

Die Beziehungen der Bakteriologie zum praktischen Leben

Autor(en): **Rehsteiner, Hugo**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft**

Band (Jahr): **36 (1894-1895)**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-834552>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

VI.

Die Beziehungen der Bakteriologie zum praktischen Leben.

Von

Dr. **Hugo Rehsteiner.**

5. Februar 1895.

Schon mehr als zwei Jahrhunderte sind verflossen, seit der berühmte Presbyter aus der Gesellschaft Jesu, *Athanasius Kircherus*, die Entdeckung einer neuen Welt von lebenden Wesen verkündete, deren Dasein schon im römischen Altertume geahnt, aber erst mit Hilfe des im Anfange des 17. Jahrhunderts erfundenen Mikroskopes bewiesen werden konnte. In seinem im Jahre 1646 zu Rom erschienenen Buch ist zu lesen: dass die Luft, das Wasser und die Erde von unzählbaren Insekten wimmle, sei so sicher, dass der Beweis davon sogar dem Auge vorgeführt werden könne. Bekannt sei es auch bisher aller Welt gewesen, dass Würmer aus faulenden Körpern entstehen; erst nach der bewundernswerten Erfindung des Mikroskopes habe man jedoch erkannt, dass alle faulenden Stoffe von einer zahllosen Brut mit unbewaffnetem Auge nicht wahrnehmbarer Würmer belebt seien. Aber nicht nur in faulenden Stoffen, auch im Blute und den Pestbeulen der Pestkranken fand er solche Würmchen. „Vielleicht“, ruft er mit tief empfundenem Selbstgefühl aus, „wird dies manchen Ärzten wunderbar erscheinen; aber sie mögen wissen, dass viele Dinge in der Natur verborgen sind, unbekannt den Alten wie den Modernen, welche gleichwohl der hohe Scharf-

sinn dieser Zeit mit Hilfe des bewaffneten Auges entdeckt und, wie man zu sagen pflegt, ad oculum demonstriert hat.“ Soweit Kircher. Nähere Kenntniss der mikroskopischen Würmchen fehlte jedoch. Am Schlusse des 17. Jahrhunderts gelang es einem einfachen Privatmanne zu Delft in Holland, *Antony van Leeuwenhoek*, einen tiefen Einblick in die Welt der kleinen, dem unbewaffneten Auge unsichtbaren Wesen zu thun. Während seiner Lehrzeit in einem Leinwandgeschäfte zu Amsterdam hatte er die Kunst, kleine Glaslinsen zu schleifen, erlernt und später seine ganze Mussezeit darauf verwendet, möglichst kleine Linsen zu schleifen und zu polieren, um mit ihnen alle ihn umgebenden Gegenstände zu betrachten. Im Jahre 1675 entdeckte er mit seinen höchst primitiven, aber ausgezeichneten Mikroskopen die Infusorien, und nach und nach gelang es dem mit einer seltenen Beobachtungsgabe ausgestatteten Forscher, eine solche Fülle von grundlegenden Thatsachen zu finden, dass er von der dankbaren Nachwelt mit vollem Rechte der „Vater der Mikrographie“ genannt worden ist. Dass Leeuwenhoek mit seinen einfachen Linsen schon die verschiedenen Formen der *Bakterien* gesehen und richtig erkannt hat, geht aus einem im Jahre 1683 an die königliche Gesellschaft in London gesandten, mit klassischer Objektivität abgefassten Briefe hervor. Als er nämlich von dem zwischen seinen Zähnen trotz sorgfältigster Reinigung vorhandenen weisslichen Material eine geringe Menge mit Regenwasser vermischte und untersuchte, sah er, dass überall in dem genannten Materiale viele winzige Tierchen enthalten waren, welche sich auf die ergötzlichste Weise bewegten. Die Entdeckung der mikroskopischen Tierchen wurde bald überall bekannt: es kann daher nicht überraschen, dass

sie von neuem für die Erklärung zahlreicher Krankheiten in Anspruch genommen wurden. Man glaubte, dass die Luft, das Wasser, der Essig, der gärende Wein voll von Keimen wären, dass die Pusteln der Pockenkranken deren enthielten, dass sie die Pest erzeugten, kurz, es herrschte eine förmliche Manie, überall Würmer zu wittern, deren Vorhandensein man jedoch nicht bewies, sondern nur aus Analogie erschloss. Der Spott blieb auch nicht lange aus. Schon 1726 erschien in Paris ein satirisches Buch, in welchem die Würmer nach den verschiedenen Krankheiten als Ohnmachtler, Leibkneifler, Schwärler, Thränenfistler, Durchläufer etc. benannt und abgebildet wurden, wodurch die ganze Richtung als lächerlich an den Pranger gestellt wurde und in Misskredit geriet.

Dessenungeachtet erlosch die Idee des „*contagium animatum*“, d. h. eines lebenden Ansteckungstoffes nicht. Selbst der grosse Naturforscher *Linné*, der mikroskopischen Beobachtungen, weil nicht geübt darin, sehr misstrauisch gegenüberstand und die ganze Welt der kleinsten Lebewesen in einer einzigen Gattung *Chaos* unterbrachte, konnte sich des Gedankens nicht erwehren, dass es ausser dem „*Chaos infusorium*“ noch belebte Teilchen in der Welt gebe, welche noch nicht genügend bekannt seien, als da sind: das was die Gärung und Fäulnis verursacht, ferner die Ansteckungskeime derjenigen Krankheiten, welche mit einem Ausschlage verknüpft sind, endlich der „Zunder der hitzigen Fieber“. Welch' leibhaftige Gestalt diese Idee bei ihm angenommen hatte, geht aus seiner Erzählung von der „*furia infernalis*“ hervor, einem böserartigen Wesen, das aus der Luft auf die Menschen herabstürzen sollte und auch ihn in Norwegen auf seinen botanischen Exkursionen angefallen und auf das Krankenlager geworfen habe.

Allmählich geriet dieser ganze Ideenkreis wieder in Vergessenheit, und am Anfange dieses Jahrhunderts gelangte man sogar dahin, die Theorie eines belebten Ansteckungsstoffes als eine thörichte, längst überwundene geistige Verirrung zu betrachten. Es würde zu weit führen, wollten wir im einzelnen die mannigfachen Hypothesen verfolgen, welche sich an den im 18. und bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts sich erstreckenden Kampf um die „generatio æquivoca“, die *Urzeugung*, knüpfen. Für die Entwicklung der Naturwissenschaften, insbesondere der Desinfektionslehre war dieser die Gemüter in dauernder Erregung haltende Kampf sehr bedeutungsvoll. Um dessen endgiltige Entscheidung haben sich noch jetzt lebende Forscher, vornehmlich auch der geniale Franzose *Pasteur*, verdient gemacht. Heutzutage gilt die Theorie der *Urzeugung* als völlig überwundener Standpunkt. Jede Zersetzung, Gärung oder Fäulnis ist durch von aussen her eingedrungene Keime bedingt, und der Satz: „Alles Lebende stammt vom Lebenden ab“, besteht auch hinsichtlich der niedersten Lebewesen zu Recht.

Sehr bedeutungsvoll für die Erforschung der Mikroorganismen war das Jahr 1837. In diesem Jahre machten *Latour* und *Schwann* unabhängig voneinander die folgenreiche Entdeckung, dass die bei der Gärung des Bieres und des Weines bereits von Leeuwenhoek gesehenen Hefekügelchen lebende Organismen sind, deren Wachstum durch Sprossung in stündlich während der Gärung entnommenen Proben sich mit dem Mikroskope Schritt für Schritt verfolgen liess. Diese zweifellos pflanzlichen Organismen sahen sie als die Ursache der Gärung an. Von jeher hatte man Gärung und Krankheit als verwandte Dinge betrachtet und kam aufs neue zu dem berechtigten Schlusse,

dass auch die Krankheiten durch ähnliche Organismen erzeugt sein können. Von noch grösserm Einfluss auf die ärztlichen Anschauungen als die Entdeckung der *Hefepilze* wurde aber die in demselben Jahre veröffentlichte Entdeckung *Bassi's*. Diese geht dahin, eine miasmatisch contagiöse Krankheit der Seidenraupen, die *Muscardine*, sei durch ein pflanzliches Gebilde, einen Pilz, verursacht. Zur selben Zeit machte die Neu-Entdeckung der zwar vor Jahrhunderten schon gekannten, aber wieder in Vergessenheit geratenen Krätzmilben als alleiniger Ursache der Krätzkrankheit berechtigtes Aufsehen. Winzige Repräsentanten der Tier- und Pflanzenwelt erwiesen sich somit als Erreger von Krankheiten.

