

Untersuchungen über Bacterien.

IV.

Beiträge zur Biologie der Bacillen.

Von

Dr. Ferdinand Cohn.

Hierzu Tafel XI.

1. *Die Bacterien und die Urzeugung.* Unter den Problemen, welche von der modernen Naturwissenschaft ihre Lösung erwarten, ist vielleicht keines bedeutungsvoller, als die Frage, ob lebende Wesen sich ausschliesslich aus Keimen entwickeln, welche von Wesen gleicher Art erzeugt worden sind, oder ob sie nicht auch aus unlebendiger Materie (durch *Abiogenesis*, *Archigenesis*, Urzeugung, *Generatio spontanea*) entstehen können. Mit Unrecht haben die meisten Naturforscher namentlich in Deutschland diese Frage als längst im Sinne der ersten Alternative entschieden betrachtet; denn wenn auch seit Redi zahllose Experimente und Beobachtungen herausgestellt haben, dass die unendliche Mehrzahl der Thiere und Pflanzen sich nicht entwickeln, wo nicht Keime (Eier, Samen oder Sporen) ihrer Art vorhanden sind, so wäre es doch ein übereilter Schluss, daraus zu folgern, dass eine Entstehung ohne Keime für alle Wesen, auch für die einfachsten und niedersten, unmöglich sei. Diejenigen Naturforscher, welche eine absolute Grenze zwischen anorganischen und organischen Verbindungen, zwischen lebenden und leblosen Körpern leugnen, und das Leben als eine Function der nämlichen Kräfte ansehen, welche auch in der unlebendigen Natur thätig sind, haben auch nicht den mindesten Grund, an der Möglichkeit zu zweifeln, dass unter gewissen Verhältnissen durch eine gewisse Combination chemischer und physikalischer Kräfte aus den Atomen der Kohle, des Sauerstoffs, des Wasserstoffs und des Stickstoffs ebensogut Protoplasma gebildet werden könne, wie sich thatsächlich kohlen-saures Ammoniak oder Harnstoff erzeugen lässt, und dass dieses künstlich

oder spontan gebildete Protoplasma in Lebensschwingungen gerathen und zu einer lebendigen ernährungs- und fortpflanzungsfähigen Monere sich gestalten könne. Es ist daher ein nicht gering zu schätzendes Verdienst, wenn in neuerer Zeit Pouchet und insbesondere Ch. Bastian, ohne sich bei der Voraussetzung einer erwiesenen Unmöglichkeit der Urzeugung voreilig zu beruhigen, vielmehr den Weg des Experiments betraten, um die Bedingungen ausfindig zu machen, unter denen möglicher Weise lebende Wesen aus organischer, aber unlebendiger Materie sich entwickeln können; denn die andere Seite des Problems, die Erzeugung des Protoplasma aus anorganischen chemischen Verbindungen ist bis jetzt ernstlich noch nicht in Angriff genommen worden.

Dass die Untersuchungen der Anhänger der Urzeugung nicht ohne wissenschaftliche Berechtigung sind, ergibt schon eine Kritik der Experimente, durch welche die Gegner diese Lehre widerlegt zu haben glauben. Nach der Annahme der letzteren ist es eine unbestreitbare Thatsache, dass in Substanzen, in welchen keine entwickelungsfähigen Keime lebender Wesen vorhanden sind oder nachträglich hineingerathen, sich auch nie und nirgends lebende Wesen entwickeln. Da aber die Abwesenheit solcher Keime wegen ihrer Kleinheit direct nicht erweisbar ist, so werden die für derartige Experimente benutzten Substanzen in der Regel vorher einer Temperatur ausgesetzt, von der angenommen wird, dass sie ausreiche, um alle vorhandenen Keime zu zerstören; als solche wurde bisher die Temperatur des siedenden Wassers betrachtet, wenn dieselbe auf eine organische Substanz eine Zeit lang eingewirkt hat; praktisch reducirt sich daher die oben angeregte Aufgabe auf die Behauptung, dass in Substanzen, welche einige Zeit der Siedhitze ausgesetzt sind, sich keine lebenden Wesen entwickeln.

