Zeitschrift: Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber: Thurgauische Naturforschende Gesellschaft
Band: 7 (1886)

Artikel: Die Bakterien oder Spaltpilze
Autor: Stricker, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-593797

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Bakterien oder Spaltpilze.

Nach einem Vortrage, gehalten im naturwissenschaftlichen Kränzchen in Frauenfeld im Winter 1885/86

von

G. Stricker,

Lehrer an der Kantonsschule.

Es ist durchaus keine Phrase, sondern eine vollständig zutreffende Behauptung, dass durch die Erfindung des einfachen und besonders des zusammengesetzten Mikroskops dem Menschen eine ganz neue Welt von Objekten und Erscheinungen eröffnet worden ist. Nicht nur lernte man erst mit Hülfe des Mikroskops die feinere Struktur der höhern Organismen, sowie diejenige der Mineralien und Gesteine näher kennen, sondern eine ganze Welt kleiner, mit dem blossen Auge als Einzelwesen nicht wahrnehmbarer Organismen pflanzlicher und thierischer Natur wurde mit Hülfe des Mikroskops überhaupt erst entdeckt und mit der zunehmenden, geradezu erstaunlichen Vervollkommnung der Instrumente und Beobachtungsmethoden immer besser erforscht. Zu den erst durch die bessern Mikroskope deutlich unterscheidbaren Organismen gehören auch die heute so viel genannten Bakterien oder Spaltpilze.

Es war im Spätjahre 1675, als Antony van Leuwenhook zum ersten Male diese Organismen entdeckte. Nachdem er lange Zeit nach Art der damaligen Liebhaber des Mikroskops kleine Insekten, Schmetterlingsflügel, Bienenstachel u. s. w. untersucht hatte, kam er auf den glücklichen Einfall, unter eines der Mikroskope einen Tropfen Regenwasser zu bringen, das längere Zeit an der Luft gestanden hatte. Neben zahlreichen kleinen Thierchen,

10741
126 42

die wir grösstentheils heute noch als Infusorien oder Aufgussthierchen bezeichnen, weil sie in Pflanzenaufgüssen oder Infusionen auftreten, zeigten sich dem erstaunten Auge des glücklichen Entdeckers auch jene winzigen Organismen, die wir heute Bakterien nennen und von denen einer ihrer verdientesten Erforscher, Professor De Bary in Strassburg, nicht mit Unrecht sagt, „dass ein nicht unbeträchtlicher Theil alles menschlichen Heils und Unheils ihnen zuzuschreiben sei.“

Lassen sich die meisten Infusorien von blossem Auge eben noch als Punkte erkennen, so erscheinen die Bakterien bei tausendfacher Vergrösserung nicht viel grösser und so konnte denn Leuwenhook mit seinen Instrumenten nicht einmal ihre Gestalt, geschweige denn ihren innern Bau, sondern nur ihre lebhaften Bewegungen erkennen, welche ihn natürlich veranlassten, sie als Thiere zu betrachten und den Infusorien beizuzählen.

„War Leuwenhook der Kolumbus dieser neuen Welt gewesen, so verdient Ehrenberg ihr Humboldt genannt zu werden,“ der seit dem Jahre 1829 bis zu seinem 1876 erfolgten Tode mit unermüdlichem Fleisse die mikroskopischen Organismen erforscht, beschrieben und nach dem Stande seiner Kenntnisse klassifizirt hat. Auch er war noch geneigt, die Bakterien ihrer Bewegungen wegen zu den Thieren zu rechnen, obwohl schon er Ausnahmen konstatirte. Der erste, der sie entschieden zu den Pflanzen zählte und zwar wegen ihrer Aehnlichkeit mit gewissen noch näher zu besprechenden Algen, war der Berner Naturforscher Maximilian Perty. Auf Ehrenberg folgten auf dem Gebiete der Erforschung der mikroskopischen Pflanzenwelt u. A. ganz besonders Cohn in Breslau und De Bary in Strassburg. Neben diesen haben sich in neuester Zeit der in München wirkende schweizerische Botaniker Carl v. Nägeli, die Mediziner Billroth und Klebs und vor allem Dr. R. Koch in Berlin auf dem Gebiete der Bakterienforschung hervorgethan. Ihnen stellt sich der Franzose Pasteur würdig zur Seite. Die beiden letzteren Namen sind heute mit Recht in Aller Munde. Wollte man aber daraus den Schluss ziehen, dass eine entsprechende Kenntniss des Wesens, der Lebensweise und der sich aus dieser ergebenden Bedeutung der Bakterien Gemeingut der Gebildeten sei, so dürfte sich dieser Schluss bei genauerer Prüfung als ein sehr gewagter herausstellen. Es ist deshalb

vielleicht keine ganz undankbare Aufgabe, an dieser Stelle aus den in neuester Zeit von den gewiegtesten Autoritäten herausgegebenen, zusammenfassenden Werken über Bakterien dasjenige herauszuheben, was von allgemeinerm Interesse und jedem Gebildeten verständlich ist. Als vorzügliche Grundlage dienen uns dabei die Arbeiten von Cohn, Zopf, De Bary und Hueppe, die weiterhin nicht mehr besonders zitirt werden. Der einzuschlagende Gang ergibt sich so ziemlich von selber. Es wird sich zuerst fragen, was die Bakterien sind, wie sie gestaltet und gebaut sind, wie sie sich entwickeln und mit welchen andern Organismen sie die grösste Aehnlichkeit zeigen. Hierauf wird es sich darum handeln, den Lebensprozess der Bakterien zu betrachten und dabei zugleich ihre Wirkung auf die Umgebung, die Rolle kennen zu lernen, welche sie im Haushalte der Natur und des Menschen spielen. Eine kurze Betrachtung der allerwichtigsten Formen wird den dritten und letzten Theil der Arbeit bilden, während die nöthigen Andeutungen über die Methoden der heutigen Bakterienforschung am besten gelegentlich miteinfliessen mögen. Zudem werden wir uns manchmal veranlasst sehen, von einer strengen Scheidung der aufgestellten drei Abschnitte abzugehen.

I. Die Morphologie der Bakterien.

Wenn wir einen Pflanzenaufguss oder sonst eine Flüssigkeit organischen Ursprungs einige Zeit bei nicht allzu tiefer Temperatur stehen lassen, so sehen wir entweder in der Flüssigkeit eine Trübung eintreten, oder auf derselben sich eine Decke bilden, welche unter Umständen allmälig zu einem ziemlich dicken, gallertartigen Ueberzug werden kann. Betrachten wir eine Probe der getrübten Flüssigkeit oder des hautartigen Ueberzuges bei genügender, sagen wir 500—1000facher Vergrösserung unter dem Mikroskop, so erkennen wir darin kugelförmige, stäbchenförmige, mitunter auch gekrümmte oder schraubenförmig gewundene Körper von äusserster Kleinheit, vielleicht etwa $^1/_{1000}$ mm Querdurchmesser[1]. Diese Körperchen sind Bakterien. Der Name bedeutet Stäbchen und wurde der ganzen Abtheilung nach den stäbchenartigen Formen beigelegt. Jedes Körnchen oder kurze

[1] Wir werden fortan $^1/_{1000}$ mm einfach 1 Mikrometer nennen und mit 1 μ bezeichnen.

Stäbchen stellt eine Zelle dar, an welcher man bei genügender Vergrösserung und besonders bei geeigneter Färbung vermittelst Anilinfarbstoffen die Zellwand und den Zellinhalt erkennen kann. Wie bei andern pflanzlichen (und thierischen) Zellen ist auch bei den Bakterien der Zellinhalt oder Protoplasmaleib der Träger des Lebens und besteht, abgesehen von seinem reichlichen Wasser- und seinem Aschengehalt, im Wesentlichen aus eiweissähnlichen oder Proteïnstoffen. Zellkerne, wie wir sie im Protoplasmaleib der Zellen höherer Organismen vorfinden und die bei der Zelltheilung eine wichtige Rolle spielen, hat man bisher in den Bakterienzellen nicht entdeckt. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass das Studium des feinen Baues solch ausserordentlich kleiner Zellleiber ein höchst schwieriges ist. Verdanken wir doch das Wenige, was wir über denselben wissen, erst den neuesten Vervollkommnungen unserer Mikroskope, welche Vergrösserungen von 2000 und 3000 und darüber gestatten. Solch starke Vergrösserungen (1000- und mehrfache) lassen sich aber nur anwenden unter Benutzung zweier Hülfsapparate, welche bei der heutigen Bakterienforschung beständig zur Verwendung kommen und deren Wesen hier deshalb wenigstens kurz möge erläutert werden; es sind die Immersion und der Abbé'sche Condensator. Letzterer besteht in der Hauptsache aus einer Sammellinse (Sammellinsensystem), welche das von einem Spiegel aufgefangene Licht auf das Objekt konzentrirt. Die Immersion oder Eintauchung soll bewirken, dass von dem vom Objekt ausgehenden Licht möglichst wenig durch Zerstreuung verloren gehe. Man schaltet deshalb zwischen das Objekt und das Objektiv einen Flüssigkeitstropfen ein, dessen Brechungsvermögen demjenigen von Crown-Glas möglichst gleich kommt. In diesen Flüssigkeitstropfen taucht das Objektiv. — Ueber das oben schon angedeutete dritte Hülfsmittel der *Färbung* der Bakterien möge nur noch die Bemerkung beigefügt werden, dass Koch die Entdeckung gemacht hat, „dass man die Anilinfarben als Reagens zur Unterscheidung der Bakterien von krystallinischen und amorphen Niederschlägen, auch von feinsten Fetttröpfchen und andern kleinsten Körpern benutzen kann." In Bezug auf die Handhabung der Färbungsmethode sei auf die Fachwerke verwiesen [1].

[1] Besonders auf „Dr. Hueppe, Die Methode der Bakterienforschung", ein ganz ausgezeichneter Leitfaden.

Hinsichtlich auf die Beschaffenheit des Zellinhalts sei nur noch bemerkt, dass in manchen Bakterien, besonders in solchen, welche schwefelhaltige Wässer bewohnen, stark lichtbrechende Körner gefunden werden, welche Cramer als Schwefel erkannt hat. Manche Bakterien enthalten auch Farbstoffe, so z. B. Micrococcus prodigiosus, welcher die Legende von der blutenden Hostie veranlasst hat.

Die von dem Protoplasmaleib der Bakterienzelle ausgeschiedene Haut besteht im Allgemeinen aus einem der Cellulose ähnlichen Stoff. Die Zellhaut erscheint jedoch meist nach aussen nicht scharf begrenzt, weil sie aufquillt und schleimig wird. Daher kommt es, dass, wie schon angedeutet, die Bakterien unter Umständen schleimige Massen von bedeutendem Umfang bilden. Solche „Zooglöen“ kann man z. B. erhalten, wenn man gekochte Wurzeln, Kartoffeln oder Eier in feuchtem Raume eine Zeit lang liegen lässt. Von grosser Bedeutung sind die Gallertmassen oder Zooglöen von dem „Froschlaich“ (Leuconostoc mesenterioïdes), welcher im Rübensaft und in der Melasse der Zuckerfabriken auftritt und nicht selten ganze Bottiche auszufüllen vermag. Eine verwandte Erscheinung ist das „Lang- oder Lindwerden“ des Weines. In dieser Zooglöenbildung, wie in den später zu besprechenden Bewegungserscheinungen, zeigen die Bakterien eine Verwandtschaft mit den Spaltalgen, zu denen die allbekannte Zitteralge, Nostoc commune, gehört. Dieselbe findet sich als eine gallertartige, bei Berührung zitternde Masse, welche in trockenem Zustande kaum beachtet wird, nach Regenwetter aber bedeutend aufquillt und auch dem flüchtigen Beobachter bemerklich wird. Diese Thatsache hat zu dem Aberglauben Anlass gegeben, dass diese Gallerte von dem „Putzen der Himmelslichter“ (Sternschnuppen) herrühre. Unter dem Mikroskop erkennt man in der gallertartigen Masse eine Menge gewundener, verworrener Fäden, deren jeder aus einer Reihe rundlicher Zellen besteht. Die ganze Masse entspricht also ganz einer Zooglöe der Bakterien. Von diesen unterscheiden sich die Zitteralge (Nostoc) und die andern Spaltalgen wesentlich nur durch den Gehalt an Blattgrün.

Auch in der gewöhnlichen Art ihrer Vermehrung stimmen die Bakterien mit den Spaltalgen überein. Dieselbe geschieht nämlich durch Spaltung oder Zweitheilung der Zellen, indem

eine Zelle durch Ausscheidung einer Zwischenwand von Seiten des Protoplasmaleibes in zwei Zellen getheilt wird, die sich trennen oder miteinander verbunden bleiben können. Diese Zwischenwände sind in vielen Fällen so zart und wenig lichtbrechend, dass eine ganze Reihe zusammenhängender Zellen nur als eine langgestreckte Zelle erscheinen kann und die trennenden Querwände erst durch Färbung sichtbar werden. Diese Art der Vermehrung durch *Theilung* oder *Spaltung* und der Umstand, dass den Bakterien wie den Pilzen das Blattgrün fehlt, ist Schuld gewesen, dass man die erstern zu den Pilzen gerechnet und als *Spaltpilze* bezeichnet hat, obschon sie mit den eigentlichen Pilzen (z. B. Hutpilzen und Schimmelpilzen) im Uebrigen wenig Aehnlichkeit besitzen.

Unter gewissen Umständen, ganz besonders wenn ungünstige Lebens-, speziell Ernährungsbedingungen eintreten, tritt bei den Spaltpilzen noch eine zweite Vermehrungsart, nämlich die *Bildung von Dauersporen,* ein. Dieselbe geschieht auf zwei Arten. Entweder verdichtet sich der lebende Zellinhalt unter Wasserabgabe, rundet sich ab und scheidet eine Haut aus, welche viel derber und widerstandsfähiger ist als die Haut der gewöhnlichen Bakterienzelle. Die Haut der Mutterzelle wird aufgelöst und die Spore wird frei. Solche Sporen heissen *innere* oder *Endosporen.* Oder es wird eine ganze Zelle zur Spore und ihre Haut zur Sporenhaut. Solche Sporen heissen *Gliedersporen* oder *Arthrosporen.* Nach diesen beiden Formen der Sporenbildung hat De Bary die Bakterien in *endospore und arthrospore Bakterien* eingetheilt. Die Sporen der Bakterien sind nach der Reife sofort keimfähig, wenn die Bedingungen zu ihrer Keimung günstig sind. Ist solches jedoch nicht der Fall, so kann die Keimung lange unterbleiben, ohne dass die Keimfähigkeit verloren geht. Die später noch zu erwähnenden Sporen des Heubacillus und ebenso diejenigen des Milzbrandpilzes können bei lufttrockener Aufbewahrung jahrelang keimfähig bleiben. Bei der Keimung schwillt der lebende Inhalt der Spore an, durchbricht die Sporenhaut und wächst zu einer gewöhnlichen Bakterienzelle heran, die sich dann wieder durch Zweitheilung vermehrt.