Um die Mitte des gegenwärtigen Jahrhunderts tauchte die lange Zeit verpönt gewesene Ansicht des *Contagium animatum*, des belebten Ansteckungsstoffes, durch diese verschiedenen wichtigen Entdeckungen angeregt, wieder auf, und es war namentlich der berühmte Göttinger Anatom und Physiologe *Henle*, der zuerst mit zwingender Logik den Gedanken entwickelte, das charakteristische Verhalten der ansteckenden, der *Infektionskrankheiten* könne nur durch die Annahme von mit *eigener Vermehrungsfähigkeit* ausgestatteten *Krankheitserregern* erklärt werden. Mithin müssten diese letztern notwendigerweise als *belebte Wesen* gedacht werden. Heutzutage sind Henles Ausführungen allgemein anerkannt; damals fanden seine Ideen noch keinen fruchtbaren Boden. Der physiologischen Anschauungsweise trat die Chemie entgegen, die in *Liebig* einen bewährten und gewandten Verteidiger hatte. Nach der Anschauung Liebigs können auch leblose chemische Körper der Gärung ähnliche Prozesse vollführen, d. h., scheinbar wenigstens, sich von selbst vermehren. Mithin

zwingt die selbständige Reproduktionsfähigkeit einer Substanz an und für sich noch nicht, auf deren organisierte Natur, auf deren individuelles Leben zu schliessen. Glücklicherweise waren es echte Naturforscher, denen die Entscheidung dieses Streites oblag, und nicht in allgemeinen Hypothesen, sondern in eingehendem Studium der Gärungsvorgänge suchten und fanden sie die Lösung der Frage im Sinne der physiologischen Anschauungsweise.

Zu gleicher Zeit lieferte auch *Pasteur* den Experimentalbeweis, dass die Fäulnis- und Gärungsvorgänge unauflösbar an den Lebensprozess bestimmter niederer pflanzlicher Organismen, der Fäulnis- und Gärungspilze, gebunden sind und ausschliesslich durch denselben erregt und unterhalten werden. Uns interessieren hier besonders die Resultate, die mit dem praktischen Leben Verbindung haben, namentlich seine Untersuchungen über das wertvollste Produkt seines Vaterlandes, den Wein. Sehr bald fand er, dass die am häufigsten vorkommenden und die grössten Verluste veranlassenden *Krankheiten der Weine*, das Sauerwerden, das sogenannte Umschlagen, das Bitter- und Fadenziehend-Werden durch organisierte Fermente hervorgerufen werden. Aus essigstichigen Weinen isolierte er das auf deren Oberfläche eine Haut bildende *Mycoderma aceti* (Fig. 1): kurze Glieder, etwa doppelt so lang wie breit, in der Mitte ein wenig zusammengedrückt, zu langen Ketten vereinigt. In bitteren Weinen begegnete er knottigen, ästigen, stark gewundenen Filamenten von $\frac{1}{1000}$ bis $\frac{4}{100}$ mm. Durchmesser (Fig. 3); in den umgeschlagenen, verfärbten sehr feinen, biegsamen, unverzweigten Fäden von nicht einmal $\frac{1}{1000}$ mm. Durchmesser (Fig. 4), welche, wenn sie zerbrochen sind, mit dem Milchsäureferment (Fig. 7) eine gewisse Ähnlichkeit haben. Kleine, in Ketten

angeordnete Kügelchen von etwa $\frac{12}{10000}$ mm. Durchmesser sah er in schleimigen, fadenziehenden Weinen (Fig. 5); ähnliche, aber dennoch deutlich unterscheidbare Coccenkettchen bei der ammoniakalischen Gärung des Urins (Fig. 6). Stets fand Pasteur die betreffende Krankheit des Weines von dem morphologisch wohl charakterisierten Fermente begleitet. Aus dieser Konstanz der Begleitschaft schloss er auf dessen spezifische Wirksamkeit.



Fig. 1.
Essigstichpilz
(*Mycoderma
aceti*).



Fig. 2.
Kahmhaut des
Weines (*Mycoderma
vini*).

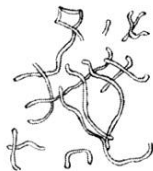


Fig. 3.
Ferment der
bittern Weine.



Fig. 4.
Ferment der
umgeschlagenen
Weine.



Fig. 5.
Ferment der
fadenziehenden Weine.

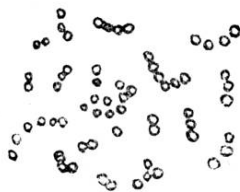


Fig. 6.
Ferment der
Harnstoffzersetzung.



Fig. 7.
Ferment der
Milchsäure-
gärung.

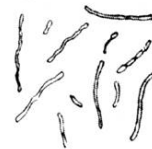


Fig. 8.
Ferment der
Buttersäure-
gärung.

(Nach Pasteur gezeichnet von H. Rehsteiner.)

Nachdem Pasteur für die Krankheiten der Weine belebte Organismen als ursächliches Moment gefunden, machte er sich daran, die Krankheiten der *Seidenraupen*, welche in jener Zeit die herrlich aufgeblühte Seiden-Industrie Frankreichs zu vernichten drohten, zu erforschen. Er konstatierte bei der sogenannten *Fleckenkrankheit*, der Pébrine, glänzende ovale Körperchen in dem Gewebe der Raupen — er fand dieselben Körperchen auch in den Schmetterlingen und sogar in den Eiern. Die aus körper-

chenhaltigen Eiern ausgeschlüpften Raupen gingen, wie er beobachtete, regelmässig vor der Bildung des Cocons zu Grunde; sie infizierten aber während ihres Krankseins durch ihre Exkremente das Futter und steckten die dies verunreinigte Futter aufnehmenden gesunden Raupen an. Diese produzierten dann wiederum körperchenhaltige Schmetterlinge, aus deren infizierten Eiern dem Tode geweihte Raupen auskrochen. Pasteur zeigte nun, dass nur bei einer auf sorgfältiger mikroskopischer Untersuchung basierten Auswahl körperchenfreier Eier gesunde Raupen gezüchtet, das Sterben der Raupen verhütet und eine lohnende Kultur derselben garantiert werden können. Aus seinen Untersuchungen ging hervor, dass ein von allen andern niedern Organismen verschiedenes belebtes Wesen als Ursache der verheerenden Krankheit anzusehen war. Bei einer andern Krankheit, bei der Schlafsucht der Seidenraupen, fand Pasteur ein anderes Ferment, welches er auf Grund erfolgreicher Fütterungsversuche für die Ursache dieser Krankheit ansah.

Die Arbeiten *Pasteurs* machten in der ganzen wissenschaftlichen Welt einen gewaltigen Eindruck. Zum ersten Male war auf die Existenz bestimmter, mit bestimmten physiologischen Eigenschaften begabter Arten in dem Chaos der niedersten Formen hingewiesen. Zugleich hat er auch die eminente praktische Bedeutung der Unterscheidung und Trennung der einzelnen Arten zum klaren Ausdruck gebracht. Doch nicht ungeteilte Anerkennung fanden seine Resultate. Es lag dies zum Teil an seiner Methode, nach der es ungemein schwierig war, Reinkulturen, d. h. Kulturen nur einer Species von Mikroorganismen, zu gewinnen.

Auch für die belebte Natur der Ursachen der an-

steckenden Krankheiten im Sinne der Henleschen Theorien mehrten sich die Beweise. Bei gewissen Hautausschlägen waren den Schimmelpilzen ähnliche Gebilde beteiligt. Die kräftigste Stütze ward der parasitären Doktrin der menschlichen Infektionskrankheiten durch die Geschichte der *Trichinenkrankheit* zu Teil, bei der man früher eine unbekannte sogenannte miasmatische Ursache voraussetzte. Unter andern war es namentlich auch *Virchow*, welcher die Trichinenkrankheit als einzig und allein durch die Einwanderung eines hochorganisierten tierischen Wesens, der Trichine, in den menschlichen Körper hervorgerufen erkannte.

Den ersten direkten untrüglichen Nachweis lebender Ansteckungsstoffe bei einer echten Infektionskrankheit lieferten *Pollender* und, unabhängig von ihm, *Brauell*, indem sie im Blute lebender, milzbrandkranker Tiere konstant eigentümliche Stäbchen nachwiesen, deren organisierte Natur jedoch eine Zeit lang wegen ihrer Bewegungslosigkeit angezweifelt wurde. Erst im Jahre 1876, als *Robert Koch*, damals Kreisphysikus in Wollstein in Schlesien, seine erschöpfende Arbeit über den *Milzbrand* lieferte, wurden Bakterien als Erreger von Krankheiten anerkannt. *Koch* machte sich in erster Linie daran, die Lebens- und Vermehrungsbedingungen dieser kleinen glashellen Stäbchen zu ergründen. Er fand, dass sie sich im Blute lebender Tiere ausserordentlich schnell vermehrten, indem er durch Impfung von Maus zu Maus durch lange Reihen von Generationen hindurch die Krankheit übertrug. Stets konnte er im Blut und der angeschwollenen Milz zahllose Stäbchen nachweisen. Unter veränderten Lebensbedingungen, im Blute des toten Tieres, wuchsen diese kurzen Stäbchen zu langen Fäden aus, in denen sich zahl-