2. *Widerstandsfähigkeit der Bacterien gegen Siedhitze.* In dieser Fassung ist die Behauptung jedoch unrichtig. Schon Schwann vermochte bekanntlich nicht in allen Fällen Fleisch u. s. w. durch Kochen vor Fäulniss, d. h. vor der Entwicklung von Bacterien zu bewahren; Pasteur fand, dass erst bei einer Temperatur von 110° Milch vor dem Sauerwerden durch Milchsäure-Bacterien geschützt ist; Schroeder verlangte 130°, um die Entwicklung von Bacterien in Fleisch, Eigelb und Milch unmöglich zu machen; Andere noch höhere Temperaturen¹⁾. In dieser Beziehung

¹⁾ Vergleiche die Zusammenstellung in R. Gscheidlen: Ueber die *Abiogenesis* Huizinga's in Pflüger's Archiv für Physiologie IX. p. 166.

sind von ganz besonderem Interesse die Versuche, welche im allergrossartigsten Massstabe behufs der Conservirung von Fleisch, Gemüse u. s. w. in hermetisch verschlossenen Blechbüchsen angestellt werden; denn bekanntlich ist die Herstellung conservirter Speisen nach der Appert'schen Methode einer der bedeutendsten Industriezweige der Neuzeit geworden, der noch immer weitere Verwendung findet und immer neue Nahrungsmittel auf unbegrenzte Zeiträume bacterienfrei für den internationalen Handel präparirt. Schon mehrere Male habe ich Veranlassung gehabt, mich über die Fabrikation solcher bacterienfreier und daher der Fäulniss nicht unterworfenen Nahrungsmittel zu belehren; Herr Senator Dr. W. Bremer theilte mir auf meine Bitte freundlich mit, dass zu Lübeck in mehreren Fabriken alle Gemüse durch Kochen bei 100° in Blechbüchsen haltbar gemacht werden, ohne dass jemals in einer dieser Dosen (die Zahl betrug im Jahre 1873 mehr als 80,000) Gährung eintritt, sobald dieselben gut verschlossen sind; eine einzige Ausnahme machen die Erbsen, welche früher auch bei 100° eingekocht wurden; nachdem aber in warmen Jahren fast die Hälfte aller Dosen trotz luftdichten Verschlusses durch eingetretene Gährung verdorben waren, werden seit 1858 die Erbsen in Wasser, worin 28 % Kochsalz aufgelöst ist, bei einer Hitze von 108° gekocht und seitdem verdirbt keine gut verschlossene Dose mehr. Gleiches Resultat wird erzielt, wenn die Erbsen ohne Salzwasserlösung nach einem in Frankreich erfundenen Verfahren bei einer Hitze von 117° gekocht werden; nach diesen Methoden werden allein in Lübeck jährlich ca. 50,000 Dosen Erbsen eingekocht und meist in tropische Länder verschickt, ohne dass im Laufe vieler Jahre auch nur eine verdirbt.

Vor längerer Zeit erhielt ich durch meinen früheren Schüler, Herrn Apotheker Dr. Schröder zu Frauenfeld im Thurgau, der mich schon mehrfach in meinen Studien über Gährungsorganismen freundlich unterstützte, mehrere Blechbüchsen mit Erbsen, welche ein dortiger Fabrikant bei 105° mit einem Zusatz von Soda eingekocht, und die trotz des hermetischen Verschlusses sämmtlich in Fäulniss gerathen waren, ohne Zweifel, weil das Kochen aus Besorgniss vor der erweichenden Einwirkung der Soda kürzere Zeit als sonst üblich fortgesetzt worden war.