Diese Vermehrung ist unter Umständen eine sehr rasche, so dass die Bakterien durch sie reichlich aufwiegen, was ihnen an Grösse abgeht. Wir haben schon gesehen, dass die Decken

auf Flüssigkeiten eine nennenswerthe Mächtigkeit erreichen und dass die Zooglöen in kurzer Zeit zu grossen Gallertmassen anwachsen können. Nehmen wir mit Cohn an, dass eine Bakterienzelle innerhalb einer Stunde in 2, innerhalb der folgenden Stunde in 4, dann in 8 u. s. w. sich theile und dass die Existenzbedingungen genügend günstige bleiben, so würden aus einer Zelle in 24 Stunden über $16^1/_2$ Millionen Zellen, in zwei Tagen aber $28^1/_2$ Billion solcher entstehen. Nehmen wir die Ausdehnung einer Zelle zu 1 μ (1 Mikrometer) Breite und 2 μ Länge an, was bei manchen Bakterien zutrifft, und betrachten wir sie als cylindrisch, so würde ein Kubikmillimeter von zirka 636 Millionen Bakterien ohne Zwischenraum ausgefüllt. Die in 24 Stunden aus einem Bakterium entstandenen Zellen würden also erst etwa $^1/_{40}$ mm^3 ausfüllen. Aber schon am Ende des folgenden Tages würden die durch Zweitheilung gebildeten Bakterien annähernd $^1/_2$ Liter betragen; würde die Theilung ohne Störung 4 bis 5 Tage fortgehen, so würde die Nachkommenschaft der einen Bakterie, wie leicht zu berechnen ist, das ganze Weltmeer ausfüllen. Nehmen wir ferner das spezifische Gewicht einer Bakterie gleich dem des Wassers an, was im Durchschnitt von der Wahrheit nicht viel abweichen kann, indem die einen im Wasser zu Boden sinken, die andern in demselben schweben, andere auf der Oberfläche schwimmen, wie schon erwähnt worden ist. Bei dieser Annahme ergibt sich durch eine ebenfalls sehr einfache Berechnung, dass 636 Tausend Millionen Bakterien ein Gramm wiegen, dass also die in 24 Stunden entstandenen Bakterien erst $^1/_{50}$ Milligramm wiegen würden, während ihr Gewicht nach zwei Tagen schon nahezu $^1/_2$ kg, nach drei Tagen hingegen schon ungefähr 7 Millionen kg betragen würden. Geben nicht solche Betrachtungen ebensowohl ein Bild von der ausserordentlichen Kleinheit der Bakterien, als auch von ihrer ungeheuren Bedeutung im Haushalte der Natur? Wenn gleichwohl ihre Vermehrung in der Natur im Grossen und Ganzen sich nicht in obigen Progressionen vollzieht, so hat das seinen Grund, wie schon gezeigt, nicht darin, dass sie sich nicht überall einstellen, wo ihre Existenzbedingungen vorhanden sind und ihnen der Zutritt offen steht, sondern darin, dass eben die Ernährungsbedingungen innerhalb eines geschlossenen Raumes sich rasch ändern, dass die Bakterien ihre Nahrung mit andern Organismen theilen müssen und dass sie überhaupt nur ein Glied bilden

in jener ungeheuren Kette von Organismen, die einander im Kampf ums Dasein gegenseitig aufzehren.

Wenn aber, wie gezeigt, die Bakterien überall auftreten, wo ihre Lebensbedingungen gegeben sind, so drängt sich uns die Frage auf: woher kommen sie? Wir berühren hiemit eine Frage, die seit den Tagen der alten Philosophen bis auf den heutigen Tag die Denker und Forscher beschäftigt hat und die nicht minder tief ins praktische Leben des Menschen hineingreift, die Frage von der Urzeugung oder Generatio spontanea. Die Frage in ihrer ganzen Allgemeinheit kann uns hier nicht beschäftigen. Sie wird wohl noch lange und vielleicht für immer der Beantwortung harren. Wir fragen hier nur: entstehen, *so weit die Erfahrung der Wissenschaft reicht,* Organismen aus unorganisirtem Stoffe oder entstehen sie stets nur aus Keimen, die von ihresgleichen abstammen? Hat einerseits schon Aristoteles sein „omne vivum ex ovo" ausgesprochen, so hat anderseits die Meinung, dass Organismen von ziemlich hoher Organisation durch Urzeugung entstehen, sich in der Wissenschaft bis vor verhältnissmässig kurzer Zeit und im Glauben des Publikums bis auf den heutigen Tag erhalten. Lästiges Ungeziefer, Schimmel und pflanzliche Schmarotzer sollen unter günstigen Umständen spontan entstehen können. In der Wissenschaft freilich hat diese Meinung, Dank besonders auch der Vervollkommnung des Mikroskopes, Schritt für Schritt an Boden verloren und sich auf immer niedrigere Organismen beschränkt. Es ist eines der Hauptverdienste Pasteurs, die Nichtigkeit obiger Ansicht u. a. auch für die Bakterien nachgewiesen und dabei zugleich gezeigt zu haben, wie zahlreich Keime niedriger Organismen und speziell auch von Spaltpilzen in der Luft vorhanden sind. Auf erstern Punkt kommen wir bei Betrachtung der Lebensvorgänge der Bakterien zurück; für den Nachweis des Vorhandenseins von Keimen niederer Organismen in der Luft bediente sich Pasteur einer ebenso sinnreichen als einfachen Methode: er liess durch eine an beiden Enden offene Röhre, die am einen Ende mit einem geeigneten Saugapparat in Verbindung stand, am andern Ende durch einen Wattepfropf geschlossen war, einen schwachen Luftstrom aus der Atmosphäre durchziehen, welcher durch den Wattepfropf filtrirt war. Die im Wattepfropf enthaltenen Keime konnten dann durch reines Wasser ausgezogen und in demselben durch geeignete Mittel zur Entwicklung gebracht

werden. Pasteurs Untersuchungen sind in neuerer Zeit nach theilweise vervollkommneten Methoden fortgesetzt und auch auf das Wasser ausgedehnt worden. Ausgedehnte Versuche über die Verbreitung der Keime in der Luft und im Wasser sind im meteorologischen Observatorium zu Montsouris bei Paris von Miquel angestellt worden und werden immer noch fortgesetzt. Sie haben ergeben, dass in der Luft und im Wasser überall eine solche Menge von Keimen enthalten sind, dass das Auftreten niederer Organismen überall genügend erklärt ist, dass aber die Menge der entwicklungsfähigen Keime nach Ort, Jahreszeit und Witterung wechselt. Miquel hat seine Untersuchungen auch auf das Wasser ausgedehnt. Im aufgefangenen Regenwasser fand er durchschnittlich 35, im Wasser der Seine oberhalb Paris 1400, unterhalb Paris 3200 Keime per cm^3. Die genauesten Luftbestimmungen sind neuerdings von Hesse nach einem andern Verfahren gemacht worden. Man erzeugt einen Luftstrom, welcher durch eine innen mit Gelatine überzogene Röhre geleitet wird; die Keime werden von der Gelatine festgehalten und entwickeln sich auf derselben. Diese Untersuchungen haben u. a. ergeben, dass in Berlin in 10 Liter Luft 1—5 entwicklungsfähige Keime enthalten sind, wovon die Hälfte Pilze, die Hälfte Bakterien sind. In einem Krankensaal mit 17 Betten wurden hingegen in einem Fall 24 Keime von Bakterien in 10 Liter Luft gefunden [1]. Angesichts dieser Häufigkeit der Keime von Pilzen und Bakterien werden wir, weit entfernt, uns darüber zu wundern, es im Gegentheil selbstverständlich finden, dass sie überall auftreten, wo sich ihnen ein geeigneter Nährboden darbietet.

Man wird fragen: wie kommen denn diese Bakterienkeime in die Luft, da die Bakterien doch stets in oder auf einem nassen oder feuchten Substrat leben, von dem sie sich nicht losmachen können? Die Antwort lautet: so lange das Substrat feucht ist, bleiben die Spaltpilze an ihm haften; tritt Austrocknung der Unterlage ein, so genügt eine ausserordentlich schwache Luftströmung, um die Bakterien und ihre Sporen als Staub in die Atmosphäre zu entführen. Bei vollständig ruhiger Luft senken sie sich mit anderm Staub allmälig wieder oder sie werden durch Niederschläge herabgerissen.

---

[1] Dr. Lehmann im „Biologischen Centralblatt", Jahrg. 1885, p. 547 ff.

Nachdem wir im Allgemeinen die Gestalt und den Bau, die Vermehrung und Verbreitung der Bakterien betrachtet, bleibt uns noch übrig, ihre verschiedenen Formen etwas näher kennen zu lernen und die Frage nach ihrer Entwicklung und ihrem genetischen Zusammenhang in Kürze zu erörtern.

Nach der Form des Auftretens hat Prof. Cohn in Breslau bei den Bakterien folgende Hauptgestaltungen unterschieden:

1) *Kokken,* Einzelzellen von fast gleicher Länge und Breite;
2) *Stäbchenformen,* gestreckte cylindrische, selten spindelförmige Einzelzellen, oder kurze Verbände von solchen. Dabei unterscheidet man wieder
   Kurzstäbchen oder Bacterien im eigentlichen Sinne,
   Langstäbchen oder Bacillen,
   Spindelstäbchen oder Clostridien;
3) *Schraubenformen,* korkzieherartig gewundene Stäbchen und zwar solche
   mit engen Windungen: Spirillen, und
   mit steilen Windungen: Vibrionen.

Es war ihm dabei um Schaffung einer vorläufigen Ordnung behufs leichterer und übereinstimmender Orientirung der Forscher auf diesem so schwierigen Arbeitsfelde zu thun. Während nun die Einen geneigt waren, in jeder dieser Formen getrennte Arten im Sinne der Naturgeschichte der höhern Organismen zu erblicken, gingen Andere, z. B. Billroth, so weit, das Vorhandensein verschiedener Spezies überhaupt zu leugnen und *alle* Formen als durch Züchtung in einander überführbare Modifikationen *einer* Species, Coccobacteria septica, zu betrachten. Einen ähnlichen, wenn auch etwas vorsichtigeren Standpunkt nimmt Nägeli ein, wenn er (im Jahre 1877) sagt: „Ich habe seit zehn Jahren wohl Tausende von Spaltpilzformen untersucht und ich könnte (Sarcina ausgenommen) nicht behaupten, dass auch nur zur Trennung in zwei spezifische Formen Nöthigung vorhanden sei," — später aber (1882) hinzufügt: „Es liegt mir fern, das Zusammengehören *aller* Formen in eine einzige Spezies zu *behaupten,* da die morphologische Beobachtung und der physiologische Versuch noch zu wenig Anhaltspunkte bieten, um eine bestimmte Ansicht auszusprechen." Nägeli hat mit dieser letztern Aeusserung der Bakterienforschung der neuesten Zeit eine Aufgabe gestellt, die sich etwas näher dahin präzisiren

lässt, dass es gilt, die Entwicklungsgeschichte möglichst vieler Bakterien ohne Unterbruch von der Keimung der Spore bis wieder zur Sporenbildung zu beobachten, ihre Wirkung auf das Nährsubstrat kennen zu lernen und die Gestalt und das Aussehen ihrer Massenansammlungen gebührend zu berücksichtigen. Diesen Anforderungen ist in einer Anzahl von Fällen ganz besonders von Seiten der Koch'schen Schule nach einer noch näher zu skizzirenden, als mustergültig zu bezeichnenden Methode genügt worden. Das Ergebniss dieser Untersuchungen geht dahin, dass es sich auf dem Gebiete der Bakteriologie mit den Spezies und ihrer Unterscheidung nicht anders verhält als auf andern Gebieten der Naturgeschichte; dass es eine z. Z. natürlich noch unvollständig bekannte Anzahl morphologisch und biologisch wohl unterschiedener Spezies gibt, die allerdings im Verlauf ihrer Entwicklungsgeschichte eine mehr oder weniger grosse Anzahl der oben angeführten Formen durchlaufen, also, wenn der Vergleich gestattet ist, eine Art Metamorphose durchmachen, wie wir sie ja auch bei sehr hoch organisirten Wesen zu beobachten Gelegenheit haben. Wer den ununterbrochenen genetischen Zusammenhang zwischen Kaulquappe und Frosch, zwischen Raupe und Schmetterling nicht kennte, würde beide resp. Entwicklungsformen als zwei ganz verschiedene Thierspezies ansehen.

Obiges Ergebniss exakter Forschung ist nicht nur für die reine Wissenschaft von grosser Bedeutung, sondern auch von eminenter praktischer Wichtigkeit. Nicht nur dem Arzte, auch jeder Mutter und Hausfrau kann es durchaus nicht gleichgültig sein, ob ein in saurer Milch, im Käse und andern Nahrungsmitteln vorhandenes unschädliches, ja sogar wohlthätiges Bakterium zu irgend einer Zeit in eine Form umgewandelt werden kann, welche Diphtheritis, Typhus oder Cholera erzeugt, oder ob die diese Krankheiten erzeugenden Bakterien besondere Arten sind.

Bevor wir zur Betrachtung der Lebenserscheinungen und ihrer Bedeutung übergehen, mag hier noch einer Eigenschaft der Bakterien gedacht werden, die freilich schon in jenes Gebiet gehört, die aber noch so wenig erklärt ist, dass sie besser bei den morphologischen Eigenschaften erwähnt wird, um so mehr, als sie unter Umständen zur Unterscheidung sonst sehr ähnlicher Arten dienen kann — es ist die Bewegungsfähigkeit der Bakterien. Dieselbe ist sehr vielen, aber, wie es scheint, nicht

allen Arten eigen; bei manchen, z. B. Kokkenformen, ist sie eine tanzende, bei andern eine gleitende und etwa auch zugleich rotirende, oder eine schraubenförmige, oder eine oscillirende um eines der beiden Enden. Diese Eigenschaften nähern die Bakterien einerseits den Spaltalgen, anderseits den zu den Infusorien gerechneten Geisselschwärmern oder Flagellaten. Mit ihnen haben manche auch das Vorhandensein feiner, fadenförmiger Anhängsel, sog. Cilien, gemein. Ob diese als Bewegungsorgane dienen oder nicht, ist selbstverständlich bei ihrer ausserordentlichen Feinheit sehr schwer zu untersuchen. In der That sind die Forscher über ihre Bedeutung noch nicht einig. Während die Einen sie als Theile des Protoplasmaleibes betrachten, die aus feinen Oeffnungen der Zellwand herausragen und ihnen deshalb Eigenbewegung zuschreiben, betrachten Andere sie als nur passiv bewegliche Anhängsel der Zellhaut von unbestimmter Bedeutung.

II. Die Lebenserscheinungen der Bakterien: Physiologie.

Die Betrachtung der Gestalt und des Baues der Bakterien hat uns genöthigt, eine Anzahl von Erscheinungen, wie die Theilung und Sporenbildung und die Bewegungsfähigkeit derselben, im ersten Abschnitte zu berühren. Es erübrigt daher nur noch, die allgemeinen Lebensbedingungen und die Ernährung der Bakterien zu betrachten und dabei dieselben von derjenigen Seite kennen zu lernen, welche den Mann der Wissenschaft wie den Laien gleich nahe angeht.