reiche Knötchen, die Sporen, bildeten. Koch war ebenfalls der erste, der den Fortpflanzungsprozess, die Sporenbildung dieser einfachen Organismen, direkt unter dem Mikroskope Schritt für Schritt verfolgen konnte. Nachdem die Entwicklungsgeschichte der Milzbrandbacillen klar vor Augen lag, machte sich Koch daran, die Beziehungen der Bacillen zur Milzbrandkrankheit festzustellen. Es gelang ihm, nur mit solchen Substanzen, welche entweder lebende Milzbrandbacillen oder deren Sporen enthielten, bei Mäusen die Krankheit zu erzeugen. Das Tier-Experiment lieferte also den unumstösslichen Beweis, dass nur eine ganz bestimmte Species von Bacillen die Milzbrandkrankheit hervorruft, dass mithin diese Bacillen auch die alleinige Ursache der Krankheit sind. Aus der Thatsache der Sporenbildung ausserhalb des Tierkörpers konnte Koch auch die Weiterverbreitung der Krankheit von Tier zu Tier mit voller Sicherheit feststellen. Er kam zu der Ansicht, der Milzbrand werde vorzugsweise durch die Sporen verbreitet. Denn die Bacillen selbst sind von geringer Resistenz, nach dem Eintrocknen gehen sie bald zu Grunde, während die Sporen weder durch jahrelange Trockenheit, noch durch monatelangen Aufenthalt in faulenden Flüssigkeiten, noch durch wiederholtes Eintrocknen und Anfeuchten ihre Keimfähigkeit und Wirksamkeit einbüssten. *Ein* unzuweckmässig behandelter Tierkadaver könne unzählige Sporen liefern; davon gelangen manche ins Grundwasser, andere ins Futter, wieder andere in die Luft, kommen, vielleicht erst nach Jahren, dem Luftstaub anhängend oder durch Vermittlung des Wassers, auf die Haut der Tiere, gelangen durch die unscheinbarste Wunde oder vom Verdauungskanal aus in die Blutbahn und beginnen dort den schon besprochenen Kreislauf.

Diese grundlegenden Versuche Robert Kochs über den Milzbrandbacillus erregten berechtigtes Aufsehen in den beteiligten Kreisen und fanden um so eher allgemeine Anerkennung, als Pasteur die Kochschen Thatsachen nachprüfte und voll und ganz bestätigte.

Weiterhin gelang es, bei *eiterigen Prozessen* bestimmte Spaltpilze, meist von kugeliger Form, zu entdecken. *Obermeyer* fand im Blute von an Rückfalltyphus Erkrankten während der Fieberanfälle eine *Schraubenbakterie*; bei *Ausatz-*, *Nervenfieber-*, *Schwindsucht-* und *Cholera-Kranken* wurden bestimmte, immer wiederkehrende Formen kleinster Organismen beobachtet.

Die Kochschen Resultate waren nicht nur von eminenter Bedeutung für die Klarlegung der Verhältnisse der Milzbrandkrankheit und damit der ansteckenden Krankheiten überhaupt, sondern von eben so grossem Werte für die Entwicklung der bakteriologischen Wissenschaft durch die Erfolge, welche die dabei zur Anwendung gelangten *neuen Kulturmethoden* zeitigten. Das lange vergeblich gesuchte Problem der Isolierung, der *Reinkultur* dieser mikroskopischen Lebewesen, hat *Koch* zwar nicht ganz selbständig erfunden, aber, auf schon Bekanntes aufbauend, die Methoden in einer Art und Weise zusammengefasst und ausgebildet, die allein den grossartigen Aufschwung der bakteriologischen Wissenschaft ermöglichte. Darin liegt Kochs eminentes und für alle Zeiten unvergängliches Verdienst.

Bevor wir eine bestimmte Art als Urheber einer Krankheit beschuldigen dürfen, müssen wir dieselbe als durch *bestimmte Eigenschaften* ausgezeichnet von verwandten mit ihr zugleich vorkommenden Arten abtrennen können. Gestatten Sie mir, zur Verdeutlichung der Schwierigkeiten,

die das *Isolieren* einer bestimmten Bakterienart mit sich führt, eine kleine Exkursion auf ein verwandtes Gebiet. Betrachten wir zwei sich nahe stehende Pflanzen, beispielsweise die im Frühjahr allerorts das Auge erfreuenden Primeln. Es braucht keinen Fachmann, um sofort eine Reihe von eigentümlichen Merkmalen der einen Art gegenüber der andern aufzuzählen und dadurch beide als verschiedene Arten zu erkennen. Wie sollen wir nun aber zwei einander nahe stehende Bakterien unterscheiden? Die *Farbe*, wie bei den Blüten, kann uns keine Anhaltspunkte geben; denn weitaus die meisten sind farblos. Die *Grösse* ist ebenfalls nicht massgebend. Beispielsweise zeigen *Heubacillen* und *Milzbrandbacillen* auch unter dem besten Mikroskope, mit den feinsten Vorrichtungen gemessen, kein einziges verschiedenes *äusseres* Merkmal. Selbst in der Art und Weise der Reproduktion, der Sporenbildung, sind sie ganz gleich. Und dennoch sind sie in ihrer *Wirkungsweise* gänzlich verschieden: der eine, der Heubacillus, ist ein harmloser Geselle, der in der Luft, im Staub, speciell im Heustaub, im Boden u. s. w. sich findet und der Tieren, z. B. Mäusen, in die Blutbahn injiziert, absolut ungefährlich ist. Welche Verheerungen dagegen der Milzbrand im Tierkörper anrichtet, ist Ihnen aus dem früher Gesagten bekannt. Diese Verschiedenheit in der Wirkungsweise benutzte Koch zur Isolierung der Art, und er fand, dass der *lebende Tierkörper*, für gewisse Arten wenigstens, der vorzüglichste Apparat zur *Reinkultur* sei. Im lebenden Tierkörper kann überhaupt nur eine beschränkte Zahl von Bakterien wachsen, und das Eindringen derselben ist so erschwert, dass der *unverletzte* Körper eines Tieres als vollständig isoliert gegen andere als die absichtlich eingepflichten Keime betrachtet werden darf. Verimpfte er z. B.

fauliges Blut, welches eine Unzahl der verschiedensten Bakterienformen enthält, auf *Hausmäuse*, so gingen dieselben nach kurzer Zeit, 4—8 Stunden, zu Grunde. In ihrem Blute fand er unzählige feinste, kaum sichtbare *Stäbchen*. Experimentierte er mit demselben Material an *Feldmäusen*, so blieb ihr Blut frei von Stäbchen; dagegen fand, von der Impfstelle ausgehend, eine fortschreitende Abscessbildung statt, und als Urheber derselben entpuppten sich zarte, zu Ketten vereinigte *Kugelbakterien*. Durch das Medium des Tierkörpers war eine Isolierung von zwei Bakterienarten gelungen, die ganz bestimmte Eigenschaften aufwiesen. Die feinen Stäbchen, die nur im Blute der Hausmäuse gedeihen, bewirkten bei diesen eine Blutvergiftung; die im Gewebe der Feldmaus gefundenen Coccenkette hatten Abscessbildung zur Folge. In analoger Weise gelang es Koch, vermittelst fauligem Blute bei Kaninchen sogar 4 verschiedene Krankheiten hervorzurufen.

Doch nur eine beschränkte Zahl von Bakterien lässt sich auf diese Weise reinkultivieren; es galt also, nach andern, allgemeiner anwendbaren Methoden zu suchen. Bisher hatten sich der Reinkultur auf *künstlichen Nährsubstraten* unüberwindliche Schwierigkeiten entgegengestellt. Die neben Koch bedeutendsten Forscher auf unserm Gebiete, der Mediziner *Klebs*, der Botaniker *Cohn* und der Chemiker *Pasteur* kultivierten ihre Mikro-Organismen in *Lösungen* von Nährsalzen oder Bouillon. Wohl mundete ihren Zöglingen die dargereichte Nahrung ganz vortrefflich, doch erforderte die Isolierung der bunt zusammengewürfelten Gesellschaft einen bedeutenden Aufwand an Zeit und Material, und trotzdem war es dem Zufall überlassen, ob man wirkliche Reinkulturen erhielt. Das Verfahren gestaltete sich folgendermassen: Man vermischte

eine Spur des bakterienhaltigen Gemenges, sagen wir z. B. mit Fäulnisbakterien verunreinigtes Blut eines an *Milzbrand* gestorbenen Tieres, mit dem flüssigen Inhalt eines Kulturröhrchens, mischte durch vorsichtiges Hin- und Herbewegen gut durch, übertrug eine Spur dieses Gemisches auf ein zweites Kulturröhrchen u. s. w. Hiebei wurde folgendermassen argumentiert: Durch die fortgesetzte Übertragung nur einer Spur des Röhrchen-Inhalts auf immer wieder neuen keimfreien Nährboden wird eine enorme Verdünnung des Ursprungsmateriales erzielt, und man darf hoffen, dass bei Anfertigung einer grossen Zahl von Verdünnungen in den letzten Kulturröhrchen nur noch je *ein Keim* sich vorfinde. Die Nachkommenschaft dieses einen Keimes stellt eine Reinkultur der betreffenden Art dar. Es liegt auf der Hand, dass bei dieser theoretisch richtigen Methode dem *Zufall* die Hauptrolle zu spielen überlassen blieb. Dem Scharfblicke *Kochs* war es vorbehalten, auch in Bezug auf künstliche Reinkulturen bahnbrechend vorzugehen durch die Einführung der *festen durchsichtigen Kultursubstrate*, und als seine, in der Hand des geübten exakten Arbeiters relativ einfachen Methoden allgemein bekannt wurden, trat die Bakteriologie aus den Laboratorien der Universitäten heraus in die Praxis zu fruchtbringender Anwendung. Erst 14 Jahre sind seit seiner Entdeckung verflossen, und schon haben seine Methoden die Welt erobert. Seinen Gegnern (denken wir an die Cholerafrage) der Pettenkoferschen Schule in München sind sie ebenso unentbehrlich, wie seinen Anhängern in Berlin und den sonst gegen alles Deutsche spröde sich verhaltenden Franzosen.