Wenn freilich Ch. Bastian aus diesen und ähnlichen Versuchen den Schluss gezogen hat, dass in solchen Substanzen, bei denen Kochen die Entwicklung von lebenden Organismen nicht verhindert, die letzteren durch Urzeugung entstanden sein müssen, da nicht

anzunehmen sei, dass ihre Keime der Siedhitze von 100° widerstehen können, so wird von den Gegnern die letztere Voraussetzung als eine durchaus unbewiesene erklärt und der darauf begründeten Schlussfolgerung mit Recht jede Beweiskraft abgesprochen. Allerdings konnte Ch. Bastian in einem vor kurzem erschienenen Aufsätze nicht weniger als 20 gewichtige Zeugen, unter ihnen Physiologen ersten Ranges, aufführen, welche bei ihren Versuchen zu dem Resultate gekommen waren, dass organische Substanzen durch Kochen nicht unter allen Umständen desinficirt, d. h. für Bacterienentwicklung und Fäulniss unfähig gemacht werden¹⁾. Aber eben so übereinstimmend sind die Resultate darin, dass durch eine Erhitzung über 100° schliesslich in jeder Substanz die spontane Bacterienentwicklung unmöglich gemacht werden kann, und dass dabei die Höhe der Temperatur und die Dauer ihrer Einwirkung in umgekehrtem Verhältnisse concurriren, d. h. dass durch eine höhere Temperatur in kürzerer Zeit, durch eine relativ niedere Temperatur nach längerer Einwirkung in jeder organischen Substanz die Entstehung von Organismen verhindert wird. Es hat sich dieses Resultat mit Evidenz insbesondere aus den vielfach modificirten Untersuchungen ergeben, welche auf Veranlassung der Ch. Bastian'schen und der Huizinga'schen Experimente von Burdon Sanderson, Samuelson und Gscheidlen veröffentlicht worden sind²⁾. Noch vor Kurzem hat Tyndall in einem anregenden Vortrage „über das optische Verhalten der Atmosphäre in Beziehung zur Fäulniss und Infection“ Bericht erstattet über das Ergebniss einer ausgedehnten Versuchsreihe, welche das Erfülltsein der Luft mit Schwärmen oder Wolken von Bacterienkeimen — abwechselnd mit bacterienarmen oder freien Zwischenräumen — erweisen und die Phänomene der Fäulniss und der Contagien durch Infection mit den aus der Luft stammenden Keimen erklären sollten³⁾. Mehrere hundert, in mannigfaltigster Weise variirte Versuche lieferten das übereinstimmende Ergebniss, dass alle möglichen thierischen oder pflanzlichen Stoffe oder Infusionen ausnahmslos 2—3 Tage nach dem Kochen faulen, wenn sie bei 15 — 20° C. der gewöhnlichen Luft ausgesetzt sind, nicht aber wenn die Luft filtrirt oder auf andere Weise staubfrei gemacht worden war, und sich bei der Beleuchtung mit einem elec-

1) Nature Febr. 1876.

2) Burdon Sanderson, Nature VI. 1873; Samuelson, Pflüger's Archiv VIII. p. 277; Gscheidlen, ibid. IX. p. 163.

3) Tyndall, „on Germs.“ Auszug aus einer vor der Royal Society am 13. Jan. 1876 gelesenen Abhandlung. Nature 1876 Febr. No. 326 u. 327.

trischen Strahl als optisch leer erwies¹⁾. Aber alle diese Stoffe waren 5 Minuten lang in Reagenzylindern in einem Salzwasser- oder Oelbade gekocht, also auf eine Temperatur über 100° erhitzt worden.

Ist aber die ganze Sache wirklich durch den nunmehr gewonnenen Nachweis erledigt, dass zwar nicht durch Kochen bei 100°, wohl aber durch längeres oder kürzeres Erhitzen über 100° Bacterienentwicklung in organischen Stoffen unbedingt verhindert werden kann, wenn nicht neue Infection durch von aussen eingeführte Keime eintritt? Weshalb sind 100° für das Tödten der Bacterien nicht mehr als ausreichend, da doch alle anderen lebenden Wesen schon durch weit geringere Temperaturen getödtet werden, und da in den ausdrücklich für diesen Zweck unternommenen Versuchen die Bacterien selbst gezeigt haben, dass sie verhältnissmässig niederen Wärmegraden nicht widerstehen können?

