke einer zylindrischen Zelle ein Zweig hervorkommt; sie kann bei ein- und bei vielzelligen Organismen stattfinden. Falsche Verzweigung ist nur bei vielzelligen Fäden möglich und tritt ein, wenn eine Zelle aus dem Verbande herausgleitet und fortwächst. Verzweigung ist dies aber auch, solange die Gesamtheit der Zellen einen festeren als Individuum höherer Ordnung zu bezeichnenden Verband bildet. Man könnte, um den irreführenden Ausdruck „falsche“ Verzweigung ganz zu vermeiden, besser von sprossender (= echter) und gleitender (= falscher) Verzweigung sprechen und das würde auch im Sinne de Barys

¹ P. L. Friedrich, Über strahlenpilzähnliche Wuchsformen des Tuberkelbacillus im Tierkörper. *Deutsche med. Wochenschrift*. 1897. Bd. XXIII. S. 652.

² Schulze, Untersuchungen über die Strahlenpilzformen des Tuberkuloseerregers. *Diese Zeitschrift*. 1899. Bd. XXXI. S. 152.

³ Wie das z. B. bei *Oidium lactis* der Fall ist.

sein¹, welcher betonte, daß die falsche Verzweigung ebenso gut eine ist wie die echte.

Bei dem Tuberkelbacillus können wir zunächst von einer gleitenden Verzweigung nicht sprechen, da die Zellen keinen morphologisch höher zu bewertenden Verband bilden. Wohl aber kann bei jungen Kolonien das Bild einer solchen Verzweigung zustande kommen, falls man die Kolonie als Individuum auffaßt, was sie aber in Wahrheit nicht ist. Außerdem ist niemals jene ausgesprochene Wachstumspolarität der herausgeglittenen Seitenzweiginitialen zu beobachten, wie sie z. B. bei *Cladothrix* erscheint, wo die fraglichen Zellen nur nach einer, nicht nach beliebigen Richtungen fortwachsen. Bei dem Tuberkelbacillus und dem Harnbacillus wachsen die Zellen nach beiden Richtungen heraus und weiter (vgl. Fig. 1, 2). Sprossende Verzweigung der einzelnen Zellen kommt beim Tuberkelbacillus unzweifelhaft vor, sie ist aber sehr selten. Die Seitenzweige lösen sich bald an der Ursprungsstelle von der Mutterzelle los (vgl. Fig. 6), doch scheint dies nicht immer der Fall zu sein; wenigstens konnte ich z. B. bei *b* und *c* in der Fig. 3 keine Unterbrechung sehen; auch die Figuren Copen-Jones und Bruns zeigen davon nichts. Gelegentlich (wenigstens konnte ich diese Beobachtung beim Harnbacillus machen) scheinen auch Sprossungen an oder nahe dem Ende der Zellen auszuwachsen (vgl. z. B. Fig. 2).

Ergeben auch unsere Vergleiche keinen Anhalt für engere Verwandtschaft mit den Strahlenpilzen, so ist damit nicht gesagt, daß die Säurefesten typische Bakterien seien. Halten wir sie etwa mit den Milzbrand-, Heu-, Coli- usw. Bakterien zusammen, so fallen folgende schon oben erwähnten Unterschiede auf. 1. Gleitendes Wachstum der Zellen, 2. ihre Plastizität, 3. ihre unregelmäßigen Dimensionen, 4. sprossende Verzweigung. Das erinnert alles durchaus an das Wachstum von Pilzhypen. Ich kann mich also dem Vorschlage Lehmanns durchaus anschließen, den Tuberkelbacillus und seine Verwandten von den typischen Stäbchenbakterien loszulösen, kann aber nicht soweit gehen, sie von den Bakterien gänzlich zu trennen. Denn was die übrigen Genera anbetrifft, so steht ihre enge Verwandtschaft keineswegs so fest, daß sie in Gegensatz zu unseren pilzartigen Bakterien gebracht werden könnten. Es segelt sicherlich mancherlei phylogenetisch nicht eng Zusammengehöriges unter der Flagge „Bacteria“, was wir vor der Hand aus praktischen Gründen ruhig weitersegeln lassen müssen.

Auf alle Fälle müssen zunächst einmal die Aktinomyzeten gänzlich von den Bakterien losgelöst und zu den echten Pilzen, den Eumycetes,

¹ A. de Bary, *Vorlesungen über Bakterien*. 2. Aufl. Leipzig 1887. S. 63.