Bevor wir im speciellen auf die *Kultur* der kleinsten Organismen eintreten, müssen wir uns vergegenwärtigen, dass diese Gäste ungebeten überall da sich zu Tische laden,

wo es etwas zu speisen giebt. An den feinsten Staubteilchen der Luft, an den Händen, an allen Geräten kleben entwicklungsfähige Keime, und die vorhandenen zu zerstören und dazukommende fernzuhalten, ist das A B C aller Bakterienkultur. Wir müssen unsere Gefässe und Nährsubstrate vor allem *steril*, d. h. frei von entwicklungsfähigen Keimen machen; verweilen wir deshalb einen Augenblick bei der *Sterilisationstechnik*.

Die Tötung von Bakterienkeimen kann hauptsächlich auf zweierlei Arten geschehen: einmal durch *hohe Temperaturen* und ferner durch *chemische Mittel* (Desinfektionsmittel). Viele Metall-Instrumente lassen sich auf äusserst einfache Art zum Zwecke der Benutzung bei bakteriologischen Arbeiten keimfrei machen, durch Ausglühen in der Flamme. Das am häufigsten gebrauchte Instrument, der Platindraht, gelangt momentan ins Glühen und, was ebenfalls von grosser Wichtigkeit, ist nach wenigen Sekunden wieder abgekühlt und gebrauchsfähig. Durch das Ausglühen werden sämtliche Bakterienkeime augenblicklich zerstört. Diese einfachen Manipulationen, bei denen sehr hohe Temperaturen zur Bakterienvernichtung zur Anwendung kommen, sind jedoch nicht überall am Platze. Man hat sich deshalb mit niedrigeren Temperaturen zu helfen gesucht und mit stark erhitzter Luft desinfiziert. Die im Jahre 1881 in den Mitteilungen des kaiserlichen Gesundheitsamtes zu Berlin veröffentlichten grundlegenden Versuche von Koch und Wolffhügel haben nun aber gezeigt, dass die *trockene heisse Luft* ein höchst unzuweckmässiges Desinfektionsmittel ist. Damit alle Bakterienkeime getötet werden, ist dreistündige Einwirkung einer Temperatur von 140° C. oder einstündige einer solchen von 160 — 170° C. notwendig. Es ist selbstverständlich, dass nur eine be-

schränkte Anzahl von Stoffen ohne Beschädigung solchen Temperaturen ausgesetzt werden darf. Für leere Glasgefäße oder Metallinstrumente bedienen wir uns heute noch besonders konstruierter Trockenschränke oder Heissluft-Sterilisations-Apparate.

Viel energischer als die trockene heisse Luft wirkt der *heisse Wasserdampf* auf Bakterien ein, und die zu sterilisierenden Objekte leiden, weil erheblich geringere Temperaturen nötig sind, auch kaum unter der Prozedur. Die von Koch herstammende ursprüngliche Form des Dampfsterilisationsapparates zur Keimfreimachung der Nährsubstrate ist der *Dampftopf*, eine Konstruktion, bei der strömender ungespannter Wasserdampf zur Anwendung gelangt. Die Objekte werden hier während ca. $\frac{1}{2}$ Stunde im Dampf belassen. Um die vegetativen Formen der Bakterien zu töten, genügt diese Zeitdauer vollkommen, doch erinnern wir uns, dass es neben diesen noch die beim Milzbrand erwähnten *Dauerformen*, die sogenannten *Sporen*, giebt. Beispielsweise werden solche Sporen einer unschädlichen im Boden vorkommenden Bakterienart, des roten Kartoffelbacillus, erst nach 6 Stunden vernichtet. Gelangen die Sporen unter ihnen zusagende Wachstumsbedingungen, so keimen sie zu den vegetativen, nicht resistenten Formen aus. Dies geschieht meist innerhalb 24, sicher innerhalb 48 Stunden. Es erübrigt daher nur, den Sterilisationsprozess am zweit- und drittfolgenden Tage zu wiederholen, um ganz sicher zu sein, jeden lebensfähigen Keim vernichtet zu haben.

Noch erheblich stärker keimtötend als der strömende ungespannte Wasserdampf von 100° C. wirkt der *gespannte* von höherer Temperatur. Die soeben erwähnten Sporen des roten Kartoffelbacillus werden im gespannten

Dampfe von 123 ° C. nach 10 Minuten, von 127 ° C. nach 2 Minuten und von 130 ° C. augenblicklich zerstört.

Eine grössere Widerstandsfähigkeit organischer Keime ist überhaupt nicht bekannt.

Bei diesen mit gespanntem Dampf arbeitenden Apparaten, sogenannten Autoklaven, genügt eine einmalige Sterilisation, und es resultiert somit ein bedeutender Zeitgewinn gegenüber dem Dampftopf.

Nachdem unsere Apparate und Nährmaterialien auf die eben besprochene Weise steril gemacht worden, drängt sich die Frage auf: in welcher Weise verfahren wir, um diese unsichtbaren Wesen unserm Gesichtssinne zu unterwerfen, ihre Eigenschaften beurteilen zu können? Zum Verständnis der aktuellen bakteriologischen Tagesfragen trägt ein kurzer Überblick über die von Koch ausgebildeten, jetzt allgemein gebräuchlichen *Methoden der Kultur* sehr wesentlich bei, und Sie werden mir gestatten, auf die technische Seite noch etwas näher einzutreten. Kochs Methoden der Kultur auf *festen durchsichtigen Nährsubstraten* sind von erstaunlicher Einfachheit gegenüber der frühern, schon besprochenen Züchtung in *flüssigen* Nährmedien. Unerlässliche Bedingung ist allerdings äusserste Pünktlichkeit bei allen Manipulationen.

Auch im Reiche der Allerkleinsten sind die Kleinsten nicht die Genügsamsten, im Gegenteil, in Bezug auf ihren Speisezettel zuweilen sehr wählerisch. Und so sind wir genötigt, zum Gedeihen dieser anspruchsvollen Gäste eine reichbesetzte Tafel bereit zu halten. Für die Ideale des Vegetarianismus fehlt zumeist jegliches Verständnis. Die harmlosen unter ihnen nehmen zwar mit rein vegetabilischer Kost, z. B. Kartoffeln, vorlieb, den allermeisten mundet aber eine kräftige, mit Pepton und Kochsalz noch extra

gewürzte Fleischbrühe am besten. Wenige blutdürstige Gesellen, unter ihnen der Influenza-Bacillus, verschmähen auch letztere Nahrung und gedeihen nur auf bluthaltigen Nährsubstraten.

Auch heutzutage wird für gewisse Zwecke noch eine nach besonderer Vorschrift hergestellte *flüssige* Bouillon verwendet. Für die meisten Fälle erfährt diese Bouillon einen Zusatz von weisser feiner Speise-Gelatine. Dieser feste durchsichtige Nährboden ist das Kolumbus-Ei der von Koch erfundenen Methodik.

Stellen wir uns die Aufgabe, aus einem Bakterien-gemisch eine bestimmte Art, z. B. bei einem Cholera-kranken den Koch'schen *Kommabacillus* zu isolieren.