Wie alle andern Organismen, so sind auch die Bakterien von der Temperatur ihrer Umgebung abhängig. Es gibt ein Temperaturminimum und ein Temperaturmaximum ihrer vegetativen Thätigkeit. Zwischen beiden Extremen liegt diejenige Temperatur, welche für ihre Lebensthätigkeit am günstigsten ist, das *Temperaturoptimum*. Im Allgemeinen fällt dieses ungefähr mit der menschlichen Körpertemperatur zusammen oder etwas darunter. Jenseits der Temperaturextreme tritt Einstellung der Ernährungs- und Wachsthumserscheinungen ein, ohne dass jedoch die Bakterien sterben. Man nennt diese Zustände sehr treffend Kälte- und Wärmestarre. Die Bakterien theilen bekanntlich diese Eigenschaft, welche ihnen im Kampf gegen

ungünstige Lebensbedingungen ausserordentlich nützlich ist, mit manchen andern, zum Theil sehr hoch organisirten Wesen; es sei nur an die Waizenälchen und an die im Moos der Dächer und in Dachrinnen lebenden, zu den Spinnenthieren gehörigen Bärenthierchen erinnert. In gewissem Sinne könnte sogar der Winterschlaf der Lurche, Reptilien und der Murmelthiere als eine verwandte Erscheinung bezeichnet werden, insofern als während desselben eine bedeutende Reduktion der Lebensthätigkeiten, insbesondere auch der Athmung, eintritt.

Immerhin gibt es auch für die Bakterien Temperaturen, bei welchen sie zu Grunde gehen. Zwar können die vegetativen Formen derselben sehr niedrige Temperaturen ertragen, dafür aber liegt der obere Tödtungspunkt derselben nicht sehr hoch, nicht viel höher als bei den meisten andern Pflanzen. Die Bakterien verhalten sich auch insofern den andern Pflanzen, speziell auch den Samen, analog, als sie in trockenem Zustande höhere Temperaturen ertragen, als in feuchtem. Es darf angenommen werden, dass längeres Erwärmen über 50—60° in feuchtem Zustande die Bakterien tödtet. Anders verhalten sich nun freilich die *Sporen,* welche unter gewissen Umständen eine erstaunliche Resistenzfähigkeit gegen äussere Einflüsse zeigen, welche alle andern Organismen schädigen oder tödten. Sie widerstehen auch im Wasser der Siedehitze und noch etwas höheren Temperaturen einige Zeit. Zur Abtödtung der Sporen des Heupilzes ist mindestens einstündiges Kochen bei 110° nothwendig.

Saure Beschaffenheit der Nährflüssigkeit ist in der Regel der Entwicklung der Bakterien ungünstig, während z. B. die Schimmelpilze durch saure Reaktion gefördert werden. Die Folge dieses Verhaltens ist eine häufig zu beobachtende Art von Wechselwirthschaft im Reich dieser niedern Kryptogamen. Wenn durch die Thätigkeit der Bakterien selbst oder durch andere Umstände das Substrat eine zu saure Reaktion angenommen hat, so fangen die Schimmelkeime stärker an zu vegetiren als die Bakterien und diese werden besiegt. So sehen wir auf Früchten, Kartoffeln und andern Nahrungsmitteln, nachdem sie „sauer“ geworden sind, Schimmel auftreten.

Merkwürdig ist das Verhalten der Bakterien gegen Sauerstoff. Es muss angenommen werden, dass die Bakterien, wie alle andern Organismen, ohne Ausnahme des Sauerstoffs zur

Athmung bedürfen. Während nun aber die einen zum ausgiebigen Leben und Wachsen *freien* Sauerstoff nöthig haben, wie z. B. der Essigpilz, so sind andere, z. B. der Buttersäurepilz (Bac. Amylobacter), unter normalen Ernährungsverhältnissen im Stande, den nöthigen Sauerstoff dem Nährsubstrat zu entziehen; solchen ist die Anwesenheit freien Sauerstoffs ungünstig. Zwischen diesen Extremen fehlen allerdings Uebergänge nicht. Die sauerstoffliebenden (nach Pasteur „aërobiontischen) Arten dienen, sofern sie beweglich sind, als ein äusserst scharfes Reagens auf Sauerstoff. Wir können sie z. B. nach einer grünen Alge, welche durch ihre Assimilationsthätigkeit freien Sauerstoff produzirt, sich lebhaft hinbewegen sehen.

Wie für die übrigen Organismen, so gibt es auch für die Bakterien eine Anzahl Gifte, welche in Lösungen von richtiger Konzentration sie und ihre Sporen tödten. Als die wirksamsten unter ihnen erweisen sich nach Kochs Erfahrungen Chlor, Jod, Brom, Quecksilbersublimat, Osmiumsäure und übermangansaures Kali; erst in zweiter Linie folgt die so vielgenannte Carbolsäure.

Haben wir bisher mehr die äussern Einflüsse besprochen, welche den Bakterien schädlich und dieselben zu vernichten geeignet sind, so gilt es jetzt noch die Frage zu beantworten, was die Spaltpilze zu ihrer gedeihlichen Entwicklung bedürfen. Da sie, wie alle andern Organismen, zum grossen Theile aus Wasser bestehen, so ist es selbstverständlich, dass Wasserzufuhr eine nothwendige Lebensbedingung für sie ist. Von ganz besonderer Wichtigkeit für die Beziehungen der Bakterien zum Menschen ist aber ein anderes Verhalten derselben. Den Bakterien fehlt (vielleicht mit einigen Ausnahmen) das Blattgrün oder Chlorophyll; sie sind deshalb ebensowenig wie die eigentlichen Pilze und die chlorophylllosen höhern Pflanzen (z. B. Kleeseide oder Ringel, Kleeteufel) im Stande, zu assimiliren, d. h. aus Kohlensäure und Wasser organische Verbindungen, etwa Stärke oder andere Kohlenhydrate, herzustellen. Sie sind daher für den Bezug dieser Nahrungsmittel auf organische Körper, sei es auf lebende Organismen oder auf abgestorbene, auf Leichen oder auf Ausscheidungen lebender Organismen angewiesen. Dass sie den zum Aufbau ihres Protoplasmaleibes nöthigen Stickstoff, sei es in Form von Eiweissverbindungen oder Derivaten derselben, sei es in Form von geeigneten Ammoniaksalzen, dabei gewöhnlich mitvorfinden, liegt auf der Hand;

dasselbe gilt von den Aschenbestandtheilen. Diejenigen Bakterien, welche ihre Nahrung aus lebenden Organismen beziehen und sich zu diesem Zwecke auf oder in denselben ansiedeln, sind Schmarotzer oder Parasiten; die andern werden, nicht immer völlig zutreffend, als Fäulnissbewohner oder Saprophyten bezeichnet. Während eine Anzahl parasitischer Bakterien ausschliesslich auf das Schmarotzerleben angewiesen sind, gibt es andere, welche die parasitische Existenz mit der saprophytischen vertauschen können und umgekehrt, eine Thatsache, deren ausserordentliche Wichtigkeit sich in der Folge ergeben wird.

Es leuchtet von selbst ein, dass diejenigen Bakterien, welche nicht ausschliessliche Parasiten sind, auf und in geeignetem Nährmaterial künstlich gezüchtet werden können. Als Kohlenstoffquelle können die meisten organischen Verbindungen dienen, vorausgesetzt, dass sie löslich und für die Bakterien nicht giftig seien. Als besonders geeignet erweisen sich: die Zuckerarten, Mannit, Glycerin, eine Anzahl Säuren, wie Weinsäure, Zitronensäure, Essigsäure etc. Den Stickstoff als Element können die Bakterien nicht assimiliren, derselbe muss ihnen in geeigneten Verbindungen dargeboten werden, z. B. in Form von Ammoniaksalzen oder von Eiweisskörpern. Letztere erweisen sich als besonders geeignet. Die Bakterien besitzen nämlich die Fähigkeit, die Eiweissstoffe in ähnlicher Weise in lösliche Verbindungen (Peptone) überzuführen, wie solches durch das Pepsin bei der Magenverdauung geschieht. Zu diesen Kohlenstoff- und Stickstoffquellen müssen die nöthigen mineralischen Stoffe (Aschenbestandtheile) hinzukommen. Man hat verschiedene „Nährlösungen“ vorgeschlagen, die hier nicht aufgezählt werden sollen. In neuerer Zeit wird sehr häufig Fleischextraktlösung und in gewissen Fällen auch Blutserum verwendet.

Es schien nöthig, diese Hauptthatsachen der Physiologie der Spaltpilze im Zusammenhang mitzutheilen, um darauf gestützt die Bedeutung der Spaltpilze im Haushalte der Natur und des Menschen betrachten und das Wichtigste über die Methoden der Bakterienforschung darlegen zu können.

Da kommt nun vor allem aus die Wirkung in Betracht, welche die Bakterien auf ihren Nährboden ausüben. Es liegt auf der Hand, dass diese Wirkung eine tief eingreifende sein muss, schon deshalb, weil diese Organismen auf Kosten des Substrates sich ernähren und in vielen Fällen auch athmen.

Die Folge dieser Lebensthätigkeit ist eine Spaltung der vorhandenen Verbindungen in einfachere Körper, in dem weitest gehenden Falle gänzliche *Oxydation, Verwesung,* mit den Endprodukten Kohlensäure und Wasser für die stickstofffreien Verbindungen; in andern Fällen theilweise nicht bis zu den letzten Verbrennungsprodukten fortschreitende Oxydationen, („Oxydationsgährungen", z. B. Essiggährung); endlich jene, nicht mit einfachen Oxydationsprodukten abschliessenden Spaltungen, welche als *Gährungen* im eigentlichen Sinne bezeichnet werden. Die bekannteste dieser Gährungen ist die Alkoholgährung traubenzuckerhaltiger Flüssigkeiten. Dieselbe wird jedoch nicht durch Spaltpilze oder Bakterien, sondern durch einen Organismus hervorgerufen, welcher zu den eigentlichen Pilzen gerechnet werden muss und dessen länglich runde Zellen sich nicht durch gewöhnliche Zweitheilung, sondern durch Sprossung vermehren; es ist der Sprosshefepilz oder Bierhefepilz, Saccharomyces cerevisiae. Derselbe unterscheidet sich auch für das Auge des Laien unter dem Mikroskope leicht von den Bakterien durch seine bedeutende Grösse (zirka 10 μ) und dadurch, dass die jungen, kleinen Zellen wie Knospen an den Mutterzellen hängen. Von 100% des in der Lösung enthaltenen Zuckers werden 1,25% von der Hefe aufgezehrt, 4—5% zur Bildung anderer Stoffe und der übrige Zucker zur Spaltung in Alkohol und Kohlensäure verwendet. Damit der Hefepilz sich ernähren, wachsen und sich vermehren könne, müssen in der gährenden Flüssigkeit selbstverständlich auch stickstoffhaltige Verbindungen enthalten sein; dies ist aber bei unserm aus Obst und Trauben gepressten Most und bei der Bierwürze von selber der Fall. Bei der Bierbereitung werden die Hefepilze zugesetzt; dass sie sich in unsern Most- und Weinfässern von selber einstellen, wird Niemanden Wunder nehmen, der bedenkt, was über die Verbreitung der Keime in der Luft mitgetheilt worden ist.

Den Bakterien sind eine ganze Anzahl, für den Menschen zum grossen Theil nicht weniger wichtiger Gährungen zuzuschreiben, die, wenn sie speziell an stickstoffhaltigen Verbindungen und unter Entwicklung übelriechender Gase stattfinden, *Fäulniss* genannt werden.

Es erscheint uns beinahe selbstverständlich, dass jeder Körper, von dem das Leben gewichen, der Verwesung anheimfalle; und doch steht fest, dass ohne die Lebensthätigkeit der

Bakterien dieselbe nicht eintreten würde. Es hat lange gebraucht, bis diese jetzt so ziemlich allgemein angenommene Ueberzeugung sich Bahn gebrochen hat. Die Chemiker besonders waren früher geneigt, in den Gährungs- und Fäulnisserscheinungen rein chemische Vorgänge zu erblicken und die Bakterien bei dem ganzen Vorgange nur als Gäste zu betrachten, welche kommen, um die Produkte desselben zu verzehren. Um diese Ansicht zu widerlegen, gilt es, den Nachweis zu leisten, dass die Gährung und Fäulniss unterbleibt, wenn man, unter übrigens gleichen Bedingungen, alle organischen Keime fernhält. Diesen Nachweis suchte zuerst der italienische Abt Spallanzani im Jahre 1785 zu erbringen. Er erhitzte eine gährungsfähige Flüssigkeit in einem Glaskölbchen längere Zeit auf die Kochtemperatur und schmolz den Hals des Glaskölbchens während des Kochens zu. Das Ergebniss war, dass in der so behandelten Flüssigkeit jegliche Zersetzung unterblieb. Schon im Anfang dieses Jahrhunderts benutzte der französische Koch Appert diese Methode, um Fleisch, Gemüse, Fruchtsäfte etc. beliebig lange aufbewahren zu können. Er schloss dieselben in Blechbüchsen ein, die nur eine kleine Oeffnung besassen, kochte dieselben längere Zeit im Wasserbad und löthete die Oeffnung während des Kochens zu. Aus dieser Methode hat sich heute eine nicht unbedeutende Industrie, die „Konservenfabrikation", entwickelt, deren Aufblühen auch in unserm Lande von den Gemüsebauern lebhaft begrüsst wird. Gegenwärtig pflegt man die Erhitzung auf etwas über 100^0 C. zu steigern, um die Bakterien- und Schimmelsporen um so sicherer zu tödten. — Wie im Leben häufig „die Extreme sich berühren", so auch hier. Es gibt eine Konservirungsmethode, welche vom Gegentheil, von der Kälte Gebrauch macht und die organischen Stoffe bei einer Temperatur (unter 5^0) hält, *welche die kleinsten Lebewesen oder Mikroben in Kältestarre versetzt* und sie verhindert, ihr Zerstörungswerk zu beginnen. Im Grossen hat die Natur dieses Mittel zur Erhaltung der Mammuthelephanten (Elephas primigenius) angewendet, deren Leichen im Eis der sibirischen Ströme mit Haut und Haar so frisch erhalten waren, dass das Fleisch noch von den Wölfen verzehrt wurde. Dieselbe Methode befolgen wir, um Fische und anderes Fleisch etc. in unsern Eisschränken vor Fäulniss zu schützen; nach demselben Prinzipe werden in grossem Massstabe Seefische aus den

Hafenstädten nach dem Binnenlande, ja sogar frisches Fleisch aus Südamerika und Australien in Schiffen versendet, die mit Eiskammern versehen sind.

Dem Versuche von Spallanzani konnten die Chemiker mit Recht entgegenhalten, dass er den Anforderungen nicht ganz entspreche und dass die organischen Stoffe in den zugeschmolzenen Kölbchen nur deshalb nicht faulen, weil dem Sauerstoff der Zutritt verschlossen sei. Zur Widerlegung auch dieses Einwandes änderte Theodor Schwann 1837 den Versuch dahin ab, dass er den Kolbenhals erst zuschmolz, nachdem Luft durch ein glühendes Rohr in denselben geleitet worden war. Da die Glühhitze alle in der durchströmenden Luft enthaltenen Keime zerstörte, war der Versuch auch in dieser Form von demselben Erfolge begleitet. Bequemer ist die von Schröder und Dusch (1857) angewandte Methode, den Hals des Kölbchens einfach mit Watte zu verstopfen, welche die Luft durchlässt, aber die in ihr enthaltenen Keime zurückhält, die Luft also gleichsam filtrirt. Ein noch einfacheres Verfahren wandte (1862) Pasteur an, indem er den in eine Spitze ausgezogenen, aber offenen Kolbenhals hakenförmig nach unten krümmte oder hin- und herbog und damit bewirkte, dass die mit der Luft eindringenden Pilz- und Bakterienkeime an den Wänden des gebogenen Halses hängen blieben; auch diese Methode lieferte dasselbe Ergebniss.