Schon im Jahre 1872 habe ich die Frage direct und experimentell zu lösen gesucht, bei welcher Temperatur Bacterien die Fähigkeit der Vermehrung verlieren. Es stellte sich dabei heraus, dass bei Anwesenheit fester organischer Stoffe (ausgekochter Lupinen, Erbsen u. s. w.) die Resultate unsicher wurden, und ich erklärte dies daraus, dass dergleichen feste Körper als schlechte Wärmeleiter die durch das Thermometer angezeigte Temperatur der Versuchsflüssigkeit nur sehr langsam in ihrer ganzen Masse annehmen und einzelne, in ihren Spalten oder Intercellularräumen verborgene Bacterien sehr lange vor der tödtlichen Erhitzung schützen können²⁾. Es wurde deshalb eine geringe Menge entwicklungsfähiger Bacterien (ein Bacterientropfen) zu einer klaren Flüssigkeit (Bacteriennährlösung) zugefügt, und durch vergleichende Versuchsreihen, welche Dr. Horvath auf meine Bitte übernahm, ermittelt, dass eine 60 Minuten lange Erwärmung auf 60—62° die Vermehrung der Bacterien verhindere³⁾. Dr. Schröter bestimmte bei seinen Versuchen über Desinfection die Temperaturgrenze, durch welche schwärmende Bacterien unbeweglich und wahrscheinlich auch zu weiterer Entwicklung unfähig, d. h. ohne Zweifel getödtet werden, im Minimum auf 58°⁴⁾.

Aber auch diese Temperatur übertrifft bereits nicht unerheblich

1) Vgl. Tyndall, über Staub und Krankheit in „Fragmente aus den Naturwissenschaften“ 1874 p. 333.

2) Siehe Band I. Heft 2 dieser Beiträge p. 218.

3) l. c. p. 220.

4) Schroeter, Prüfung einiger Desinfectionsmittel. Band I. Heft 3 dieser Beiträge p. 35.

den Wärmegrad, welcher für die Tödtung der meisten anderen lebenden Organismen als ausreichend erachtet wird. Obwohl die äusserste Grenze für alle Organismen noch nicht sicher festgestellt ist, wird dieselbe doch nach den Untersuchungen der meisten Forscher auf nicht höher als 35–50° C. angesetzt¹⁾, da lebendes Protoplasma meist schon bei einer Temperatur von 43° gerinnt, während andere Proteinverbindungen erst durch Erhitzen auf 60° getrübt und bei 70–75° flockig coagulirt werden.

Allerdings war bei unseren früheren Bacterienversuchen der Einfluss der Zeitdauer nicht mit in Berücksichtigung gezogen worden; es liess sich aber vermuthen, dass bei längerer Einwirkung schon geringere Wärmegrade den nämlichen lethalen Einfluss üben werden, wie verhältnissmässig höhere in kürzerer Zeit. Von diesem Gesichtspunkte aus wurde von Dr. Eidam auf mein Ansuchen im hiesigen pflanzenphysiologischen Institut eine Reihe von Versuchen angestellt; es ergab sich, dass gewöhnliche Fäulnissbacterien in einer Flüssigkeit durch 14stündiges Erwärmen auf 45°, wie durch dreistündiges auf 50° getödtet werden, während sie bei 40° zwar in Wärmestarre verfallen, aber sich wieder erholen.

3. *Versuche mit gekochtem Heuaufguss.* Ist nun der Widerspruch dieser Versuche mit den früher erwähnten einzig und allein darauf zurückzuführen, dass bei den ersteren feste, bei den letzteren ausschliesslich flüssige Nährstoffe benutzt wurden? Ich selbst habe noch vor Kurzem bei den vielbesprochenen Bastian'schen Versuchen mit Rübenscoct in dem beigefügten Käse die *materia peccans* gesucht, welche als schlechter Wärmeleiter die Keime gewisser Bacterien vor der tödtlichen Siedhitze in ähnlicher Weise bewahre, wie etwa die im Muskelfleisch eingekapselten Trichinen bei nur kurzem Anfkochen lebendig bleiben²⁾.