Unter dem Mikroskope betrachtet finden wir in einem Tropfen vom Darm-Inhalte des Kranken eine ganze Reihe von verschiedenartigen Bakterien. Wir übertragen mit einem am Ende zu einer Öse umgebogenen ausgeglühten und wieder erkalteten Platindraht eine Spur des Materiales in ein Röhrchen mit geschmolzener Gelatine, mischen gut durch, impfen von dieser Mischung auf ein zweites, von diesem auf ein drittes Röhrchen und erzielen so eine bedeutende Verdünnung des Ursprungsmateriales. Der Inhalt eines jeden Röhrchens wird auf eine sterile Glasplatte ausgegossen, die auf einem Nivellierständer mittelst Eis rasch abgekühlt wird. Durch die geschilderte Prozedur werden die mechanisch getrennten Keime der diversen Bakterienarten an den Stellen, an die sie beim Ausgiessen zu liegen kamen, fixiert, so dass eine Vermischung derselben unmöglich ist. Nach 2—3 Tagen hat jeder Keim schon eine so zahlreiche Nachkommenschaft produziert, dass sie auch dem unbewaffneten Auge als Pünktchen sichtbar ist. Liegen die Keime auf der ersten Platte so

nahe beisammen, dass die daraus entstandenen Kolonien zusammenstossen, so werden auf der zweiten, sicher auf der dritten Platte, isolierte Kolonien zu treffen sein. Diese aus isoliert liegenden Keimen entstandenen Kolonien bestehen aus Bakterien der gleichen Art, sind mithin *Reinkulturen* der betreffenden Art. In unserm Falle werden wir die hellen, wie mit kleinen Glasstäbchen bestreuten, in die Gelatine einsinkenden Kolonien mit geringer Mühe als *Cholera*-Kolonien herausfinden können. Nach dem Abimpfen derselben in Röhrchen haben wir unsere Aufgabe, den Cholera-Bacillus aus dem Gemische zu isolieren, erfüllt. Manche der wichtigsten Erreger menschlicher Krankheiten erfordern zu ihrem Gedeihen eine der Blutwärme nahekommende Temperatur von 37—38 ° C. Für die Züchtung dieser Organismen hat man besondere Apparate, Brutkästen genannt, konstruiert.

* * *

Auf der Stufe der niedersten Organismen verwischen sich die Unterschiede der Reiche; wir kennen kein einziges Merkmal, das uns ein solch' einfaches Lebewesen auf den ersten Blick als *Tier* oder *Pflanze* erkennen liesse. Der grüne Farbstoff, das *Chlorophyll*, das der überwiegenden Mehrzahl der Pflanzen eigen ist, wurde auch bei einem Infusorium, der *Euglena viridis*, einem im übrigen zweifellosen Tiere, entdeckt. Die Fähigkeit der *selbständigen Fortbewegung* mittelst feiner Wimperhaare kommt vielen Algen- und Pilzsporen in eben solchem Masse zu, wie den Infusorien. Es giebt heutzutage noch ganze Gruppen von interessanten mikroskopischen Wesen, deren Besitz sich der Zoologe und der Botaniker streitig machen. Die Beantwortung der Frage, welche gesellschaftliche Stellung nehmen die Bakterien unter den Lebewesen überhaupt ein,

ist somit keineswegs auf der Hand liegend. *Spaltpilze* hört man die Bakterien oft nennen und will sie damit als eine besondere Gruppe der Pilze bezeichnen. Allgemein wird jetzt der Ansicht des um die Bakterienforschung sehr verdienten Botanikers *Cohn* beigepflichtet, wonach die Spaltpilze zusammen mit den Spaltalgen eine den grossen Klassen der Pilze und Algen *koordinierte* Klasse, die der *Schizophyten* (*Spaltpflanzen*) bilden. An diese gemeinsame Mittelgruppe der Spaltpflanzen schliessen sich auf der einen Seite die Pilze, auf der andern die eigentlichen Algen an. Fassen wir zunächst die Unterschiede der Spaltpilze und Spaltalgen näher ins Auge. Die Spaltpilze sind meist farblos, die Spaltalgen oder Blaualgen enthalten einen blaugrünen Farbstoff und kennzeichnen sich dadurch auch von den das reingrüne Chlorophyll führenden echten Algen. Zu den Spaltpilzen gehören die kleinsten aller bekannten Lebewesen, die Spaltalgen sind als schlammige Überzüge teils im Wasser, teils an feuchten Orten auch mit unbewaffnetem Auge leicht zu erkennen. Die Spaltpilze nähren sich von komplizierten organischen Stoffen: Eiweiss, Stärkemehl, Blutbestandteilen; die Spaltalgen können, gleich den meisten Pflanzen, den elementaren Kohlenstoff assimilieren. Diese bauen aus einfachen Stoffen (Kohlen-, Wasser-, Sauer-, Stickstoff) ihren Zellkörper auf, jene sind die mächtigen Erreger der Fäulnis und Gärung, d. h. der Zersetzung der komplizierten Verbindungen in die elementaren Stoffe. Die Membran, die äussere festere Haut der Spaltalgen besteht aus stickstofffreier Cellulose, die Bakterienmembran ist stickstoffhaltig. Beiden gemeinsam sind eine grosse Analogie in der äussern Form, gallertige Hüllen oder Scheiden und die Art und Weise der Vermehrung.

Wie weit die *morphologische*, die gestaltliche Übereinstimmung geht, zeigt eine Aufzählung der vorkommenden Formen beider Gruppen.

Der einfachste Typus einer *Bakterie* ist die Kugelform, der *Micrococcus*. Coccen finden sich entweder einzeln vegetierend im Nährsubstrate, sehr häufig zu zweien in einer Membran, als *Diplo* = *Doppelcoccen*, beispielsweise bei Lungenentzündung. Eine weitere ungemein häufig vorkommende Gruppierung ist die der *Streptococcen*, der reihenweisen Aneinanderhängung der einzelnen Kügelchen. Streptococcen finden sich bei sehr vielen eiterigen Pro-

Fig. 9.
Micrococcen



Fig. 10.
Diplococcen
ca. 1000fach
vergrößert.



Fig. 11.
Streptococcen
Reihencoccen
ca. 1000fach
vergrößert.



Fig. 12.
Staphylococcen
Traubencoccen
ca. 1000fach
vergrößert.

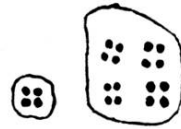


Fig. 13.
Micrococcus
tetragenus.



Fig. 14.
Sarcinen
Paketcoccen.

zessen; bei Diphtherie sind sie ein fast ständiger Begleiter der Diphtheriebacillen. Ebenfalls eitererzeugend, aber weniger gefährlich sind die *Staphylococcen* (Traubencoccen), so genannt nach der oft den Beeren einer Weintraube ähnlichen Anordnung der Individuen.

Im menschlichen Speichel findet man hie und da eine weitere für gewisse Tiere tödliche Coccenform, den *Micrococcus tetragenus*, Gruppen von je 4 Kügelchen in einer gemeinsamen Kapsel eingeschlossen. Zu erwähnen bleiben noch die *Sarcinen* oder *Paketcoccen*, würfelförmige Haufen bildend, entstanden durch eine Vermehrung der einzelnen Zellen nach allen 3 Richtungen des Raumes. Sarcinen

finden sich allüberall im Luftstaube, auch konstant bei Magenerweiterung, sind aber wahrscheinlich ganz harmloser Natur.

Die meisten krankmachenden Mikro-Organismen gehören zur Gruppe der stäbchenförmigen Bakterien, der *Bacillen*. Den relativ grossen, am längsten bekannten *Milzbrand-Bacillus* haben wir schon einer eingehenden Besprechung unterzogen. Der der Menschheit gefährlichste Feind, der *Tuberkel-Bacillus*, findet sich im erkrankten Gewebe als ein äusserst zartes, feines Stäbchen und muss durch ganz specielle Färbe-Methoden der mikroskopischen Beobachtung zugänglich gemacht werden.

Von gleicher Länge, aber doppelt so dick, erweist sich der in jüngster Zeit so vielfach erwähnte, nach seinem Entdecker benannte Löffler'sche *Diphtherie-Bacillus*. Durch sein Vermögen, mit Anilinfarbstoffen sich sehr unregelmässig zu färben, sowie durch die Eigentümlichkeit, eine für den Kenner sehr charakteristische keulenförmige Gestalt anzunehmen, gehört er ebenfalls zu den mikroskopisch sicher diagnostizierbaren Arten. Als vierter im Bunde ist der *Typhus-Bacillus* anzuführen, ein kurzes, plumpes Stäbchen, dessen sichere Erkennung, namentlich aus Wasser, sehr schwierig ist, zumal da im menschlichen Darm ihm sehr ähnliche, ebenfalls mit Jauche ins Wasser gelangende Bacillen stets vorkommen. Zu den Bacillen gehören ferner die Urheber des Starrkrampfes und des Aussatzes beim Menschen, des Rotzes der Pferde und des Rotlaufs der Schweine.

An die geraden Stäbchen schliessen sich die wenig gekrümmten, die *Komma-Bacillen*, auch *Vibrionen* oder *Spirillen* genannt, an. In jedermanns Erinnerung lebt der Koch'sche Komma-Bacillus, der *Cholera-Vibrio*. In jüngster

Zeit sind eine ganze Reihe mikroskopisch ihm sehr ähnlich sehender Vibrionen aufgefunden worden, die sich aber durch die verschiedenen Kulturmethode sicher diagnostizieren lassen. Zwei derselben, der Wasser- und der Berliner-Vibrio, entstammen dem Berliner Spreewasser, ein dritter, der Komma-Bacillus von Denecke, wurde aus faulem Käse gezüchtet, der vierte, nach seinen Entdeckern Vibrio-Finkler-Prior genannt, bei einem Falle von Cholera nostras gefunden, der fünfte endlich verursacht eine epidemische Krankheit des Geflügels. Tauben sterben wenige




Fig. 15.
Milzbrand-Bacillen
ca. 1000fach vergrößert.