Aus diesen und vielen ähnlichen Versuchen durfte der Schluss gezogen werden, dass, wo auch alle übrigen Bedingungen der Fäulniss gegeben sind, diese doch nicht stattfindet, wenn keine Bakterien anwesend sind. Dagegen zeigte es sich auch, dass Fäulniss und Gährung sofort eintrat, sobald man den kleinen Organismen und ihren Keimen Zutritt gestattete. Also sind die Bakterien nicht die zufälligen Begleiter, sondern die *Ursache der Fäulniss;* diese ist ein *von Bakterien erregter* chemischer Vorgang. Nicht der Tod erzeugt die Fäulniss, sondern das Leben jener unsichtbaren Wesen. Sie sind es, die das dem Tode Verfallene seinen kalten Armen entreissen und sofort wieder einführen in den ewigen Kreislauf des Lebens. Eine genaue persönliche Bekanntschaft mit den Fäulnissbakterien, d. h. die Kenntniss ihrer Morphologie und Entwicklungsgeschichte geht uns zur Stunde noch ab, weil bei Fäulnissprozessen immer mehrere Bakterienformen zugegen sind. Cohn betrachtete bisher sein Bacterium Termo als den Erreger der Fäulniss. Dieses

Bacterium tritt in der That bei Fäulnissprozessen mit auf. Man erhält dasselbe leicht ziemlich rein, wenn man Hülsenfruchtsamen im Wasser faulen lässt, von der faulig gewordenen Flüssigkeit einen Tropfen in die sog. Cohn'sche Bakterienlösung [1] bringt, nach einiger Zeit von dieser wieder einen Tropfen in frische Lösung giesst und dieses mehrere Male wiederholt. Von blossem Auge erkennt man das Vorhandensein von Bacterium Termo in der Flüssigkeit ziemlich leicht daran, dass in den ersten Tagen die Nährlösung successive milchig trübe wird und dann an der Oberfläche eine grünliche Schicht erhält, aus welcher Proben zu mikroskopischer Untersuchung leicht entnommen werden können. Diese zeigt kleine, stabförmige Zellen von 1,5 μ Länge und etwa halb so grosser Breite, in lebhafter Zweitheilung und daher oft paarweise, aber kaum je zu längeren Reihen verbunden. Neuerdings hat Bienstock die in menschlichen Fäces vorkommenden Bakterien untersucht und darin neben zahlreichen andern *einen* Bacillus konstant vorgefunden, den er für den Fäulnisserreger der Albumin- und Fibrinkörper hält. Es ist ein endosporer Bacillus, dessen Zellen bei der Sporenbildung an einem Ende anschwellen und der deshalb von ihm als Trommelschlägelbacillus bezeichnet wird. Genauere Untersuchungen werden zeigen müssen, ob die Erregung der Fäulniss der Eiweisskörper nur dem letztern oder den beiden beschriebenen oder auch noch andern Bacillen zukommt. Genug, dass es gelungen ist, nachzuweisen, dass Fäulniss und Gährung nur eintreten, wo die sie erregenden Organismen und die von denselben geforderten Lebensbedingungen vorhanden sind.

Dasselbe gilt, wenige hier nicht aufzuzählende Ausnahmen abgerechnet, von der Eiterung. Dr. J. F. Rosenbach hat mit hoher Wahrscheinlichkeit von vier Kokkenarten [2] (Kugelbakterien, s. oben) den Nachweis geliefert, dass sie stets in Eiterherden gefunden werden und dass sie, rein gezüchtet, wieder Eiterungen hervorrufen. Auch gegen diese hat die Wissenschaft mit Erfolg den Kampf aufgenommen und zwar durch die von dem genialen englischen Chirurgen Lister erfundene, nach ihm benannte, viel

[1] 1 Theil saures phosphorsaures Kalium, 1 Theil schwefelsaures Magnesium, 2 Theile neutrales weinsaures Ammonium, 0,1 Theil Chlorkalium in 200 Theilen Wasser.

[2] Micrococcus pyogenes tenuis; Staphylococcus pyogenes aureus und albus und Streptococcus pyogenes.

gerühmte, aber auch viel geschmähte *antiseptische Wundbehandlung*.

Aus der Thatsache, dass innere, ohne Verletzung der Oberhaut entstandene Wunden, selbst gerissene und gequetschte, im Allgemeinen ohne Eiterung heilen, zog Lister den Schluss, dass die Eiterung nicht, wie man früher geglaubt hatte, zur Heilung nothwendig sei, sondern durch einen abnormen, auf die Wunde durch die Luft ausgeübten Reiz entstehe und unterhalten werde, und dass, wenn man diesen Reiz von einer offenen Wunde fern halten könnte, dieselbe ohne Eiterung heilen müsste. Lister macht zur Stütze seiner Ansicht noch darauf aufmerksam, dass kleine wunde Flächen mitunter ohne Eiterung heilen, indem der Schorf, welcher sich durch Eintrocknung der feuchten Absonderung der Wundfläche bildet, dieselbe gegen die äussere Luft schützt. Diese Beobachtung hat Jeder schon an sich selbst zu machen Gelegenheit gehabt.

In Bezug auf die Art jener Reize, welche die Luft auf die Wunden ausübt, lässt Lister ganz deutlich die Ueberzeugung durchblicken, dass dieselben von niedern Organismen, vor Allem nicht etwa von gasförmigen Bestandtheilen der Luft herrühren. Das ersieht man aus den Mitteln, welche Lister zur Bekämpfung jener „Reize“ anwendet, und aus der Thatasche, dass er sich auf Pasteur stützte und einen Theil seiner Versuche wiederholte. In eine tiefere Diskussion der Frage lässt er sich jedoch nicht ein. Er sagt: „dass jene Agentien sich weiter entwickeln, wie lebende Wesen, und dass ihre Thätigkeit vernichtet wird genau durch dieselben Mittel, welche Leben vernichten (Hitze, verschiedene chemische Substanzen), steht fest und ist von der höchsten Bedeutung. Aber wenn Jemand trotz dieser Thatsachen und trotz der Analogie mit der Hefe und den verschiedenen Pilzformen, welche wir als Schimmel bezeichnen, es vorzieht, zu glauben, dass die septischen Partikelchen nicht lebende sind, dann wünsche ich, *als praktischer Chirurg*, nicht mit ihm darüber zu streiten.“

Als Kampfmittel gegen jene „septischen Partikelchen“ wendet Lister vor Allem Lösungen von Carbolsäure an. Handelt es sich um die Behandlung einer schon vorhandenen Wunde, so wird dieselbe sorgfältig mit einer Carbollösung ausgewaschen. Soll hingegen eine Wunde gesetzt werden, z. B. bei einer Amputation, so beginnt Lister damit, die Haut in der Umgebung

des Operationsfeldes mit konzentrirter wässeriger Carbolsäure zu waschen. Dass auch die Hände des Operateurs und die Instrumente dieselbe Behandlung erfahren, versteht sich von selber. Da nun während der Operation die Wunde der Luft ausgesetzt und somit die Möglichkeit des Eindringens von Fäulnisserregern gegeben ist, wird die ganze Umgebung mit Hülfe eines Zerstäubungsapparates, welcher ebenfalls Carbolsäurelösung enthält, desinfizirt; die ganze Operation wird unter Thätigkeit des Zerstäubungsapparates vollzogen. Die Unterbindung der Blutgefässe geschieht mit antiseptischem Cat-gut, Faden, welcher aus dem Dünndarm des Schafes hergestellt wird und den grossen Vortheil bietet, dass der in dem Körpergewebe liegende Theil der Schlinge von demselben allmälig aufgesogen wird, also nicht herausgenommen zu werden braucht. Die nun folgende Bedeckung der Wunde hat den Zweck, dieselbe gegen das Eindringen der Fäulnisserreger zu schützen. Deshalb wird die Wunde und ihre ganze Umgebung mit antiseptischer Gaze bedeckt. Dieselbe wird bereitet, indem man gewöhnliche Gaze in eine im Dampfbade erhitzte Mischung von 5 Th. Harz, 7 Th. Paraffin und 1 Th. krystallisirter Carbolsäure taucht, und sie dann, um den Ueberschuss der Masse zu entfernen, zwischen Walzen durchzieht; auf diese Weise bleiben die Maschen der Gaze frei. Um den Reiz zu verhüten, welchen die Gaze durch ihren Gehalt an Harz und Carbolsäure auf die Wunde ausüben würde, schiebt Lister zwischen beide eine schützende Schicht, das „Protective“ ein, Taffet, welcher beiderseits mit einer dünnen Schicht von Copallack überzogen ist und vor der Anwendung auch in geeigneter Weise mit Carbolsäure desinfizirt wird. Es versteht sich, dass die Gaze in mehrfacher Schicht die Wunde und ihre nächste Umgebung einhüllen und so eine Art desinfizirenden Filters bilden muss. Auf alle technischen Einzelheiten des Lister'schen Verbandes und seiner Anlegung, sowie auf die in neuerer Zeit an demselben angebrachten Modifikationen einzugehen, ist hier nicht der Ort; es galt hier nur zu zeigen, dass derselbe nichts anderes ist, als eine möglichst rationelle Anwendung unserer Kenntnisse über Bakterien auf die Heilung von Wunden. Es sei nur noch bemerkt, dass Lister grossen Werth legt auf Ableitung des unter dem Einfluss der Carbolsäure noch etwas reichlicher als sonst fliessenden Wundsecretes. Er lässt deshalb eine kleine Stelle

offen und legt daselbst ein Stückchen einer vorher desinfizirten Kaoutschuckröhre[1] ein, welche in dem Grade, als die Wundhöhle sich schliesst, verkürzt oder ganz entfernt wird.

Fragen wir nach den Resultaten, welche mit der antiseptischen Wundbehandlung gegenüber der frühern erzielt wurden, so lautet die Antwort aus dem Munde unserer kenntnissreichsten und gewissenhaftesten Aerzte, dass die antiseptische Wundbehandlung als eine der grössten Wohlthaten der leidenden Menschheit bezeichnet werden müsse, indem bei richtiger und umsichtiger Anwendung derselben die Wundeiterungen mit all' ihren bösen, häufig lebensgefährlichen Folgen in weitaus den meisten Fällen verhindert werden können.

In gewissem Sinne kann auch der Laie gegebenen Falls von einer antiseptischen Wundbehandlung Gebrauch machen, wenn er kleinere Wunden, die in den meisten Fällen von einem schmutzigen Gegenstande herrühren, rasch mit einer schwachen Carbollösung oder dergl. auswascht, und wenn er es sich zur Regel macht, zum Oeffnen eines kleinern Geschwürs etc. keine Instrumente zu verwenden, deren Sauberkeit zu wünschen übrig lässt. Ueberhaupt könnte im Hause und ganz besonders auch bei Behandlung und Ernährung der Kleinen viel Unheil verhütet werden, wenn die Grundsätze, nach denen in allen den beschriebenen Fällen der Kampf gegen Gährungs- und Fäulnissbakterien geführt wird, etwas allgemeiner gewürdigt würden, statt dass abergläubische Leute sich über dieselben als über einen „Aberglauben" etwa noch lustig machen.

Der Mittel, welche wir bisher zur künstlichen Ernährung der Bakterien einerseits, zur Tödtung derselben anderseits als geeignet kennen gelernt haben, hat sich die Bakterienforschung der neuesten Zeit bedient, um die Frage nach dem Spezieswerth der Bakterienformen ihrer Lösung nahe zu bringen. Das Ergebniss, dass zur Stunde an dem Vorhandensein getrennter Arten festgehalten werden müsse, ist schon oben mitgetheilt worden. Es erübrigt, in Kürze die Methoden darzulegen, welche zur Erreichung jenes Ergebnisses angewendet worden sind. Soll die ununterbrochene Entwicklungsgeschichte einer Bakterienart studirt und ihr morphologischer und biologischer Unterschied

[1] Es gibt jetzt auch resorbirbare, aus entkalkten Knochen bestehende Röhren.

von andern Bakterien dargelegt werden, so muss die betreffende Bakterienart getrennt von jeder andern Art gezüchtet, es muss eine *Reinkultur* derselben angelegt werden. Als erste Vorbedingung zur Erzielung einer Reinkultur muss natürlich gefordert werden, dass die angewandten Nährsubstrate, die Gefässe, in welchen sie enthalten sind, und die etwa zur Verwendung kommenden Instrumente von Bakterien und deren Sporen befreit, *sterilisirt* werden. Es hat sich für die Sterilisation eine besondere Technik ausgebildet, deren einlässliche Beschreibung hier unterbleiben muss. Zur Sterilisation von Nährlösungen bieten sich hauptsächlich zwei Wege dar, die Erhitzung und die Filtration durch Thonzellen. In Bezug auf letztere Methode begnügen wir uns mit der Erwähnung. Was die Sterilisation durch Erhitzen betrifft, so geht aus Früherm hervor, dass zur Tödtung der Bakteriensporen in manchen Fällen Temperaturen von 100° C. und darüber nothwendig sind. Statt kochenden Wassers wendet man in jüngster Zeit gerne strömende, nicht gespannte Wasserdämpfe an. Nun gibt es aber Nährlösungen, welche ein längeres Erhitzen auf so hohe Temperaturen nicht gestatten. In diesem Falle kann mitunter ein mehrmaliges, aber jedesmal nur kurze Zeit andauerndes Kochen angewendet werden. Ertragen aber die Nährlösungen solch' hohe Temperaturen überhaupt gar nicht, so wendet man statt des discontinuirlichen Kochens die Methode der *discontinuirlichen Sterilisation* an. Dieselbe stützt sich auf die Erfahrungsthatsache, dass, während die Dauersporen der Bakterien im Allgemeinen hohe Temperaturen ertragen, die meisten Bakterien selber unterhalb der Gerinnungstemperatur des Eiweisses bei relativ niedriger Temperatur getödtet werden. Lässt man nun Temperaturen unter 70° einige Stunden auf die zu sterilisirende Flüssigkeit einwirken, so werden die darin enthaltenen lebenden Bakterien, nicht aber die Sporen, absterben. Die am Leben gebliebenen Sporen werden nach einiger Zeit auskeimen, die Keime aber durch Wiederholung des obigen Verfahrens getödtet und so durch Fortsetzung desselben die Bakterien allmälig gleichsam ausgerottet.

Bei der Präparation gebrauchte Metallinstrumente, Platinmodelle, Pincetten etc. werden erst gereinigt, dann an der Flamme geglüht und auf einer sterilisirten Glasplatte unter einer Glocke aufbewahrt. Glasgegenstände, Objektträger, Deck-

gläschen, Reagensgläser werden gereinigt, mit starker Säure gewaschen, mit destillirtem Wasser bis zur Beseitigung der sauren Reaktion gespült und dann im Trockenschranke mindestens zwei Stunden bei 150—160° C. keimfrei gemacht. Diese Gegenstände werden am besten direkt dem Trockenschranke zum Gebrauche entnommen.