Aber bereits Bastian hatte bei seinen Experimenten verschiedene Flüssigkeiten ausfindig gemacht, in denen sich bei vollständiger Abwesenheit fester Körper selbst nach 5 bis 10 Minuten langem Kochen gleichwohl lebende Organismen entwickeln. Von ganz besonderem Interesse sind in dieser Beziehung die von Dr. W. Roberts

¹⁾ Sachs, Lehrbuch der Botanik 4. Aufl. p. 698; Kühne, Protoplasma p. 12. Hoppe Seyler fand 1875 in Ischia noch Algen an Felsen, deren Temperatur durch heisse Dämpfe auf 64,7° gebracht war, in Lipari bis 53°; eben so hoch (43° R.) hatte ich 1861 die Grenze für die *Oscillarien* des Carlsbader Sprudels bestimmt. (Abhandlungen der Schles. Gesellsch., naturw.-medizin. Abtheil. II. 1862.)

²⁾ Bd. I Heft 3 dieser Beiträge p. 191, 195.

am 3. März 1874 der Royal Society in London vorgelegten Versuche, welche den Zweck hatten, die zur Sterilisation von Flüssigkeiten erforderlichen Hitzegrade zu ermitteln und dadurch zugleich zu einem Urtheil über die etwaige Entstehung von Bacterien durch Urzeugung zu gelangen¹). Glaskölbchen von 30—50 cm. cub. wurden zu $\frac{2}{3}$ mit einer Flüssigkeit gefüllt; der abgetrocknete Hals mit einem Baumwollpfropf in der Mitte verstopft und seine lang ausgezogene Spitze zugeschmolzen, hierauf das Kölbchen im kochenden Wasserbade längere oder kürzere Zeit aufrecht stehend belassen; wenn völlig erkaltet, wurde der Hals durch Abfeilen der Spitze wieder geöffnet. Nach dieser Methode, durch welche das Verdampfen und Aufstossen der kochenden Flüssigkeit, ebenso wie die nachträgliche Infection durch Keime aus der Luft verhindert werden sollte, wurden vier Jahre hindurch mehrere hundert Versuche angestellt. Decocte verschiedener organischer Thier- und Pflanzengewebe durch kurzes Aufsieden mit Wasser hergestellt, sowie Lösungen organischer Salze und gesunder oder diabetischer Urin wurden schon nach 3—4 Minuten sterilisirt; Infusionen, bei Blutwärme durch langsames Digeriren von Fleisch, Fisch, Rüben, Möhren, Früchten dargestellt, erforderten 5—10 Minuten; Wasser, dem Stücke von grünen Gemüsen (Kohl, Spargel, grüne Erbsen und Bohnen), Fisch, Fleisch, Eiweiss, Käse zugefügt waren, sowie Milch, Blut und albuminöser Urin mussten nicht weniger als 20 bis 40 Minuten der Siedhitze ausgesetzt werden, ehe sie sterilisirt wurden. Am schwierigsten aber verhielt sich überneutralisirte Heuinfusion; in dieser wurde bisweilen erst durch ein- bis zweistündiges Verweilen im kochenden Wasserbade die Bacterienentwicklung verhütet; im Oel- oder Salzwasserbade genügten schon 5 bis 15 Minuten.

Diese Ergebnisse, in streng wissenschaftlicher Methode gewonnen, verdienten eine ernstliche Prüfung, und ich habe deshalb die Roberts'schen Versuche mit der Heuinfusion viele Male wiederholt, wobei mich Mr. Robert Hare aus Ottawa (Canada), der in unserem pflanzenphysiologischen Institut arbeitet, auf das Bereitwilligste unterstützte. Hierbei stellte ich mir aber die besondere Aufgabe, die in den gekochten Heu-Infusionen entwickelten Organismen, die bisher nur schlechthin als Bacterien bezeichnet worden waren, unter dem

¹) W. Roberts, Studies on Biogenesis. Philos. Transact. of the Royal Society of London vol. CLXIV. II. p. 474. Als permanente Sterilität wird der Zustand einer Flüssigkeit defnirt, in welchem sie zur Entstehung von Organismen unfähig ist, nicht aber die Fähigkeit zur Ernährung und Vermehrung der (von aussen eingeführten) Organismen verloren hat.

Mikroskop genauer zu untersuchen, um womöglich zu ermitteln, ob nicht in gewissen specifischen Eigenschaften derselben die Ursache ihrer unglaublichen Widerstandsfähigkeit gegen das kochende Wasser gefunden werden könne.