Fig. 16.
Milzbrand-Stäbchen in
Sporenbildung begriffen.



Fig. 17.
Tuberkel-Bacillen
ca. 1000fach vergr.



Stunden nach der Einimpfung einer minimalen Menge des bakterienhaltigen Materials, indes er den Menschen absolut unschädlich ist.

Beim *Rückfalltyphus* entdeckte *Obermeyer* noch eine weitere schraubenförmig gewundene Form, *Spirochaete* genannt. Häufig in stark verunreinigten Wassern ist die *Spirochaete plicatilis*, die Sie hier (Fig. 21) im Bilde sehen; ihrer lebhaften, schraubenförmigen Bewegungen halber eine äusserst zierliche Erscheinung darbietend.

Stellten die bis jetzt besprochenen Bakterien alle einfache Formen dar, so erübrigt noch, der Gruppe der so-

genannten *pleomorphen*, *der vielgestaltigen* Bakterien zu erwähnen. Beinahe ausschliesslich Wasserbewohner, zeichnen sie sich durch weitverbreitetes und massenhaftes Vorkommen aus und fallen deshalb auch von weitem dem Beobachter auf.

Unter diesen, früher Wasserpilze oder Fadenbakterien genannt, verdienen die *Beggiatoen* oder *Schwefelbakterien*, (Fig. 22) besondere Beachtung. In Schwefelquellen, sowohl dem kalten Schwefelwasser des Bündner Bades Alvanau, als den 48 ° C. warmen Thermen von Baden im Aargau fallen dem Besucher die weissen, flutenden Flocken ins Auge. Äusserst interessant ist die riesige Anpassungsfähigkeit dieser Gebilde an unnatürliche, für andere Geschöpfe tödtliche äussere Einwirkungen, so an die hohen



Fig. 22. *Beggiatoa*.

Temperaturen, denen sie erfolgreich Widerstand leisten; sogar im 70 ° C. warmen Wasser des Karlsbader Sprudels gedeihen Fadenpilze; dann ist sehr zu beachten die Fähigkeit, dem für die meisten Organismen giftigen Schwefelwasserstoff nicht nur indifferent gegenüberzustehen, sondern ihn als Nahrung zu gebrauchen. Professor *Cramer* in Zürich hat nachgewiesen, dass die eigentümlichen Körnchen in den Zellen dieser Pflänzchen aus krystallisiertem Schwefel bestehen.

Von universeller Verbreitung sind die *Cladothrixarten* (Fig. 23). In Reservoirs, Kanälen grosse Schlammmassen bildend, können sie das Trinkwasser trüben und verschlechtern, sowie der Industrie lästig werden. Der Entwicklungsgang dieser kompliziert gebauten Bakterien ist ein äusserst interessanter. Wir sehen im Kreislauf ihrer Lebensvorgänge alle die besprochenen einfachen Bakterien-

formen, die Coccen, Bacillen, die gewundenen Gestalten auf der Bildfläche erscheinen, und das Endprodukt repräsentiert einen reich gegliederten, scheinbar verzweigten Organismus.

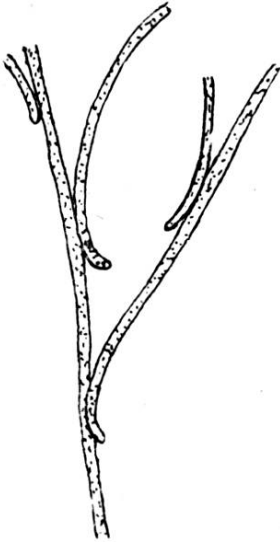


Fig. 23.

Cladothrix dichotoma.

Diesen nahestehend, aber einfache Fäden bildend, sind die *Crenothrixarten*, auch Brunnenfäden genannt, die sich vornehmlich in Trinkwasserleitungen heimisch fühlen und vor einigen Jahren die Ehre hatten, in allen Zeitungen Erwähnung zu finden. Sie bereiteten nämlich der Wasserversorgung Berlins durch Verstopfung der Leitungsröhren ernste Verlegenheiten.

Werfen wir einen raschen Blick auf nachfolgende Figuren (p. 163), die hauptsächlichsten Formen der *Spaltalgen* darstellend. Abgesehen von dem blaugrünen Farbstoff fällt uns eine frappante Ähnlichkeit der äussern Gestalt auf.

Synechococcus entspricht den Coccen unter den Bakterien, *Glæothece* den Diplococcen, *Oscillaria* den stäbchenartigen, *Spirulina* den schraubigen Formen. *Merismopedia*, 4 Kügelchen in einer Gallerthülle, stellt sich neben die Kapselcoccen (*Micrococcus tetragenus*). *Chroococcus* und die zierlichen ineinandergeschachtelten Gallerthüllen der *Glæocapsen* gleichen den sich bei der Vermehrung nach 3 Richtungen des Raumes teilenden Paketcoccen oder Sarcinen. Der von starker schleimiger Hülle umgebene *Nostocfaden* mit verschieden grossen Gliedern hat täuschende Ähnlichkeit mit dem Froschlauch-Bacillus, endlich finden wir bei *Scytonema* eine ähnliche Art unechter Verzweigung wie bei *Cladothrix*, indes *Sirosiphon* zu den echten Algen hinüberleitet.

Die *Spaltpilze* stehen daher, in morphologischer Hinsicht wenigstens, den *Spaltalgen* *bedeutend näher, als den echten Pilzen*.

Allgemein bekannt ist die ausserordentliche *Vermehrungsfähigkeit* der Bakterien. Befinden sie sich unter geeigneten Nährbedingungen und günstigen Temperaturverhältnissen, so findet die Vermehrung durch einfache *Zweiteilung* der Individuen statt. Die Mutterzelle wächst etwas in die Länge und teilt sich in zwei Tochterzellen, bei denen sich der gleiche Vorgang wiederholt. Daher der Name Spaltpilze. Zu welch' ganz ungeheuerlichen Zahlen dieser Vermehrungsmodus führt, erläutern am besten einige Beispiele des schon mehrfach erwähnten Botanikers *Ferd. Cohn*, eines der gründlichsten Bakterienkenner. Cohn hat berechnet, dass aus einer einzigen vegetativen Bakterienzelle, wenn sich die Teilung innerhalb jeder Stunde repetiert, nach 24 Stunden bereits $16\frac{1}{2}$ Millionen, nach 2 Tagen $281\frac{1}{2}$ Billionen, nach 3 Tagen 47 Trillionen entstanden sein würden; oder räumlich ausgedrückt: die Nachkommenschaft einer einzigen Bakterienzelle, deren Querdurchmesser im allgemeinen den Tausendstel eines Millimeters nicht überschreitet und deren Länge, bei den stäbchenartigen Formen, die Breite nur 2—4 Mal übertrifft, würde bei stetig fortschreitender Vermehrung schon nach weniger als 5 Tagen das gesamte Weltmeer erfüllen. Ferner käme die Descendenz eines einzigen Coccus, dessen Gewicht so gering ist, dass erst 636 Milliarden ein einziges Gramm aufwiegen, nach 3 Tagen auf das immense Gewicht von $7\frac{1}{4}$ kg. zu stehen.

Ein Blick auf diese Zahlen genügt, um klar zu machen, dass längst schon der ganze Erdball von den Bakterien durch- und überwuchert sein müsste, wenn nicht Hem-

Spaltalgen = Blaualgen.
 (Phycochromaceen = Schizophyceen.)

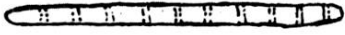


Fig. 26. Oscillaria.



Fig. 27. Spirulina.



Fig. 24.
Synechococcus.



Fig. 25.
Glæothece.

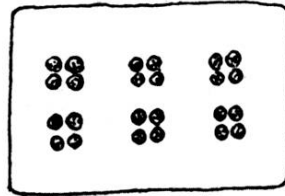


Fig. 28.
Merismopedia.

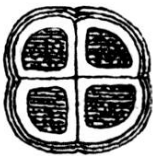


Fig. 29.
Chroococcus.



Fig. 30.
Glæocapsa.

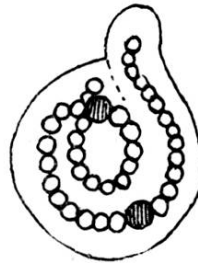


Fig. 31.
Nostoc.

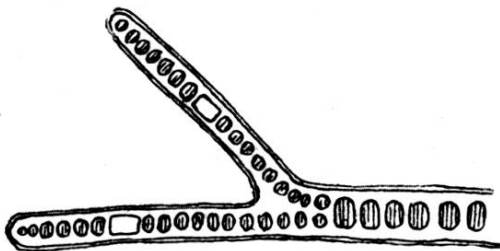


Fig. 32.
Scytonema.