Nachdem so das Nährsubstrat und die zur Verwendung kommenden Utensilien von Bakterien und deren Sporen befreit, „sterilisirt" sind, gilt es, die Uebertragung der Bakterien auf dieselben zum Zwecke der *Gewinnung von Reinkulturen* zu bewerkstelligen. Die wichtigsten hiebei angewandten Methoden, für deren ausführliche Beschreibung auf das schon erwähnte Buch von Hueppe verwiesen sei, sind folgende:

1) Die *Methode der fraktionirten Kultur* von Klebs. Dieselbe ist eine Modifikation der schon von Pasteur und Cohn angewandten Kulturmethoden. Sie stützt sich auf die Erfahrung, dass von zwei oder mehreren Spaltpilzen in einer Kultur mit der Zeit einer überwuchert. Klebs übertrug deshalb einen kleinen Theil (fractio) einer bakterienhaltigen Flüssigkeit in sterilisirte Nährlösung, von der hierin sich entwickelnden Kultur wieder einen kleinen Theil auf frische Nährlösung u. s. f., bis die mikroskopische Prüfung zeigte, dass eine Spaltpilzart nahezu rein vorhanden sei. Nach dieser Methode hat man es freilich nicht in der Hand, eine bestimmte gewünschte Art zu züchten.

2) Die *Verdünnungsmethode* von Lister und Nägeli gestattet das schon eher, vorausgesetzt, dass der gewünschte Spaltpilz in einem Gemische in überwiegender Menge vorhanden sei. Durch starke Verdünnung mit sterilisirtem Wasser und gehöriges Schütteln kann bewirkt werden, dass auf einen Tropfen der verdünnten Flüssigkeit etwa ein Individuum der gewünschten Art kommt. Beschickt man eine Reihe von Nährlösungen mit je einem Tropfen, so ist die Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass in die einzelne Lösung nur je *ein* Keim übertragen werde und eine Reinkultur entstehe. Will man aus einer bakterienhaltigen thierischen Substanz möglichst reines Aussaatmaterial erhalten, so zerreibt man Partikelchen davon in destillirtes Wasser und verdünnt so weit, bis man in einem Tropfen nur noch einen einzigen Keim vermuthet. Von dieser Flüssigkeit werden dann nach obiger Methode Kulturen angelegt.

3) Brefeld goss je einen Tropfen durch Erwärmen verflüssigter Nährgelatine auf eine Anzahl ausgeglühter Objektträger und ritzte die noch nicht völlig erstarrte Gelatine mit einer Nadel, deren Spitze in das bakterienhaltige Substrat getaucht worden war. Dann stellte er die so „geimpften" Gelatinen in eine „feuchte Kammer" und beobachtete deren Wachsthum. Die Erhaltung einer Reinkultur ist auch bei dieser Methode dem Zufall anheimgegeben.

4) R. Koch war es vorbehalten, „die Vortheile der beschriebenen Methoden derart zu vereinigen, dass durch diese Verbindung die allgemeinste und zugleich einfachste Methode sich ergab." Er verband die Vortheile des flüssigen Nährbodens für die Trennung der Keime mit dem Vortheile des festen Nährbodens für ihre Fixirung und mit demjenigen des durchsichtigen Nährbodens für ihre mikroskopische Beobachtung. Seine Methode besteht in Folgendem: Er verflüssigt die sterilisirte Nährgelatine im Reagensglase, bringt in dieselbe eine kleine Probe der zu untersuchenden Substanz und sucht die Keime in der flüssigen Masse durch Schütteln möglichst gleichmässig zu vertheilen. Hierauf wird die infizirte Gelatine auf eine sterilisirte kalte Glasplatte ausgegossen, wo sie erstarrt. Die auf der Glasplatte auf diese Weise isolirten Keime vermehren sich nun zu Kolonien, welche nur eine einzige Bakterienart enthalten. Selbst eine Infektion der Platte durch allfällig aus der Luft niederfallende Keime stört die Reinheit der Kulturen nicht, indem der niedergefallene Keim auch auf der Gelatine haftet und sich für sich entwickelt. Unter dem Mikroskope werden nun die Kolonien untersucht und aus den als rein erkannten kleine Partikelchen mit der Nadel weggenommen und auf Gelatine in Reagensgläschen übertragen, die man mit Watte verschliesst. Diese Methode, welche an Schärfe kaum etwas zu wünschen übrig lässt, hat noch den grossen Vortheil, *dass viele Bakterienarten aus ihrem Verhalten zum Substrat* (Verflüssigung desselben) *und aus der Art, wie sie sich in und auf demselben ausbreiten, schon von blossem Auge erkannt werden.*

Die Erfahrung zeigt, dass nicht alle Bakterien auf demselben Nährboden wachsen und sich vermehren; die Tuberkelbacillen z. B. gedeihen fast nur im Blutserum, welches Koch zum Zwecke ihrer Kultur auch in fester, sterilisirter Form

herstellte. Der Nährboden, auf welchem die meisten Bakterien gedeihen, besteht aus Fleischaufguss, dem etwas Salz, Pepton und Gelatine beigemischt ist. Diese Mischung hat aber den Nachtheil, dass sie sich schon bei 25° C. verflüssigt, so dass also für Bakterien, welche erst bei einer höhern Temperatur gedeihen, die Vortheile des festen Nährbodens verloren gehen. Koch hat jedoch ein Mittel gefunden, diesem Nachtheil zu steuern, indem er Agar-Agar-Gelatine [1] zusetzt, welche erst bei höhern Temperaturen schmilzt und auch von vielen die gewöhnliche Gelatine verflüssigenden Bakterien nicht flüssig gemacht wird.

Es leuchtet ein, dass nach dieser Methode die Frage der Zusammengehörigkeit verschiedener Wuchsformen, die Entwicklungsgeschichte der Bakterien ohne Unterbrechung unter dem Mikroskop studirt werden kann. Ebenso kann die Wirkung eines Spaltpilzes auf Thiere, denen er durch Inhalation oder durch Einführung in den Verdauungskanal oder durch Impfung beigebracht wird, genau nachgewiesen werden, indem eine Vermischung mit andern Spaltpilzen ausgeschlossen ist.

Es ist sehr begreiflich, dass sich die Untersuchungen der Bakteriologen und ganz besonders die Züchtungen und Untersuchungen Kochs im deutschen Gesundheitsamte nach seinen neuen vorzüglichen Methoden namentlich auf die parasitischen, im Menschen und in Thieren Krankheiten erzeugenden Bakterien richtete und dass dabei u. a. besonders zwei wichtige Fragen zu beantworten waren: die Frage, ob bei einer gewissen Krankheit ein ganz spezifisches Bakterium gefunden werde, und die, ob die in Reinkultur gezüchteten Bakterien diese Krankheit auch wieder hervorrufen, ob also der Spaltpilz als Krankheitserreger angesehen werden müsse. Derjenige Spaltpilz, welcher in diesen beiden Richtungen sowohl als hinsichtlich seiner Entwicklungsgeschichte am besten bekannt ist, ist der Milzbrandbacillus oder Bacillus Anthracis, dessen eingehendes Studium dadurch erleichtert wurde, dass er ein sogenannter fakultativer Schmarotzer ist, der sogar nur im saprophytischen Leben, also nicht im lebenden Organismus, zur Sporenbildung schreitet. Wir behandeln denselben daher hier als Beispiel etwas ausführlicher, auch schon deshalb, weil durch ihn der Streit zwischen Koch und Nägeli um das Vorhandensein oder nicht Vorhandensein

[1] Chiemsische, aus verschiedenen Meeresalgen bereitete Gelatine.

getrennter Arten von Spaltpilzen zu einem vorläufigen Austrag gekommen ist [1].

Die Milzbrandkrankheit befällt vorwiegend Säugethiere, besonders Pflanzenfresser: Nager und Wiederkäuer; sehr empfänglich zeigen sich u. a. Meerschweinchen und Kaninchen, welche deshalb gerne als Versuchsthiere verwendet werden; aber auch der Mensch und sogar fleischfressende Thiere sind der Ansteckung zugänglich. Der Milzbrand ist eine weit verbreitete Krankheit, tritt aber nach alter Erfahrung in gewissen Gegenden besonders häufig auf, u. a. in Ungarn und nach den Mittheilungen von Finsch und Brehm auch unter den Renthieren in Sibirien. Kleinere Thiere, wie Mäuse und Meerschweinchen, erliegen der Krankheit rasch, ohne bis zum Tode besonders auffallende Symptome zu zeigen. Bei grössern Thieren zeigt die Krankheit einen langsamern Verlauf unter heftigem Fieber und mit vorwiegend, jedoch nicht immer, tödtlichem Ausgang. Untersucht man ein milzbrandkrankes Thier kurz vor oder unmittelbar nach dem Tode, so findet man im Blute die Stäbchen des Bacillus Anthracis. Bei den Meerschweinchen fand De Bary die ganze Blutmasse von ihnen durchdrungen; jedes dem blossen Auge kaum sichtbare Blutströpfchen enthält dieselben. Dass die Stäbchen längere Zeit nach dem Tode mitunter angeblich weniger häufig sind, hat seinen Grund ohne allen Zweifel darin, dass sie von den Faserstoffgerinnseln eingeschlossen sind und deshalb übersehen wurden. Jene Faserstoffgerinnsel eignen sich übrigens vorzüglich zur Gewinnung von Kulturmaterial.

Die Stäbchen sind zuerst 1850 von Rayer entdeckt worden. Ihre causale Beziehung zum Milzbrand wurde zuerst 1863 von Davaine behauptet und ist derzeit unbestritten. Es ist bestimmt nachgewiesen, dass die Krankheit nur auftritt, wenn der Bacillus ins Blut gelangt ist; anderseits ist erwiesen, dass absichtliche Einführung des Bacillus oder seiner Sporen ins Blut die charakteristische Erkrankung immer zur Folge hat, und zwar kann die Einführung unmittelbar ins Blut oder, wenn es sich um Sporen handelt, mittelbar vom Darmkanal aus durch die unverletzte Darmschleimhaut geschehen, weil die Sporen wegen ihrer derben Haut durch den sauren Magensaft nicht leiden.

[1] Wir folgen dabei im Allgemeinen der trefflichen Darstellung von De Bary in eeinen „Vorlesungen über Bakterien".

In beiden Fällen ist es gleichgültig, ob das zur Infektion verwendete Material direkt von einem kranken Thiere oder aus einer Reinkultur stammt. Einmal ins Blut gelangt, wächst und vermehrt sich der Bacillus in der Stäbchenform und verbreitet sich theils durch das Wachsthum selbst, theils indem er von dem bewegten Blute fortgeschwemmt wird.

Da, wie schon angedeutet, der Milzbrandbacillus im lebenden Organismus nicht zur Sporenbildung schreitet, so entsteht die Frage, wie die Sporen in den Darmkanal gelangen. Die Antwort ist unschwer zu geben. Der Bacillus Anthracis kann, wie schon erwähnt, ausserhalb der Organismen leben und zwar können, wie Versuche lehren, sehr vielerlei organische Körper, nicht bloss solche thierischen Ursprungs, zu seiner Ernährung dienen, wie z. B. Kartoffeln, Rüben, Heuaufguss. Die günstigste Temperatur für die Sporenbildung ist 20—25° C., und da sie nur ausserhalb des lebenden Organismus stattfindet, so darf behauptet werden: der Milzbrandpilz ist in erster Linie Saprophyt, der aber zu der parasitischen Lebensweise befähigt ist.

Die Thatsache, dass der Milzbrand spontan gewöhnlich als Darmmilzbrand auftritt, zeigt, dass er in Sporenform in die Thiere eindringt und zwar auf demselben Wege, wie das vom Thiere aufgenommene Futter. Er muss also wohl von den Produktionsorten des Futters, von Wiesen- und Weidenplätzen herkommen, wo er auf den todten organischen Körpern, die sich daselbst immer finden, in den natürlichen *Heu- und Grasinfusionen*, die sich nach Ueberschwemmungen in steppenähnlichen Gegenden bilden können, befriedigende Lebensbedingungen, ja sogar die angemessene Temperatur zur Sporenbildung findet, letzteres wohl um so mehr, als seine Heimat Länder mit kontinentalem Klima, also mit heissen Sommern sind. Die Sporen brauchen aber, wie ebenfalls das Experiment gezeigt hat, zu ihrer Keimung gar nicht in lebende Thiere zu gelangen; sie können unbegrenzte Generationen ausserhalb desselben durchmachen und ruhig die Gelegenheit zur Einwanderung abwarten. Der Milzbrandbacillus *kann* aber aus dem kranken oder todten Thiere auch wieder zu der nicht parasitischen Lebensweise zurückkehren, indem er in demselben noch lange nach dessen Tode lebens- und wachsthumsfähig bleibt. Daraus ergibt sich, dass Leichname milzbrandkranker Wiederkäuer, welche nicht in der richtigen Weise desinfizirt werden, in Ländern, wohin die

Thiere in krankem oder angestecktem Zustande verkauft wurden, zu Milzbrandherden sich entwickeln. Die Verschleppung durch Nager, welche wir für den Milzbrand so empfänglich gefunden haben, entzieht sich natürlich der Kontrole. Dass auch eine Ansteckung von Thier zu Thier, aber nur direkt durch das Blut möglich und daher vielleicht nicht so häufig ist, als Manche glauben, ergibt sich aus dem Bisherigen von selbst. Ob Stechfliegen und Mücken bei dieser Uebertragung eine sehr wichtige Rolle spielen, dürfte noch näher untersucht werden.

Bevor wir zur Besprechung einiger für die Naturgeschichte der krankheitserzeugenden oder pathogenen Bakterien und besonders auch für den Streit um die Schutzpockenimpfung hochwichtiger Ergebnisse der Züchtung des Milzbrandbacillus übergehen, sei noch in aller Kürze seine Entwicklungsgeschichte mitgetheilt, wie sie uns aus den Beobachtungen an Reinkulturen bekannt ist. Bacillus Anthracis besteht aus zylindrischen Zellen von 1 — 1,5 μ Dicke und drei- bis vierfacher Länge. Im Blute der Thiere sind dieselben meist zu langen, geraden Stäbchen verbunden, welche nur bei sehr genauer Untersuchung die Gliederung in Einzelzellen erkennen lassen. Bei Kultur in todter Nährlösung wachsen diese heran zu sehr langen Fäden, welche vielfach geknickt erscheinen, Krümmungen und Schlingen bilden und meist in grosser Anzahl zu Bündeln oder Garben vereinigt und umeinander gedreht sind. Die Stäbchen oder Fäden sind ohne lokomotorische Bewegung[1]. Die Sporen bilden sich als *Endosporen* nach der früher schon geschilderten Weise. Die breit ellipsoïdische Spore liegt ungefähr in der Mitte der Mutterzelle, bis sie durch Quellung der Membran derselben frei wird. Bei der Keimung findet einfaches Längswachsthum der Spore, ohne Abhebung einer gesonderten Sporenhaut, statt, manchmal unter langsam schwankender Bewegung des jungen Keimstäbchens.

Die zur Erforschung der eben mitgetheilten morphologischen Thatsachen vorgenommenen Züchtungen haben nun die merkwürdige Thatsache zu Tage gefördert, dass die krankheitserregenden Eigenschaften des Milzbrandbacillus unter gewissen Lebensbedingungen gradweise abgeschwächt werden, und zwar bis zur völligen Unschädlichkeit selbst für die empfänglichsten Versuchsthiere. Dies geschieht, wenn man den Bacillus in

[1] Siehe weiter unten eine Ausnahme.

neutraler Nährlösung, Fleischbrühe, besonders Hühnerbouillon, unter reichlichem Sauerstoffzutritt bei 42—43° C. kultivirt. Das Ende solcher Kultur besteht in gänzlichem Absterben des Bacillus, welches ungefähr nach einem Monat eintritt. Dabei behält der Bacillus seine äussern Merkmale bei; nur tritt Sporenbildung weniger oder gar nicht ein.