Die Heuinfusion wurde ganz nach der Methode von Roberts in folgender Weise dargestellt: Heu wurde in einem Glascylinder mit wenig Wasser übergossen und mit demselben bei 36° vier Stunden lang digerirt, dieser Aufguss von dunkelrothbrauner Farbe wurde durch Zusatz von destillirtem Wasser auf das spez. Gewicht 1006 verdünnt und doppelt filtrirt; er war nun vollkommen klar, schön goldgelb, etwa wie Münchener Bier, und reagirte deutlich sauer; er soll deshalb als saurer Heuaufguss bezeichnet werden.

W. Roberts hatte gefunden, dass neutraler Heuaufguss ganz besonders schwierig zu sterilisiren sei; werden zu 200 cm. cub. saurem Heuaufguss 1,5 cm. cub. *liquor potassae* zugesetzt, so reagirt derselbe gegen Lacmus und Curcumapapier neutral; diese Flüssigkeit, die nicht klar, sondern trübe opalisirend ist, soll als neutraler Heuaufguss bezeichnet werden. Offenbar enthält frischer Heuaufguss einen in einer Säure gelösten Stoff, der durch Neutralisiren der Säure ausgefällt wird und sich allmählich als dunkelbrauner Absatz niederschlägt, wodurch der neutrale Heuaufguss mit der Zeit von selbst wieder klar wird; ein paar Tropfen Essigsäure lösen die Trübung augenblicklich auf und machen die Flüssigkeit klar. Von einer Bacterientrübung ist hierbei nicht die Rede.

Anfangs machte ich die Versuche genau nach der Angabe von Roberts in kleinen langhalsigen Glaskölbchen, deren Hals in der Mitte mit einem Baumwollenpfropf ausgestopft, vor dem Kochen an der Spitze zugeschmolzen, nach dem Kochen wieder aufgebrochen wurde. Der Nachtheil dieser Methode besteht darin, dass es schwer ist, den Baumwollenpfropf während des Versuches vor zufälligem Benetzen mit dem Heuaufguss zu wahren, wodurch eine Infection des letzteren eintreten kann; auch könnte der beim Kochen entwickelte Dampf, welcher die Baumwolle durchdringt und im Hals sich theilweis condensirt, sich leicht mit Keimen beladen; ganz besonders aber ist bei dieser Methode das Herausnehmen kleiner Proben der Versuchsflüssigkeit zur mikroskopischen Untersuchung erschwert. Es wurden deshalb die späteren Versuche in gewöhnlichen Reagenzcyllindern gemacht, deren mittlerer Theil über der Gasflamme in eine lange Röhre ausgezogen wurde; jeder Cylinder wurde vermittelt einer Pipette mit 10—15 gm. Heuaufguss zur

Hälfte oder zwei Drittel gefüllt, sodann der eingeschnürte Halstheil mit einem feinen Drath umwunden, an dessen freies Ende ein kleines Bleigewicht passend befestigt wurde. Das Erhitzen geschah in einem eisernen Kessel, der mit warmem Wasser gefüllt und in welchen eine Anzahl der präparirten Reagenzylinder mittelst ihrer um den Kesselrand gebogenen Drähte eingehängt wurden; sie waren durch die Bleigewichte in aufrechter Stellung derart festgehalten, dass ihre offenen Enden niemals vom Wasser, welches durch eine unter dem Kessel befindliche Gasflamme zum Sieden gebracht wurde, erreicht werden konnten. Der Heuaufguss in den Reagenzylindern zeigte bald, wie ein eingesetztes Thermometer nachwies, 99—100°, ohne jemals, wie am offenen Feuer, aufzustossen oder überzulaufen; das Sieden im Kessel wurde 2—3 Stunden unterhalten, die Versuchscylinder jedoch nach kürzerem oder längerem Verweilen in vorher verabredeten, meist von je 10 bis 15 Minuten abgestuften Intervallen herausgenommen und ihre Oeffnung erst dann mit Baumwolle verstopft, wenn die im Hals niedergeschlagenen Wasserdämpfe wieder verdunstet waren, was nach 1 bis 2 Minuten eintritt. In der Regel wurde gleichzeitig ein Cylinder mit saurem und mit neutralem Heuaufguss aus dem siedenden Wasser herausgenommen; sämmtliche Cylinder wurden nun auf einen Reagenzständer neben einander gestellt und in dem schon früher in diesen Heften beschriebenen Wärmekasten bei einer Temperatur von 24—30° aufbewahrt; zum Vergleich wurden jedesmal auch Reagenzylinder mit ungekochtem sauren oder neutralem Heuaufguss neben die gekochten gestellt.