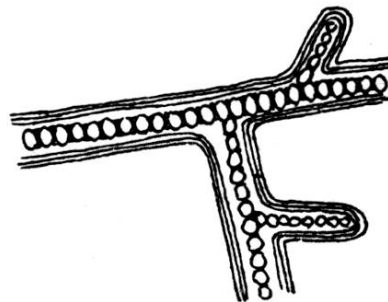


Fig. 33.
Sirostephan.

mungsvorrichtungen beständen, welche der Fruchtbarkeit dieser Organismen entgegenwirkten. Die vornehmlichste dieser *Hemmungsvorrichtungen* ist der Mangel an geeigneter Nahrung. Damit aber, sofern unter ungünstigen Nähr- und Temperaturbedingungen die vegetativen Formen zu Grunde gehen, ein Aussterben der Art verhütet wird, hat die Natur noch einen andern Modus der Reproduktion, die *Sporenbildung*, vorgesehen. Die Sporen sind, wie bei der Sterilisation schon ausführlich besprochen wurde, mit viel grösserer Resistenz gegen äussere Einflüsse begabt und können ohne Nahrung ihre Keimfähigkeit jahrelang beibehalten.

Beim Milzbrand gestaltet sich der Vorgang der Sporenbildung folgendermassen: die kurzen Stäbchen wachsen zu langen Fäden aus, die sich durch quere Membranen gliedern. In jedem der Glieder entsteht aus dem Zellinhalt eine glänzende Spore, welche durch den Zerfall des Fadens frei wird (siehe Fig. 16).

Eine gänzlich verschiedene Art der Sporenbildung repräsentiert der *Buttersäure-Bacillus*. Das Stäbchen verlängert sich zwar ebenfalls, schwillt dann aber an einem Ende kopfförmig an und erzeugt dort eine relativ grosse Spore.

Der Froschlauch-Bacillus sorgt wieder auf andere Weise für Erhaltung der Art. Einzelne Glieder der Coccenkette vergrössern sich, umkleiden sich mit derberer Haut und bleiben nach dem Zerfall des Organismus als Dauerformen, sogenannte Gliedersporen zurück. Unter günstigen Nahrungs- und Temperaturbedingungen keimen die Sporen zu den *vegetativen* Formen aus. Der Vorgang der Keimung ist äusserst einfach. Durch Vergrösserung des Inhalts wird die Membran gesprengt, und der austretende Keimschlauch

wächst zum vegetativen Bakterium heran. Unter Umständen können auch aus einer Spore zwei Bacillen zugleich entstehen.

Im vegetativen Zustande sind manche Bakterien mit besondern Bewegungsorganen, *Cilien* oder *Geisseln* genannt, versehen. Diese unendlich feinen Wimpern, mittelst deren sie sich äusserst lebhaft bewegen, können erst durch sehr difficile Färbemethoden sichtbar gemacht werden. Der Choleravibrio besitzt eine einzige Cilie am Ende, die Typhus-Stäbchen deren eine ganze Anzahl, wodurch der Bacillus ein spinnenartiges Aussehen erhält (siehe Figur 19 und 20).

* * *

Zum Schluss eilend, sei es mir gestattet, nochmals in aller Kürze einige der wichtigsten Thatsachen der eminenten *praktischen Bedeutung* der Bakterien in die Erinnerung zurückzurufen.

Wohl die universellste Rolle im Haushalte der Natur kommt den Bakterien als *Erreger der Fäulnis* zu. Ohne die Lebensthätigkeit der Spaltpilze würden alle Geschöpfe auch nach ihrem Tode Form und Mischung beibehalten, so gut wie die ägyptischen Mumien oder wie die Mammut- und Rhinoceros-Leichen, die seit ungezählten Jahrtausenden im sibirischen Eis eingefroren, sich mit Haut und Haar unversehrt erhalten haben. Aller Zerfall der organischen Materie in die elementaren Stoffe wird durch die Fäulnis-Bakterien herbeigeführt; ohne diese wäre längst die ganze Erde mit den unverwesten Leibern der Tiere und Pflanzen überdeckt und ein weiteres organisches Leben verunmöglicht.

Von den *gärungserregenden* Mikro-Organismen haben wir anlässlich der Pasteur'schen Untersuchungen gespro-

chen, ein in industrieller Beziehung ungemein wichtiges Kapitel.

Wenn es sich bewahrheitet, dass Bakterien im stande sind, elementaren Stickstoff in salpetrige Säure umzuwandeln und dadurch den Stickstoff der Luft, den man bisher als wertlos für das organische Leben hielt, den höhern Pflanzen als verarbeitete Nahrung zuzuführen, sind sie auch für die Landwirtschaft von unberechenbarem Nutzen.

Mit Bakterien als *Erregern von Krankheiten* hat gewiss jeder schon unfreiwillige Bekanntschaft gemacht; immerhin dürfen wir, wenn wir nicht unbillig sein wollen, die Verantwortlichmachung der Spaltpilze nicht zu weit treiben. Verschiedene Infektionskrankheiten, sicher das Sumpffieber (Malaria), vielleicht auch Masern, Scharlach, von denen wir die Ursache nicht kennen, leiten ihren Ursprung nicht von Spaltpilzen, sondern von niedersten Tierchen, *Protozoen*, her.

Die Heilkunst verdankt der Bakteriologie hauptsächlich die Prinzipien der heutigen *Desinfektionslehre* im weitesten Sinne des Wortes. Erst auf Grund der wissenschaftlichen Untersuchung konnten die wirksamsten Mittel zur Freimachung unserer Wohnräume und Kleidungsstücke von gefährlichen Keimen eruiert werden. Eng verbunden sind damit die durch *Lister* eingeführten Schutzmassregeln gegen unsern Körper bedrohende Schädlichkeiten, die Lehre der *Antiseptik und Asepsis*. Diese haben durch die exakten Methoden einen vollständigen Umschwung in der Beurteilung der antiseptisch wirkenden Mittel erfahren und dadurch namentlich der Chirurgie eminente Dienste erwiesen.

Das Verdienst, gegen schon *ausgebrochene* bacilläre Krankheiten erfolgreiche Gegenmittel gefunden zu haben,

gebührt *Pasteur*. Bekannt war, dass das Überstehen einer Infektionskrankheit in der Regel gegen erneute Infektion schützt. Diesen Zustand bezeichnet man als *Immunität*, welchen Begriff man etwa mit Giftfestigkeit übersetzen könnte. Pasteur gelang es, durch Erzeugung einer leichten Erkrankung infolge Einverleibung des Erregers einer Krankheit in abgeschwächten Kulturen künstlich Immunität hervorzurufen. Das betreffende Tier war nach jedermaligem erfolgreichem Überstehen der Krankheit unempfindlicher gegen erneute, stärkere Dosen des Krankheitsstoffes, so dass zuletzt auch Mengen, die ein nicht immunisiertes Tier rasch zu Grunde richteten, jenem nichts anhaben konnten. Abschwächung der sogenannten virulenten, der vollgiftigen Kulturen kann durch Versetzen derselben in ungünstige Aussenverhältnisse erzielt werden: schon durch längeres Stehen an der Luft, durch Austrocknen, durch chemische Mittel, z. B. Karbolsäure, ferner durch längern Aufenthalt bei ungünstigen Temperaturverhältnissen, endlich durch Hindurchsenden der betreffenden Bakterienarten durch einen ihnen nicht zusagenden Tierkörper. Pasteur impfte erfolgreich gegen *Hühnercholera*, *Milzbrand*, *Schweinerotlauf* und endlich *Hundswut*. Die Immunisierung beruht auf einer chemischen Veränderung der Körpersäfte, und speciell sind die *Eiweissstoffe des Blutserums* Träger des Gegengiftes gegen die Bakterieninfektion. Auf diese Thatsache gründet sich die jetzt so lebhaft debattierte Heilserumfrage. Ob in dem *Heilserum* gegen die mörderischste der Kinderkrankheiten, die *Diphtherie*, ein unfehlbares Arcanum gefunden worden, lässt sich zur Stunde nicht entscheiden. * Bei einer solchen

* Die gehegten Erwartungen haben inzwischen volle Bestätigung erfahren.

rein auf Erfahrungsthatfachen gegründeten Frage genügen nicht hunderte, sondern vielleicht erst tausende von genau studierten Fällen, bevor ein Urteil Anspruch auf Richtigkeit machen kann. Die bisherigen Erfahrungen sind durchweg günstige zu nennen, sofern der Krankheit früh genug entgegengetreten wurde. Die Nieren-Affektionen und die oft lange andauernden Lähmungserscheinungen waren schon von jeher als Folge der Diphtheriekrankheit bekannt; man hat sie deswegen mit Unrecht dem Heilserum zur Last gelegt. Nach dem dritten Tage der Erkrankung wirkt das Mittel nicht mehr. Zum Verständnis dieser Thatsache müssen wir uns das Wesen der Diphtherie-Infektion näher ansehen. Bakterien können auf *zweierlei Art* schädliche Einflüsse ausüben: einmal rein *mechanisch* durch Verstopfen der Capillaren, der feinsten Blutgefäße infolge ihrer ungeheuren Vermehrungsfähigkeit und ihrer Anhäufung im Blute. Der *Milzbrand-Bacillus* wirkt auf diese Weise. Daraus erklärt sich der Umstand, dass die Milzbrandkrankheit oft erst am 7. Tage nach der Infektion ausbricht, nachdem die Bacillen sich hinreichend vermehrt haben. Der *Diphtherie-Bacillus* dagegen bewohnt ein engbegrenztes Gebiet, die Schleimhäute des Rachens und der Luftwege. Dort wirkt er nicht durch eine massenhafte Ausbreitung, sondern durch die Produktion einer *giftigen Substanz*. Hat sich der Giftstoff einmal den gesamten Körpersäften mitgeteilt, so wirkt derselbe verhängnisvoll, ehe das Gegengift des Heilserums schützend eingreifen kann.