Bacillen jeglichen Abschwächungsgrades, welche bei 42 bis 43° C. gezüchtet worden sind, können wieder unter den normalen Lebensbedingungen weiter gezüchtet werden und bilden normale Sporen. Sie behalten aber, auch wenn sie aus Sporen gezogen werden, in der Regel den erreichten Grad der Abschwächung bei. Ist die Abschwächung hingegen bei 47—50° erfolgt, so erlangen sie in normaler Kultur ihre schädlichen Eigenschaften rasch wieder.

Buchner, ein Schüler Nägelis, und Andere haben, indem sie den Milzbrandbacillus in Nährlösungen (z. B. Fleischextrakt mit Zucker und Pepton) unter reichlichem Sauerstoffzutritt bei 35—37° C. durch mehrere Generationen hindurch züchteten, folgende merkwürdige Ergebnisse erhalten: die Schädlichkeit des Bacillus wurde auch bei dieser Kultur abgeschwächt; dabei aber nahm er noch andere, neue Eigenschaften an. Die Stäbchen zeigen eine, wenn auch nicht sehr lebhafte Beweglichkeit. Ferner bildet der Bacillus in dieser Form nicht nur, wie der normale B. Anthracis es thut, Flocken am Boden der klar darüber stehenden Nährlösung, sondern er steigt in dieser auf, trübt sie und bildet an der Oberfläche dickliche, schmutzigweisse Decken von schleimiger Beschaffenheit. Dabei sind die Stäbchen zur Zeit der Sporenbildung nicht zu den oben beschriebenen langen Fäden des normalen Milzbrandbacillus vereinigt.

Alle diese Eigenschaften geben dieser Kulturform des Milzbrandbacillus eine auffallende Aehnlichkeit mit einem andern, schon mehrerwähnten Bacillus, dem Heubacillus (B. subtilis). Dieser ist ein sehr verbreiteter Spaltpilz, indem er überall auf den oberirdischen Theilen lebender und todter Pflanzen anzutreffen ist und daher namentlich auch auf dem Heu vorkommt. Deshalb wird er von den herbivoren Thieren massenhaft verschluckt und findet sich reichlich in ihren Exkrementen. In Heuaufgüssen entwickelt er sich sehr reichlich und bildet an der Oberfläche derselben eine Haut. Er hat, wie schon

angedeutet, in seiner vegetativen Form wie in der Art seiner Sporenbildung eine bedeutende Aehnlichkeit mit dem Milzbrandpilz, B. Anthracis. Er unterscheidet sich aber von dem *normalen* Milzbrandpilz durch verschiedene Merkmale von nicht zu unterschätzender Bedeutung; einmal durch die Bewegungsfähigkeit und die damit zusammenhängende Eigenschaft, vom Boden der Flüssigkeit aufzusteigen, dieselbe zu trüben und schliesslich an ihrer Oberfläche eine Haut zu bilden; dann aber auch durch die Art der Keimung der Sporen, die nicht, wie bei B. Anthracis, durch einfaches Längenwachsthum, sondern in der Weise vor sich geht, dass die Sporenhaut einen Querriss erhält, durch welchen dann der Sporeninhalt herauswächst, so dass also die Längsachse des entstehenden Stäbchens senkrecht steht zur Längsachse der Spore. Dieses letztere Merkmal vollständig missachtend, behauptete Buchner, in der oben beschriebenen, dem Heubacillus ähnlichen Form des Milzbrandpilzes echten Heubacillus vor sich zu haben, welchen er aus dem krankheitserregenden Milzbrandbacillus umgezüchtet habe. Um seine Behauptung noch besser zu stützen, versuchte er, echten Heubacillus durch Kultur in verschiedenen Eiweisslösungen in krankheitserregenden Milzbrandbacillus umzuzüchten. Die mit dem erhaltenen Produkte gemachten Impfversuche fielen aber grösstentheils negativ aus; selbst die als gelungen ausgegebenen sind nicht über allen Zweifel erhaben, schon deshalb nicht, weil die angewandte Züchtungsmethode nicht dieselbe Gewähr für absolute Reinkultur bietet, wie die Koch'sche. So muss also vorläufig aus morphologischen und biologischen Gründen an der Artverschiedenheit des Heubacillus und des Milzbrandbacillus im Besondern und an dem Vorhandensein streng geschiedener Bakterienarten im Allgemeinen festgehalten werden.

Die durch die beschriebene Kulturmethode in ihren krankheitserregenden Eigenschaften abgeschwächten Milzbrandbacillen sind vielfach mit Erfolg zu Schutzimpfungen gegen den ungeschwächten Bacillus angewendet worden. Impft man ein Thier mit dem für dasselbe bis zu einem gewissen Grade abgeschwächten Bacillus, so erkrankt es leicht und übersteht die Krankheit. Es widersteht dann nachher der Infektion mit minder abgeschwächten und bei der nächsten Impfung auch derjenigen mit normalen Milzbrandbacillen. Sind nun auch, wie speziell Koch und seine Schüler hervorheben, diese Versuche noch nicht

so weit gediehen, dass darauf schon eine eigentliche Impfpraxis gegründet werden könnte, so sind sie doch von hohem wissenschaftlichem Interesse, besonders auch für die Frage der Schutzpockenimpfung. Gelänge es einmal, die Pockenbacillen in morphologischer und physiologischer Hinsicht so genau kennen zu lernen, wie die Milzbrandbacillen, von denselben Reinkulturen zu ziehen und solches Material zu Schutzpockenimpfuugen zu verwenden, so wäre den Impfgegnern eines der stärksten Argumente, die Furcht vor gleichzeitiger Infektion mit andern Krankheiten, aus der Hand gewunden. Die Lösung dieser Aufgabe wird allerdings dadurch erschwert, dass vielleicht der Pockenbacillus (wie auch der Tuberkulosenbacillus) ein ausschliesslicher Parasit ist.

III. Die wichtigsten Arten der Bakterien.

Nachdem im Vorstehenden die wichtigsten Thatsachen aus der Naturgeschichte der Bakterien im Allgemeinen zusammengestellt und an einer Anzahl von Beispielen die Methoden der Bakterienforschung und die Bedeutung derselben für die Wissenschaft und das praktische Leben dargelegt worden, bleibt noch übrig, die für den Menschen wichtigsten Bakterienarten in Kürze zu beschreiben. Wir beginnen mit einigen

Saprophyten, d. h. Bakterien, die nicht auf lebenden Organismen schmarotzen. Der Fäulnisserreger und Wundinfektionspilze ist schon ausführlich gedacht worden, ebenso der sogen. Schleimgährungen; es bleiben daher noch einige wichtige Gährungspilze zu besprechen. Unter ihnen befinden sich solche, welche dem Menschen von grossem Nutzen sind, so z. B. der Pilz der *Essigmutter (Bacterium aceti,* früher *Mycoderma aceti).* Die Essigmutter besteht gewöhnlich aus zylindrischen Zellen, welche nicht viel länger als breit sind und zirka 1,5 μ Durchmesser haben. Sie vermehren sich durch den schon beschriebenen Theilungsprozess und bleiben oft zu längern Fadenreihen verbunden. Die Zellhaut ist auch gallertartig und gibt der ganzen Masse eine schleimige Beschaffenheit. Mit den Zellen von der beschriebenen Gestalt wechseln manchmal breitere, blasig aufgetriebene oder etwas spindelförmige Zellen ab, deren Bedeutung noch nicht sicher erkannt ist. In einer Nährlösung, welche sauer reagirt und einige Prozent Alkohol enthält, wird durch diese

Bakterien, am besten bei einer Temperatur von 30—40° C., unter Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft, der Alkohol zu Essig reduzirt. Die Essigbereitung im Kleinen und im Grossen beruht auf dem eben beschriebenen Vorgange; wenn alkoholige Getränke sauer werden, einen „Stich“ bekommen, ist stets B. aceti daran schuld. Beiläufig sei hier bemerkt, dass die bekannte Methode des Pasteurisirens des Weines (Erhitzen auf 60° C. unter Luftabschluss) nichts anderes ist als eine Methode der *Sterilisation* zum Schutz gegen das Lang- und Sauerwerden und andere Infektionskrankheiten.

Der Essigmutterpilz ist aber nicht nur Essigbildner, er kann auch zum Essigverderber werden. Wenn aller Alkohol zu Essig oxydirt ist, kann die Essigmutter weiter wachsen und die Essigsäure zu Kohlensäure und Wasser oxydiren, ein Vorgang, der bei der Essigbereitung im Hause nicht selten eintritt.

Ein dem Essigmutterpilz ähnliches Bakterium ist dasjenige der *Milchsäuregährung, Micrococcus lacticus.* Setzt man einer gährfähigen Lösung, z. B. einer Lösung von Milch-, Rohr- oder Traubenzucker saure Milch oder Käse zu und hält die Flüssigkeit unter Luftzutritt bei 25—30°, so tritt eine Spaltung des Zuckers in Milchsäure ein:

$$C_6 H_{12} O_6 = 2\, C_3 H_6 O_3.$$

Soll diese Gährung nicht bald durch zu saure Beschaffenheit der Flüssigkeit unterbrochen werden, so muss zur Bindung der freien Milchsäure etwas Kreide oder Zinkweiss zugesetzt werden. Pasteur hat zuerst gezeigt, dass mit dem Käse oder der Sauermilch ein Bakterium eingeführt wird, welches in der Flüssigkeit, namentlich im Bodensatze, vegetirt und als Gährungserreger wirkt. Dieses Bakterium[1] besteht aus zylindrischen Zellchen von nur 0,5 μ Querdurchmesser, die nach den Theilungen nur selten zu kurzen Reihen verbunden bleiben. Nach dem, was früher über die Verbreitung der Bakterienkeime in der Luft gesagt worden ist, darf wohl erwartet werden, dass in der Milch, nicht zwar, wenn sie aus der Milchdrüse fliesst, aber wenn sie in den Verkehr kommt, der Micrococcus lacticus immer enthalten ist und unter günstigen Umständen die Milchsäure-

[1] Aus neuern Forschungen geht hervor, dass sowohl die Essigbildung, als die Milchsäuregährung durch mehrere Bakterien hervorgerufen werden.

gährung bewirkt, die, wenn sie weit genug vorgeschritten ist, die Gerinnung der Milch zur Folge hat. Aufbewahrung der Milch an einem recht kalten Orte, Kochen derselben mit nachherigem Luftabschluss, Waschen der Milchgefässe mit kochendem, nicht bloss warmem Wasser sind Schutzmittel gegen die Gährung. Das Sauerwerden der Gemüse und die Bereitung des Sauerkrautes beruhen auch auf der Milchsäuregährung.

Es sei hier noch auf eine interessante Veränderung der Milch hingewiesen, welche in neuester Zeit zu Heilzwecken eine gewisse Bedeutung erlangt hat — die *Kephirbereitung.* Kephir ist eine flüssige, moussirende, etwas alkoholhaltige [1] Sauermilch, welche die Bewohner des Kaukasus aus Kuh-, Ziegen- oder Schafmilch bereiten. Die Herstellung des Getränkes erfolgt dadurch, dass der Milch die sogen. *Kephirkörner* zugesetzt werden. Die Kephirkörner sind in frischem Zustande etwa wallnussgrosse, weisse Körper von unregelmässiger, rundlicher Form, stumpfhöckerig gefurchter, blumenkohlähnlicher Oberfläche und zäh gelatinöser Konsistenz; durch Eintrocknen werden sie gelblich und knorpelig spröde. Sie bestehen der Hauptmasse nach aus einem stabförmigen Bakterium, Dispora caucasica, dessen Stäbchen zu Fäden verbunden sind, die eng durcheinandergeflochten und mittelst ihrer zähen Gallerthäute fest vereinigt sind; es sind also Zooglöen. Neben den Bakterien finden sich aber, besonders in der Nähe der Oberfläche des Kephirkornes, noch zahlreiche Gruppen eines bierhefeähnlichen Sprosspilzes, welcher mit dem Bakterium gemeinsam wächst (eine Art Symbiose). — „Zur Bereitung von Kephir werden nur lebende, völlig durchfeuchtete Körner mit frischer Milch angesetzt und bleiben, durch lockern Verschluss gegen Staub geschützt, 24 Stunden lang bei Zimmertemperatur stehen. Das Gemenge wird öfters geschüttelt. Nachher wird die „Gährmilch" von den Körnern (welche von neuem gebraucht werden können) abgegossen, mit doppelt so viel frischer Milch gemengt, in Flaschen gefüllt und gut verkorkt; nach einem bis mehreren Tagen ist dann die moussirende Sauermilch fertig." — Den Vorgang erklärt man sich folgendermassen: Die den Kephirkörnern zufällig anhaftenden oder in der Milch schon vorhandenen Milchsäurebakterien bewirken die Spaltung eines Theils des Milchzuckers in

[1] Nach De Bary's Untersuchungen weniger als 1%, nach andern Angaben 1—2%.

Milchsäure. Ein anderer Theil des Milchzuckers wird durch das Bakterium des Kephirkorns invertirt, in gährungsfähige Zuckerarten verwandelt, welche dann durch den Sprosspilz des Kornes in alkoholische Gährung versetzt werden. Drei Fermentorganismen wären also nach dieser Erklärung bei der Kephirbereitung mindestens bethätigt. Der Ursprung der Kephirkörner ist nicht weiter zurückverfolgt als bis in die ledernen Milchschläuche der Kaukasusbewohner. Von dort kommen sie in getrocknetem Zustande, viele freilich auch todt, zu uns und müssen dann wieder aufgeweicht werden.

Wenden wir uns schliesslich noch zu einem dritten, theils schädlichen, theils technisch äusserst wichtigen Gährungsbakterium, dem *Buttersäuregährungspilz,* Bacillus Amylobacter van Tieghem, Clostridium butyricum Prazmowski. Derselbe ist ein gegen 1 μ dicker, gewöhnlich in Form schlank zylindrischer, lebhaft beweglicher Stäbchen auftretender Bacillus. Er ist leicht kenntlich daran, dass die sporenbildenden Zellen zu Spindelform anschwellen und dann innerhalb des weitest angeschwollenen Theils eine ovale Spore bilden. Nach seiner Lebensweise gehört der Buttersäurebacillus zu denjenigen Bakterien, welche den Sauerstoff der Luft entbehren können. Er ist der Haupterreger derjenigen Gährung, bei welcher die Buttersäure als Hauptprodukt auftritt. Diese Buttersäuregährung spielt bekanntlich beim „Reifen" des Käses eine wesentliche Rolle.