Ich beschränke mich darauf, das Gesamtergebn dieser Versuche hier zusammenzustellen, welche am 25. Oct. 1875 begonnen und bis Mitte Juli 1876 immer von Neuem aufgenommen wurden, und deren Anzahl sich auf mehrere Hundert beläuft.

Ueberlässt man ungekochten Heuaufguss, gleichviel ob sauer oder neutral, sich selbst, so wird derselbe in der Regel schon nach 12—20 Stunden, bei niedriger Zimmertemperatur erst nach einigen Tagen, trübe und undurchsichtig; oben sammelt sich eine dichtere Bacteriensicht und über dieser Zoogloeaschleim; am Boden schlägt sich weisslicher Absatz nieder; ununterbrochenes Aufsteigen von Gasbläschen verräth den Eintritt einer Gährung. Die gesättigte goldgelbe Farbe des sauren Aufguss wird von Tag zu Tag heller und blasser, trübem Pilsener Bier vergleichbar. In der Flüssigkeit entwickeln sich sehr verschiedenartige Organismen, hauptsächlich zahllose Schwärme des strichförmigen *Bacterium Termo*, aber auch

Schleimcolonien von *Micrococcus*, darmförmig gewundene, in kleine Segmente gelappte Gallertröhren von *Ascococcus*¹⁾, *Sarcina*ähnliche Haufen, rosenkranzförmige *Torulaketten* (*Mycotrix*), stäbchenartige *Bacillen*, längere *Leptothrix*fäden, auch Hefezellen, aus denen hauptsächlich der reichliche weisse Absatz besteht. Ohne Zweifel tritt in der aus den süßen Grashalmen ausgelaugten Zuckerlösung langsame Alkoholgährung ein, die jedoch bald in Essiggährung übergeht; auf der Oberfläche der Flüssigkeit breiten sich die chagrinartigen *Micrococcus*-Schleimmassen der Essigmutter aus; die Flüssigkeit selbst wird stark sauer; vielleicht bildet sich auch Milchsäure. Auch neutraler Heuaufguss wird von selbst mit der Zeit sauer, wenn auch nicht so stark wie der nicht neutralisirte; er wird auch langsamer entfärbt. Doch ist die Entfärbung nicht von einer wirklichen Zerstörung des Pigments, sondern von einer Bindung desselben durch die im gährenden Heuaufguss erzeugten Säuren veranlasst; denn durch Zusatz von etwas Ammoniak erhält der blasse Heuaufguss sofort wieder seine frühere goldklare Färbung, welche durch nachträgliches Neutralisiren mit etwas Salzsäure von Neuem verschwindet. Zuletzt siedelt sich in der Regel auf der Oberfläche der Aufgüsse *Penicillium* an und durchwuchert mit seinem Mycel die Bacterienschleimhaut. Infusorien fanden sich nie bei meinen Versuchen.

Nicht selten entwickelt sich nach einiger Zeit im Heuaufgusse ein sehr gesättigtes Orangepigment, welches zuerst an der Oberfläche erscheint und die schwimmenden Häute intensiv braun färbt, mit der Zeit aber nach der Tiefe sich ausdehnt, sodass der Aufguss zwei übereinander schwimmende Schichten, eine tiefere blassgelbe und eine obere granatrothe unterscheiden lässt.

Anders verhalten sich die gekochten Heuaufgüsse. Auch in ihnen können Veränderungen eintreten, welche auf der Vermehrung mikroskopischer Organismen beruhen, selbst nach längerem Verweilen im kochenden Wasserbade, und gleichviel, ob die Aufgüsse sauer oder neutral waren.