Aber nicht nur bei zu später Anwendung hat das Serum keinen Erfolg; es ist, weil mit Hilfe der Diphtherie-Bacillen hergestellt, auch nur ein Specificum gegen diese. Unter dem Sammelbegriff Diphtherie werden jedoch ver-

schiedene bakteriologisch trennbare Infektionen untergebracht. Relativ selten finden sich reine Diphtherie-Bacillen-Infektionen, meist sogenannte Misch-Infektionen, d. h. man trifft neben Diphtherie-Bacillen noch die schon genannten Eitercoccen, die Streptococcen und Staphylococcen. Diphtherie-Bacillen können auch gänzlich fehlen und die Erkrankung lediglich durch die genannten Coccen bedingt sein. Der mikroskopische Befund giebt uns allein Aufschluss über diese Verhältnisse. Die Streptococcen produzieren ebenfalls giftige Stoffe, sogenannte *Ptomaine* und können zu ebenso schweren Erkrankungen Veranlassung geben. Gegenwärtig sind Versuche im Gange, um auch gegen diese Streptococcen ein Heilserum zu bereiten.

Die vielumstrittene *Cholerafrage* ist jetzt zu einem Abschlusse gelangt, wenn auch noch nicht alle Punkte völlig aufgeklärt sind. Dass der von *Koch* in einem indischen Tank entdeckte *Komma-Bacillus* zur Erregung der asiatischen Cholera unerlässliche Bedingung sei, hat nun auch die *Pettenkofer'sche* Schule anerkannt. Andererseits geben *Koch* und seine Anhänger zu, dass drei Bedingungen zum Zustandekommen der Krankheit erfüllt sein müssen: einmal, wie schon erwähnt, die Infektion mit dem Cholera-vibrio, ferner spielt die individuelle Disposition eine grosse Rolle und endlich eine von *Pettenkofer* postulierte, nicht näher bekannte Grösse, genannt Einfluss der Örtlichkeit. Gewisse Orte, *Lyon* z. B., sind immun gegen Cholera, d. h. es hat dort noch nie eine Epidemie geherrscht, und von aussen zugereiste Cholerakranke tragen nicht zur Verbreitung der Seuche bei. Worauf dieser immunisierende Einfluss beruht, ist noch nicht festgestellt; in allerjüngster Zeit stellte *Metschnikoff* die Hypothese auf, dass die sogenannte örtliche Disposition auf einer Symbiose, dem Zusammen-

wirken von ganz bestimmten Darmbakterien mit den Cholervibrionen beruhe. Diese Darmbakterien kommen an gewissen Orten nicht vor. Wo sie fehlen, soll trotz des Vorhandenseins der Kommabacillen keine Erkrankung erfolgen.

Noch ein Wort über die Fernerstehenden befremdliche Thatsache, dass jeweilen beim Beginn einer Choleraepidemie die Leute vom Fach sich darüber streiten, ob wirklich asiatische Cholera vorliege. Das einzige auch vom grössten Skeptiker unanfechtbare Kriterium über die Frage, ob eine Bakterienart Erreger einer bestimmten Krankheit sei, ist die *künstliche Hervorbringung der Krankheit bei einem Tiere durch Einimpfung einer Reinkultur* der betreffenden Bakterien. Während weissen Mäusen, Meer-schweinchen und Kaninchen die wenig beneidenswerte Eigenschaft innewohnt, für die meisten menschlichen Infektionskrankheiten empfänglich zu sein, sind auch diese Tiere gegen Cholera und Typhus gefeit. Zur Diagnose dieser beiden Krankheiten stehen uns nur der mikroskopische Befund und die Kulturmethoden zur Verfügung, welche nicht von derselben absoluten Beweiskraft sind.

* * *

Wohl kaum eine wissenschaftliche Disciplin hat sich einer raschern Entfaltung, eines grössern Interesses der weitesten Kreise zu erfreuen gehabt, wohl kaum sind Entdeckungen, vorerst rein wissenschaftlicher Natur, von Fachmännern und Laien lebhafter begrüsst und heftiger geschmäht worden, als das jüngste Kind auf dem Gebiete der exakten naturwissenschaftlichen Forschung, die Bakteriologie. Unwillkürlich drängt sich der Vergleich auf mit einer ihr durch mannigfaltige Beziehungen verbundenen Wissenschaft, der Chemie. Auch die „schwarze Kunst“ hat während Jahrhunderten im Dunkeln getastet, ohne

den richtigen Weg zu finden, bis die genialen Forscher, die das 19. Jahrhundert uns geschenkt, sie auf neue, ungeahnte Bahnen der Entwicklung hinwiesen. Man darf wohl behaupten, dass die eminenten *technischen* Erfolge der Chemie ohne die jetzigen *theoretischen* Anschauungen gar nicht denkbar wären; erst auf der exakten wissenschaftlichen Grundlage konnte der stolze Bau der heutigen errichtet werden. Auch an der Wiege der Chemie hat nicht immer heller Sonnenschein geblüht; aber die Stürme, die ihr junges Leben bedrohten, haben, lokalen Gewittern vergleichbar, nur auf den kleinen Rayon der Fachmänner sich ausgedehnt. Erst als der theoretische Bau fest gegründet war, ist sie vor die Welt getreten und hat ihren Siegeslauf auf dem *praktischen* Gebiete begonnen.

Anders liegen die Verhältnisse bei der Bakteriologie. Ihr Geburtsjahr fällt in das letzte Viertel des 19. Jahrhunderts. Dem Forscher ist es nicht mehr vergönnt, das Produkt seiner stillen Arbeit dem Fachgerichte der Sachverständigen allein vorzulegen, die Tagespresse sorgt für eine sofortige universelle Verbreitung seines Ruhmes und wehe, wenn die praktischen Erfolge den gehegten Erwartungen nicht entsprechen. So überschwenglich vorher das Lob, so vernichtend wird jetzt der Becher des Tadels über ihn ausgegossen.

Für die ruhige Entwicklung ist dieser *modus procedendi* sehr zu bedauern, trägt er doch nur dazu bei, mit dem noch Unaufgeklärten auch die positiven Errungenschaften, das wirklich Gute und Bleibende in Misskredit zu bringen. Kommen wir nochmals auf den erwähnten Vergleich mit der Chemie zurück und bedenken wir, wie langsam die Ideen, die jetzt als selbstverständlich angesehen werden, Anerkennung fanden, aus wie unend-

lich vielen Irrtümern sich der einzig wahre Kern heraus-schälte, so darf man nichts anders erwarten, als dass eine noch in ihren ersten Anfängen stehende Wissenschaft, die seit noch nicht 30 Jahren den Namen einer solchen trägt, auch das Los ihrer Schwester-Disciplinen teilt. Und doch, betrachtet man vorurteilslos die Errungenschaften der Bakteriologie, so steht wohl fest, dass das sichere Fundament vorhanden ist, dass die Wege zur Erkenntnis der Naturgesetze, d. h. der Lebensbedingungen und Erscheinungsweisen, der auch diese kleinsten aller lebenden Organismen unterworfen, geebnet sind und dass der praktische Erfolg nicht ausbleiben kann. In kurzen, treffenden Worten fasst unser erster schweizerischer Vorkämpfer auf hygieinischem Gebiete diese Gedanken zusammen. Herr *Dr. Sonderegger* sagt in seinen „Vorposten“: „Die Ungeduld der Welt, ohne eine Ahnung von den Schwierigkeiten bakteriologischer Untersuchungen, betrachtet die grossartigen Errungenschaften der Chirurgie und die Assanierung der Städte schon als etwas Selbstverständliches und ist oft recht erbittert, dass die Wissenschaft noch nicht ein Verfahren gefunden hat, die neu entdeckten Bacillen abzufangen und unter allen Umständen zu vernichten. Man könnte ebensogut den grossen Galvani tadeln, dass er nicht auch gleich den Telegraphen und das Telephon erfunden habe.“

Benutzte Litteratur:

- Löffler*, Vorlesungen über die geschichtliche Entwicklung der Lehre von den Bakterien. Leipzig 1887.
Baumgarten, Lehrbuch der pathologischen Mykologie. Braunschweig 1890.
Hueppe, Methoden der Bakterienforschung. Wiesbaden 1891.
Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie. Leipzig 1893.