So sehen wir eine Anzahl saprophyitscher Bakterien bald helfend, bald zerstörend in den Haushalt und die Gewerbe des Menschen eingreifen; ja, nach den Untersuchungen von Schlössing und Münz spielen gewisse Bakterien sogar eine wichtige Rolle bei der Bildung von salpetersauren Salzen aus Ammoniakverbindungen, wie wir sie in der Natur vielfach, z. B. unter Ställen, beobachten können. — Als Uebergang zu den eigentlich

parasitischen Bakterien mag uns eine der ziemlich zahlreichen Formen dienen, welche auf der Mundschleimhaut sich vorfinden, nämlich *Leptothrix buccalis* Robin. Es sind lange, straffe Fäden, zu dichten Bündeln verklebt, leicht der Quere nach in Stücke zertrennbar, von ungleicher Dicke, die stärkern mit einem Querdurchmesser von über 1 μ. Diese (nebst vielleicht noch andern) Spezies ist nach Millers Untersuchungen die Ursache des Hohlwerdens der Zähne, indem sie in Schmelz und Zahnbein eindringt und dieses sammt der Pulpa („Nerv") allmälig durch-

wuchert und zerstört. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass die Bakterien in den ganz unverletzten Zahn nicht eindringen, sondern dass eine Lösung der oberflächlichen Kalkschichten durch Säurebildung im Munde vorausgehen muss, ein nicht zu verachtender Wink für die Mundpflege, besonders der Kinder.

Von den eigentlichen parasitischen, krankheitserzeugenden Bakterien ist der Milzbrandbacillus als Beispiel einlässlich besprochen worden. Eine etwelchermassen vollständige Behandlung der krankheiterregenden Bakterien muss hier unterbleiben und es können nur einige der allerwichtigsten Vertreter in Kürze besprochen werden. Zuvor noch einige allgemeine Bemerkungen.

Als Infektionskrankheiten pflegt man solche Krankheiten zu bezeichnen, welche entweder entstehen durch Uebertragung von einer an der betreffenden Krankheit leidenden Person auf eine andere, oder deren Entstehen auf Gegenden von bestimmter Qualität beschränkt ist. Erstere nennt man contagiöse oder ansteckende, letztere miasmatische Krankheiten. Im Milzbrand haben wir eine Krankheit kennen gelernt, welche als contagiös-miasmatisch bezeichnet werden könnte. Krankheiten, wie die Krätze und die Trichinose, können wir aus praktischen Gründen als parasitäre im engern Sinne von den Infektionskrankheiten scheiden. Von dem Begriffe der Ansteckung sollte derjenige der Erblichkeit, d. h. der Uebertragbarkeit von den Eltern auf die Kinder auf dem Wege der Zeugung, strenger, als es gewöhnlich geschieht, unterschieden werden.

Dass es ansteckende (miasmatische und contagiöse) Krankheiten gibt, ist eine längst bekannte Erfahrungsthatsache. Dass die Infektion durch einen bestimmten Stoff geschehe, nahm man allgemein an. Ueber das Wesen desselben war man jedoch lange im Unklaren. Gerne dachte man an gasförmige Stoffe, an „übelriechende, schädliche Dünste", eine naheliegende Vermuthung, weil häufig da, wo Gelegenheit zum Befallenwerden von fraglichen Krankheiten vorhanden war, auch jene „Dünste" sich bemerkbar machten. Längst sprachen Einzelne freilich auch schon von lebenden Ansteckungsstoffen, von einem „Contagium vivum"; doch hat erst Henle 1840 klar und scharf entwickelt, *dass und warum man die bis dahin unsichtbaren Contagien als lebende Organismen betrachten müsse.* „Die Contagien haben die nur von Lebewesen bekannte Eigenschaft,

unter geeigneten Bedingungen zu wachsen und sich zu vermehren auf Kosten anderer als ihrer eigenen Substanz, jene Substanz also zu assimiliren. Die jedenfalls minimale Menge Contagium, welche Einen bei flüchtigem Besuch eines Patienten ansteckt, kann sich im Körper des Angesteckten ungeheuer vermehren, denn dieser vermag eine unbegrenzte Zahl Gesunder wiederum anzustecken. Wenn nun aber die Contagien die charakteristischen Eigenschaften der Lebewesen besitzen, so liegt kein Grund vor, sie nicht für solche zu halten.“ Henles scharfsinnige Darlegungen fanden freilich zunächst auf dem Gebiete der thierischen Pathologie nicht die verdiente Beachtung. Erst nachdem die infektiösen Pflanzenkrankheiten auf Parasiten als auf ihre Erreger zurückgeführt und die meisten Pflanzenkrankheiten überhaupt als parasitäre nachgewiesen worden waren, nachdem Pasteur seine vitalistische Gährungstheorie aufgestellt und durch seine Versuche begründet, nachdem Davaine die Stäbchen im Milzbrandblute als Erreger des Milzbrandes erkannt hatte, kam Henles Anschauung zu Ehren. Dank den seit den siebenziger Jahren unternommenen, in vorliegender Arbeit skizzirten Forschungen kommt heute der auf der Höhe der Zeit stehende Pathologe, in vielen Fällen wenigstens, nicht mehr in Verlegenheit, wenn ein Ungläubiger an ihn herantritt mit der Forderung: „Zeige mir dein Contagium vivum!“

Sind nun aber die Infektionsstoffe Organismen, speziell Bakterien, wie für den Milzbrand und eine Anzahl anderer Krankheiten besonders durch die Impfungen mit Reinkulturen nachgewiesen ist, so liegt die Behauptung nahe, dass eine Infektionskrankheit überhaupt *nur* durch Infektion und nicht spontan entstehe. Dass äussere Bedingung und die Disposition des Befallenen eine grosse Rolle spielen können, bleibt dabei nicht ausgeschlossen.

Vieles bleibt auf dem Gebiete der Bakteriologie überhaupt und in der Erforschung der krankheiterzeugenden Organismen im Besondern noch zu thun. Das vergessen diejenigen, welche gleich ungeduldig werden oder spöttisch die Achsel zucken, wenn der Entdeckung eines Krankheitserregers nicht gleich ein unfehlbares Recept zur Heilung oder gar vollständigen Ausrottung der Krankheit auf dem Fusse folgt. Die Hoffnung, dass aus einer immer genauern Erforschung der Natur und der Lebensbedingungen der Bakterien auch werthvolle Mittel zur

Bekämpfung derselben durch Hygieine und Therapie sich ergeben werden, ist gewiss eine berechtigte. Inzwischen wird auch der schwärzeste Pessimist zugeben müssen, dass wir schon jetzt allerwenigstens nicht schlimmer daran sind, als vor der Zeit der grossen Entdeckungen im Reiche des Kleinen.

Als typischer Vertreter der rein miasmatischen Krankheiten kann das *Malariafieber*, febris intermittens, gelten. Die Infektion ist gebunden an bestimmte Gegenden mit sumpfigem Boden, stagnirendem Wasser. Ansteckung von Person zu Person findet unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht statt. Man ist daher zu der Annahme gezwungen, dass im Boden und im Wasser der Malariagegend ein Ansteckungsorganismus vorhanden sei. Klebs und Tommaso Crudeli haben Bodenproben und Wasser ausgezeichneter Malariagegenden untersucht und darin reichlich Bakterien gefunden, speziell eine fadenbildende Form, welche sie Bacillus malariae nennen. Sie haben durch Injektion solcher Proben, sowie von Kulturmaterial an Thieren Symptome von Malariafieber hervorgerufen. Andere haben dann im Blute aus der Haut, den Venen der Milz malariakranker Menschen Bakterienformen gefunden. Ist dadurch die an und für sich schon wahrscheinliche Entstehung des Malariafiebers durch ein Bakterium noch wahrscheinlicher gemacht, so ist hingegen die Frage nach der Natur des Contagium vivum noch nicht streng beantwortet.

Auch die Erforschung des Bacillus des *Abdominaltyphus* kann noch nicht als völlig abgeschlossen betrachtet werden. Derselbe ist eine ausgesprochen miasmatische, manchmal auch contagiös werdende Infektionskrankheit. Causale Beziehungen zwischen seinem Auftreten und gewissen Oertlichkeiten, dem Genuss verunreinigten Wassers sind seit lange angenommen und durch verschiedene Epidemien auch in einigen Schweizerstädten erwiesen. Die Annahme eines fakultativ parasitischen Bacillus ist daher auch hier unabweislich. Nachdem das Suchen nach demselben anfänglich Resultate von zweifelhaftem Werthe ergeben hatte, hat Gaffky im deutschen Reichsgesundheitsamt neue sorgfältige Untersuchungen angestellt und in den innern drüsigen Organen, Milz, Leber, Nieren, von Typhusleichen als nahezu konstante Erscheinung einen wohl charakterisirten, *endosporen* [1] Bacillus gefunden. Derselbe wurde auf Gelatine,

[1] Vgl. Milzbrandbacillus.

Blutserum, Kartoffeln an der Luft mit Erfolg gezüchtet. Infektionsversuche an Thieren sind freilich bisher noch nicht gelungen; ebensowenig hat bisher ein spontanes Vorkommen ausserhalb des Organismus, also z. B. in Trinkwasser, nachgewiesen werden können. Trotzdem spricht obiges, nahezu als „Reinkultur“ auftretendes Vorkommen sehr dafür, dass wir diesen Bacillus als Erreger des Abdominaltyphus anzusehen haben.

Besser steht es mit unserer Kenntniss der Ursache des *Rückfalltyphus, Febris recurrens,* einer in Asien und Afrika verbreiteten, in Europa, in russisch Polen und Irland endemischen, nach andern europäischen Ländern zuweilen verschleppten Krankheit. Sie ist ansteckend von Person zu Person oder durch Vermittlung von Gebrauchsgegenständen. Fünf bis sieben Tage nach erfolgter Ansteckung stellt sich heftiges Fieber ein, welches meist ebenfalls fünf bis sieben Tage dauert, worauf eine ebenso lange fieberfreie Zeit folgt. Der gleiche Wechsel kann sich mehrmals wiederholen, mit schliesslich meist günstigem Ausgang. Während des Fieberanfalls findet sich im Blute des Patienten ein zartes Spirillum, 1873 von Obermeyer entdeckt und nach ihm Spirochaete Obermeyeri genannt. Impfversuche mit spirochaetehaltigem Blute rufen auf Menschen und Affen den Rückfalltyphus hervor und es darf als erwiesen angenommen werden, dass die Spirochaete das Contagium desselben ist, wenn auch die Lebensgeschichte desselben und ganz besonders das Verbeilben während der fieberfreien Zeit noch dunkel ist.

Am meisten hat in den letzten Jahren die *asiatische Cholera* bei Anlass der in verschiedenen Gegenden Südeuropae aufgetretenen Epidemien von sich reden gemacht. Die Controversen über dieselbe sind jetzt noch nicht geschlossen. Englische Aerzte, an ihrer Spitze Cuningham, ein hochgestellter Medizinalbeamter Indiens, nehmen an, dass die Cholera eine rein miasmatische Krankheit sei und dass der sie erzeugende Giftstoff sich nicht nur in den Reisfeldern Bengalens, sondern unter günstigen Umständen in den verschiedensten Ländern der Erde bilden könne. Dem gegenüber steht die deutsche Wissenschaft, welche die Entstehung einer jeden Choleraepidemie nach Asien verlegt, indem sie annimmt, dass nur in Indien die Momente sich zusammenfinden, welche eine ununterbrochene Entwicklung des Choleracontagiums ermöglichen, während dasselbe unter günstigen Umständen in unserm Klima meist nur einen Winter

überstehe, dann aber abzusterben oder wenigstens seine Infektionskraft zu verlieren scheine. Bis hieher stimmen die meisten Forscher, mit Ausnahme der englischen, überein. Dann aber trennen sich ihre Wege und führen in zwei Lager, in denen Pettenkofer und Koch die Heerführer sind. Während der erstere die Ansicht vertritt, dass der vom Cholerakranken abgesonderte oder durch den Verkehr verschleppte Mikroorganismus noch kein fertiger Infektionsstoff sei, sondern zu seiner Reife noch anderer Momente bedürfe, welche Zeit und Ort (Boden) ihm gewähren müssen, ist Koch der Ansicht, dass der von ihm entdeckte, im Darminhalt der Cholerakranken wachsende und mit demselben entleerte Kommabacillus die *fertige,* infektiöse Ursache der Cholera sei. Es wäre interessant, an Hand des reichen Materials die Beobachtungen und die scharfsinnigen Argumentationen der englischen Aerzte, Pettenkofers und Kochs einander gegenüber zu stellen; das würde jedoch hier zu weit führen. Zudem hat der Standpunkt Kochs durch dessen sorgfältige Untersuchungen und ihre neuesten Ergebnisse so viel an Wahrscheinlichkeit gewonnen, dass es genügen mag, die Koch'schen Forschungen und ihre Resultate in gedrängter Kürze zu skizziren.

Koch hat jedenfalls den richtigen Weg eingeschlagen, indem er des Choleracontagiums in der Heimat der Seuche habhaft zu werden suchte, während er die Frage nach der Art ihrer Verbreitung an den europäischen Epidemien studirt wissen will.

Mit einer gründlichen Kenntniss der bakteriologischen Fragen und mit einer vorzüglichen Beobachtungsgabe ausgerüstet, begab sich Koch 1883 nach Aegypten und dann nach Indien, der ständigen Choleraheimat, und brachte die Kenntniss einer bestimmt charakterisirten Bakteriumform zurück, welche sich im Darm frischer Cholerafälle oft, manchmal in Menge fast rein findet, einmal auch in einem Wassertümpel eines Choleradistriktes beobachtet wurde. Der Organismus, um den es sich handelt und in welchem Koch den Erreger der indischen Seuche vermuthete, ist unter dem Namen *Kommabacillus* allbekannt geworden. Es sind 0,8—2 μ lange, bogig gekrümmte, bewegliche Einzelstäbchen. Dieselben finden sich im Darmschleim, auch wohl oberflächlich in der Schleimhaut des Darms, nicht aber im Blut oder in den Geweben anderer Organe. Koch machte sich sofort an die Kultur derselben, und es zeigte sich,

dass sie auf allen gebräuchlichen Nährböden zur Entwicklung kommen, sogar im Schmutzwasser, und dass sie im gewöhnlichen Trinkwasser tagelang ihr Leben fristen können. Sie bedürfen zu ihrer Entwicklung der Zufuhr von Sauerstoff und einer Temperatur von 16—40° C.; besonders gut gedeihen sie bei 37°, der Temperatur des menschlichen Darmes. Bei Temperaturen über 65° sterben sie ab, so dass es also nicht schwer scheint, infizirte Gegenstände durch Hitze zu desinfiziren. In neutralisirter Fleischbrühe bilden sie leicht Spirillen oder Schraubenformen. Auf Fleischpeptongelatine zeigen sich charakteristische Entwicklungsformen ihrer Kulturen, welche gestatten, sie von allen bisher bekannten ähnlichen Formen leicht zu unterscheiden [1].

Nachdem Koch die Kommabacillen morphologisch bestimmt und in Reinkulturen gezüchtet hatte, machte er längere Zeit vergebliche Infektionsversuche an Thieren. Dieser Misserfolg und der Umstand, dass Lewis im „Kommabacillus" der Mundschleimhaut denselben Organismus entdeckt haben wollte (eine Behauptung, die sich bei näherm Studium, besonders der Gelatine-Kulturen, bald als unrichtig erwies), liessen bedeutende Zweifel an der Wichtigkeit der Koch'schen Entdeckung aufkommen. Koch selbst, obschon er an der Richtigkeit seiner Anschauung festhielt, glaubte wenigstens schon, die *Thiere* für unempfänglich halten zu müssen. Bald bewiesen jedoch neue Versuche das Gegentheil. Rietsch und Nicati injicirten nach Unterbindung des Gallengangs Reinkulturen von Kommabacillen in den Zwölffingerdarm von Hunden und Meerschweinchen und die Thiere erkrankten an choleraähnlichen Zuständen. Bald gelangen diese Versuche auch im Reichsgesundheitsamte, sogar auch solche, bei denen die Kommabacillen den Meerschweinchen *nach Neutralisirung des Mageninhaltes* auf dem gewöhnlichen Wege beigebracht wurden, eine Thatsache, welche der längst gehegten Ansicht zur Stütze gereicht, dass es sehr wichtig sei, zur Zeit einer Choleraepidemie sich durch geeignete Diät möglichst vor Magendarmkatarrh zu schützen.