gestellt werden.¹ Die Ähnlichkeit mit den Säurefesten ist so allgemeiner Natur, daß mit demselben Recht z. B. etwa die Hefen zu den Mukorineen gerechnet werden könnten. Lehmanns Aktinomyces würden mithin aus dem System der Bakterien schwinden müssen. Dafür müßte aber eine andere Familie aufgestellt werden, in welche alle die Bakterien hineingehörten, welche gewisse an Fadenpilze erinnernde Eigenschaften aufweisen, ohne sich aber von dem allgemeinen Typ der Bacteriaceae zu weit zu entfernen. Man könnte diese Familie nach dem von Lehmann eingeführten Gattungsnamen *Mycobacterium* als *Mycobacteriaceae* bezeichnen. Ich würde als erstes Genus unter diese Familie dann *Mycobacterium* rechnen und für den Tuberkelbacillus den Lehmannschen Namen *Mycobacterium tuberculosis* akzeptieren. Ich würde diesem Namen nicht allein deswegen vor dem älteren Metschnikoffs² „Sklerothrix“ den Vorzug geben, weil dieser Autor keine strenge Definition gegeben hat, sondern auch deswegen, weil sein Name an die ähnlich gebildeten Clado-Crenoleptothrix usw. erinnert und dadurch eine engere Verwandtschaft ausgedrückt wird, die meiner Ansicht nach nicht existiert. Zur Gattung *Bacterium* bzw. *Bacillus* läßt sich der Tuberkelbacillus ohne eine entsprechende Erweiterung der Gattungsdiagnose nicht mehr rechnen.

Ich würde also folgende Erweiterung des Bakteriensystems vorschlagen. Hinter die Familien der Coccaceae und Bacteriaceae und vor diejenige der Spirillaceae würde ich einschieben.

III. Familie *Mycobacteriaceae* Mieh (Pilzbakterien, Mykobakterien).

Einzellige Individuen von sehr unregelmäßiger Stäbchenform; auch in normalem Zustand sprossende Verzweigung, und zwar entweder regelmäßig oder nur gelegentlich; keine Myzelbildung nach Art der Fadenpilze; zuweilen fädige Entwicklung der Individuen. Keine Endosporen. Keine Bewegung.

Genus *Mycobacterium* Lehmann et Neumann emend. Mieh. Stäbchen selten vollkommen zylindrisch, gewöhnlich gekrümmt, von leicht welligem Umriß und unregelmäßigem Querdurchmesser. Länge der Zellen innerhalb derselben Kolonie stark wechselnd. Nach der

¹ Fritzsche (Experimentelle Untersuchungen über biologische Beziehungen des Tuberkelbacillus zu einigen anderen säurefesten Mikroorganismen und Aktinomyzeten. *Archiv für Hygiene*. 1908. Bd. LXV. S. 181–219) konnte auf Grund von sero-diagnostischen und Immunisierungsversuchen keine Verwandtschaft zwischen Tuberkelbazillen und Aktinomyzeten nachweisen.

² A. a. O. S. 70.

Teilung biegen die Zellen gewöhnlich seitlich aus und wachsen gleitend aneinander vorbei, wobei eine deutliche Plastizität zum Ausdruck kommt und charakteristische sehr feste Wuchsverbände entstehen. Schwer zerreibliche, dem festen Nährsubstrat lose aufsitzende Kolonien, auf Flüssigkeiten gewöhnlich eine Haut bildend. Sprossende Verzweigung, aber selten. Meist säurefest. Unbeweglich. Sehr langsames Wachstum. Keine Verflüssigung der Gelatine.¹

Welche Genera weiter unterzubringen sind, muß zukünftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben. Sicher gehört *Corynebacterium Lehmann* et *Neumann* hierher, vielleicht auch *Bacillus radicicola*, dessen Entwicklungsgeschichte es sich lohnen würde, genauer zu verfolgen, sowie *Bacillus Barestnewi*.² Als einen progressiven Übergang zu den Fadenpilzen möchte ich die Familie nicht auffassen, sondern sie eher für eine weitgehend reduzierte Gruppe halten, die vielleicht unter noch unbekannten mit den Strahlenpilzen verwandten, sehr dünnfädigen Pilzen ihren Ursprung genommen hat. Keinesfalls darf man den Tuberkelbacillus, wie dies Coppen-Jones, Bruns u. a. für möglich halten, als die durch Parasitismus degenerierte Standortsvarietät eines normalen in der Natur saprophytisch wachsenden Fadenpilzes auffassen. Dem widerspricht erstens, daß man auf den verschiedensten Substraten nie wesentlich andere Formen erhält, als sie im Tierkörper vorkommen, und zweitens die Entdeckung der stets saprophytischen Gras-, Mist- usw. mykobakterien. Eine Annäherung an die *Trichobacteriaceae*, also etwa an *Cladothrix*, *Leptothrix* usw. ist ebenfalls durch nichts gerechtfertigt.

¹ Diese Angabe nach Rosenblat, a. a. O. S. 447.

² W. W. Lepeschkin, Zur Kenntnis der Erbllichkeit bei den einzelligen Organismen. — Die Verzweigung und Myzelbildung bei einer Bakterie (*Bac. Barestnewi*). *Centralblatt für Bakteriologie*. 1904. Abt. II. Bd. XII. S. 641 und Bd. XIII. S. 13.