Nachdem in neuester Zeit, wie mündlich mitgetheilt wird, ein junger Forscher, der in Kochs Laboratorium mit Cholerabacillen arbeitete, unter allen Symptomen der asiatischen Cholera

[1] Nähere interessante Details hierüber u. A. bei „Mittenzweig, die Bakterienätiologie der Infektionskrankheiten".

erkrankt ist, bleibt kaum mehr ein gerechtfertigter Zweifel übrig, dass der Kommabacillus wirklich der Träger der Cholerainfektion sei.

Weniger furoremachend, aber nicht weniger bedeutungsvoll, wo nicht wichtiger, ist Kochs Entdeckung des *Tuberkulosebacillus*. Die Tuberculosis ist benannt nach einer für sie charakteristischen Neubildung oder Entartung, welche in Form von *Knötchen, Tuberkeln*, im Gewebe der befallenen Organe sich zeigt. Am bekanntesten ist die Tuberkulose der Lungen, die Lungenschwindsucht, welcher so manches junge Leben erbarmungslos zum Opfer fällt. Die Tuberkulose kann aber auch in zahlreichen andern Organen, besonders in den Lymph- und andern Drüsen auftreten.

Man nahm sonst allgemein an, dass die Tuberkulose wesentlich durch Vererbung im eigentlichen Sinne sich verbreite; doch sprachen viele Beobachtungen verständiger Laien und gebildeter Aerzte dafür, dass die Lungenschwindsucht auch durch Ansteckung von Person zu Person übertragen werden könne. Versuche hatten dargethan, dass der käsige Eiter tuberkulöser Prozesse durch Einführung in die vordere Augenkammer oder in die Bauchhöhle lebender Thiere diese tuberkulös macht. Die Tuberkulose kommt überhaupt bei einer ganzen Anzahl von Thieren vor, besonders bei den meisten unserer Hausthiere. Die Tuberkulose des Rindes, das für dieselbe ziemlich empfänglich ist, wird als Perlsucht bezeichnet.

In den frischen Tuberkeln wies nun Koch einen stabförmigen Bacillus nach. Derselbe ist in den Tuberkeln, sowie im Auswurf Schwindsüchtiger stets zu finden. Es sind kleine unbewegliche, etwas biegsame Stäbchen von 1,5—3,5 μ Länge und sehr geringer Breite. Ihr eigenthümliches Verhalten gegen Anilinfarbstoffe gibt zu ihrer leichtern Auffindung ein bequemes Mittel an die Hand. Im Gegensatz zu den allermeisten bekannten übrigen Bakterien nimmt der Tuberkulosebacillus alkalische Methylenblaulösung oder Lösung von Methylviolett erst nach mehrstündiger Einwirkung und bei Erwärmung auf, hält dann aber die Färbung fest, wenn jene andern z. B. durch verdünnte Salpetersäure rasch entfärbt werden. Einzelne Bacillen sind immer sporenhaltig. Ein sporenhaltiger Bacillus gleicht nach der Färbung einem dunkeln, durch helle, eiförmige Räume unterbrochenen Fädchen.

Es ist auch gelungen, von den Tuberkelbacillen Kulturen zu erhalten, auf denen dieselben sogar zur Sporenbildung schreiten. Doch sind es nur ganz wenige Nährböden, welche ihnen zusagen: erstarrtes oder flüssiges Blutserum oder Fleischpeptongelatine. Er bleibt auch auf erstarrtem Blutserum stets an der Oberfläche, ohne das Substrat zu verflüchtigen und bildet wenig ausgedehnte trockene Schüppchen. Die Grenztemperaturen für das Wachsthum sind 28° und 42° C., das Temperaturoptimum liegt bei 37°—38° C. Das Wachsthum ist ein sehr langsames. Angesichts dieser Thatsachen darf der Tuberkelbacillus, obschon seine Kultur möglich ist, doch als ein obligater Parasit bezeichnet werden, wie der Bacillus des Rückfalltyphus; denn die Bedingungen, unter welchen er ausserhalb des lebenden Organismus vegetirt, dürften sich, wie Koch richtig bemerkt, kaum anderswo als in besonders zur Kultur hergerichteten Apparaten finden.

Dass der Tuberkelbacillus die Ursache und zwar die einzige Ursache der Tuberculosis ist, darf als eine erwiesene Thatsache betrachtet werden, in dem Sinne, in welchem auf dem Gebiete der organischen Wissenschaften von einem Beweise überhaupt die Rede sein kann. Koch hat nicht nur die Impfung mit käsigen Tuberkelmassen aus der Lunge von Schwindsüchtigen, aus skrophulösen Drüsen etc., wobei er stets das Impfmaterial auf seinen Bacillengehalt prüfte, wiederholt und dabei dieselben Erfolge erzielt, wie seine Vorgänger, sondern er hat auch Infektionen mit Reinkultur vorgenommen, welche in allen Fällen von Erfolg begleitet waren, wo es sich nicht um Thiere handelte, von denen wir schon wissen, dass sie für Tuberkulose fast oder ganz unempfänglich sind. An 179 Meerschweinchen, 35 Kaninchen und 4 Katzen erzeugte er ausnahmslos spezifische Tuberkulose und fand in den Tuberkeln stets auch wieder den Bacillus. Die Infektion wurde übrigens nicht nur durch Einimpfen unter die Haut, sondern auch durch Einspritzen in die Blutwege oder durch Verstäuben in der Luft, welche die Versuchsthiere einathmeten, bewerkstelligt.

Ob die Lungenschwindsucht überhaupt durch direkte Vererbung übertragen werde, ist schwierig zu entscheiden. Die Möglichkeit der direkten Uebertragung bei der Zeugung muss ja zugegeben werden. Sicher aber hat man es in vielen Fällen mit Ansteckung zu thun, wo man bisher an Ver-

erbung im eigentlichen Sinne dachte. Wenn wir bedenken, dass der Bacillus im Auswurf der Schwindsüchtigen fast ausnahmslos vorkommt[1], und dass diese Sputa vertrocknen und als Staub in die Atmosphäre gelangen, besonders in Häusern, wo nicht die wünschbare Reinlichkeit herrscht; wenn man ferner bedenkt, dass Schwindsüchtige, die sich ja gewöhnlich nicht krank glauben, mit ihren Angehörigen, mit ihren Kindern intimen Verkehr pflegen, so können wir uns in vielen Fällen das Auftreten der Tuberkulose in mehreren Generationen ganzer Familien auch ganz gut ohne Annahme der Vererbung erklären. Dass auch hier die Empfänglichkeit des Einzelnen für den Erfolg der Ansteckung mit massgebend ist, folgt schon aus der Thatsache, dass in Krankensälen und Anstalten, wo sich Tuberkulöse aufhalten, nicht Jeder mit Erfolg infizirt wird.

Die Frage, wie wir uns gegen die Einwanderung der Tuberkelbacillen in unsern Organismus schützen, ist selbstverständlich eine schwierige, um so mehr, als der Bacillus gegen äussere Schädlichkeit eine bedeutende Widerstandsfähigkeit zeigt. Er erträgt hohe, dem Siedepunkt nahe Temperaturen, obschon er beim Kochen in feuchtem Zustande bald getödtet wird. Getrocknete Sputa, mit Filtrirpapier und einer dreifachen Schicht Leinwand umwickelt, waren, wie nachherige Versuche zeigten, im Trockenschrank mit 100° C. nach 60 Minuten nicht sicher desinfizirt; durch strömenden Wasserdampf bei 100° C. nach 15 Minuten noch nicht desinfizirt. In öffentlichen Anstalten, wo möglich aber auch in Privathäusern, sollte dafür gesorgt werden, dass tuberkulöse Sputa nicht zu Staub vertrocknet in die Luft gelangen können. Der Verkauf von Fleisch und Milch tuberkulöser Thiere, also z. B. perlsüchtiger Kühe, sollte sorgfältigst überwacht werden. „Kuhwarme Milch" den Kindern zu geben, ist unter Umständen ein sehr zweifelhaftes Verdienst.

Ob nicht die Frage: „Wie schützen wir uns vor dem Tuberkelbacillus?" in der Zukunft einmal auch an die Bewohner unserer Hochalpenthäler herantreten wird, in denen gegenwärtig ganze Kolonien Tuberkulöser Heilung oder wenigstens Linderung ihrer Leiden und Verlängerung ihres Lebens suchen?

---

[1] Von 982 Sputa, welche Gaffky untersuchte, wurde in nur 44 der Bacillus vermisst.

Wir haben hiemit diejenigen krankheitserregenden Bakterien etwas ausführlicher besprochen, welche entweder zur Einführung in das Verständniss der einschlägigen Fragen am geeignetsten schienen oder für weitere Kreise sonst von grossem Interesse sind. Von einer ganzen Reihe anderer Infektionskrankheiten sind die als Contagium wirkenden Bakterien ebenfalls nachgewiesen. Solches gilt für den Aussatz oder die Lepra, die Diphtherie, die Gonorrhoee und die Rotzkrankheit der Pferde, während die Untersuchungen über den Bacillus der Syphilis und der Pneumonie oder Lungenentzündung als noch nicht endgültig abgeschlossen bezeichnet werden müssen. Wenn endlich bei einer Reihe anderer, mehr oder weniger häufiger Infektionskrankheiten, wie z. B. Flecktyphus, Keuchhusten, Scharlach, Masern, Pocken, noch kein bestimmter als Contagium wirkender Organismus nachgewiesen ist, so ist nicht zu bezweifeln, dass dieser Nachweis der Wissenschaft über kurz oder lang gelingen wird.

Im Pflanzenreiche scheinen die Bakterien oder Spaltpilze als Krankheitserreger eine ganz untergeordnete Rolle zu spielen. Hier treten die *eigentlichen* Pilze an ihre Stelle und neben ihnen eine Unzahl von Schmarotzern aus dem Thierreiche, besonders aus dem Stamm der Gliederfüssler.

Hiemit schliessen wir unsere, aus dem reichen Material nur die wesentlichsten, sichern Ergebnisse herausgreifenden Mittheilungen. Dieselben dürften immerhin genügen, um zu zeigen, dass die Erforschung der Bakterien eine Aufgabe von hohem wissenschaftlichem Interesse und zugleich von eminenter praktischer Bedeutung ist, in deren Verfolgung schon jetzt höchst werthvolle Ergebnisse zu Tage gefördert worden sind, die bei der Beurtheilung von Tagesfragen und gesetzgeberischen Vorlagen aus dem Gebiete der Gesundheitspflege in erster Linie berücksichtigt zu werden verdienen.

Fig. 1.

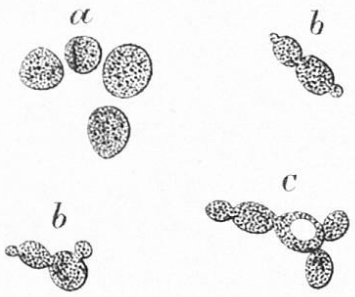


Fig. 2.

Fig. 3.

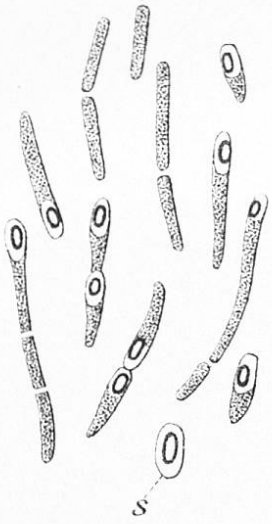


Fig. 4.

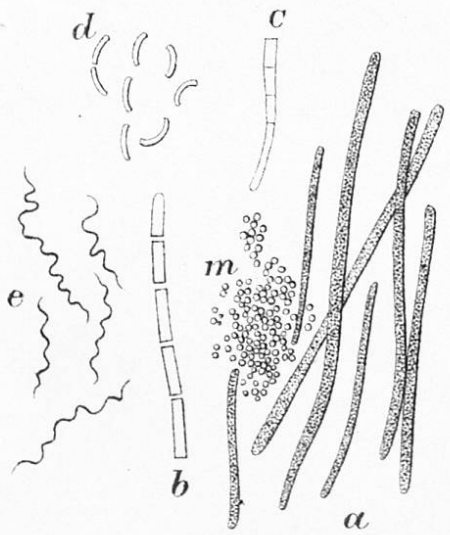
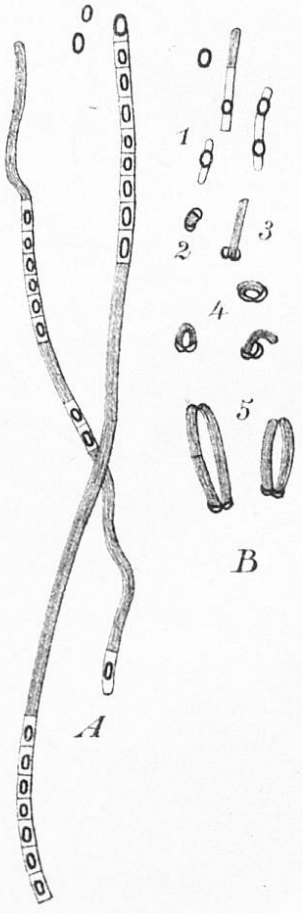


Fig. 5.



Nach De Bary.

Erklärung der Abbildungen.

(Alle nach De Bary, Vorlesungen.)

Fig. 1. Sprosshefepilz, Saccharomyces cerevisiae. Vergr.: 390. *a.* Zellen vor der Sprossung; *b.*—*d.* Sprossungen in gährender Zuckerlösung.

Fig. 2. Essigmutterbacillus, Bacillus aceti. Vergr.: 600. Einzelne und reihenweis verbundene rundliche, stabförmige und angeschwollene Zellen.

Fig. 3. Buttersäurebacillus, B. amylobacter. Bewegliche Stäbchen, z. Th. mit Sporen. Vergr.: 600. *s* eine reife, freie Spore mit breiter Gallerthülle. Vergr. viel stärker (zirka 1000).

Fig. 4. Verschiedene Bakterien der Mundschleimhaut. Verg.: 600.
a. Leptothrix buccalis.
b. Ein Fadenstück ders., stärker vergr.
c. Ein Fadenstück ders., einerseits verschmälert.
d. Lewis' Kommabacillus, dem Koch'schen Kommabacillus ähnlich (siehe Text).
e. Spirochaete buccalis.
f. Micrococcushaufen.

Fig. 5. *A.* Milzbrandbacillus, Bacillus Anthracis; zwei theilweise in Sporenbildung begriffene Fäden; oben eine reiche Spore (Sporen etwas zu schmal gezeichnet). Vergr.: 600.

B. Heubacillus, Bacillus subtilis; 1. Fadenfragmente mit Sporen; 2. 3. keimende Sporen in zwei Stadien; 4. 5. Keimstäbchen, bei der Keimung eingeklemmt geblieben, und deshalb gekrümmt.