Umstehende Tabelle giebt über einige unserer Versuchsreihen Aufschluss.

1) Siehe diese Beiträge Band I. Heft 3 p. 151. Der *Ascococcus* der Heuaufgüsse zeigte nur dünne Gallerthüllen und verdient eine besondere Untersuchung; er ähnelt der von Billroth abgebildeten Form (*Coccobacteria septica* Tab. III. Fig. 23. 25).

Im gekochten Heuaufguss entwickelten sich

Organismen.

keine Organismen.

Dauer der Erhitzung auf 100°.

1875			
28. Oct.	sauer	5— 15 Min.	
	neutral	5— 15 "	30 Min. und mehr.
7. Nov.	sauer	5— 20 "	30 dito
	neutral	5— 15 "	20 dito
18. Nov.	sauer	5— 20 "	30 dito
	neutral	5— 15 "	20 dito
24. Nov.	sauer	5— 90 "	120 dito
	neutral	5— 120 "	
1. Dec.	sauer	30— 60 "	90—180 Min.
	neutral	— 30 "	90—180 "
1876			
5. März	sauer	20— 80 "	100—120 "
	neutral	20 "	40—120 "
5. Juli	sauer	5— 30 "	40—120 "

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, dass, während in den 5—15 Minuten lang gekochten Heuaufgüssen ohne Ausnahme Organismen sich entwickelten, bei längerem Verweilen im siedenden Wasserbade die Ergebnisse ungleich ausfielen; manchmal waren 20 Minuten, im anderen Falle 30, einige Male $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden zum Sterilisiren erforderlich. Es wurde auch bei einer Versuchsreihe beobachtet, dass in den 60 Minuten lang gekochten Reagenzcyllindern Organismen sich entwickelten, während die 45 Minuten gekochten freiblieben. Im Allgemeinen zeigten die kürzere Zeit gekochten Heuaufgüsse niemals am folgenden, wohl aber in der Regel schon nach 2 Tagen, die länger erhitzten erst ein bis 2 Tage später die Anzeichen einer Vermehrung von Organismen; ein constanter Unterschied in der Zeitdauer zwischen sauren und neutralen Aufgüssen, wie ihn Roberts gefunden, trat in unseren Versuchen nicht hervor; die Ungleichheiten der gewonnenen Resultate leite ich von zufälligen Verschiedenheiten in der Beschaffenheit des zu den Aufgüssen benützten Heues ab.

Ehe ich über die Organismen berichte, welche sich in den gekochten Aufgüssen entwickelten, will ich bemerken, dass an eine nachträgliche Infection derselben durch von aussen nach dem Kochen eingeschleppte Keime bei unseren Versuchen nicht zu denken ist. Tyndall¹⁾ hat mit Unrecht die von Roberts als Verschluss be-

1) l. c. Nature 1876. Febr.

nutzte Baumwolle in Verdacht gezogen, die sich bis jetzt überall, auch in seinen eigenen Versuchen, als ein vollkommenes Filter gegen die in der Luft schwimmenden Bacterien bewährt hat; ebenso wenig tritt eine Infection aus der Luft in dem kurzen, bei meiner Methode zwischen dem Herausnehmen der Reagenzcyylinder aus dem Kessel und dem Verstopfen mit Baumwolle liegenden Zeitraum ein; selbst wenn die Cylinder einfach offen gelassen und der Hals nach Pasteur'scher Methode umgebogen ist, gelangen wohl einmal Schimmelsporen, aber kaum jemals Bacterien in die Versuchsflüssigkeit. Ich habe übrigens auch die Versuche so abgeändert, dass ich, ohne Baumwolle anzuwenden, den Hals der Kölbchen, die ich mit Heuaufguss zur Hälfte gefüllt, an der Gasflamme zuschmolz und sie sodann in dem Kessel mit siedendem Wasser vollständig untertauchte; bei einem Versuch am 5. Juli entwickelten sich Organismen in den 5, 15, 25, 35 Minuten, nicht aber in den 45, 60 Minuten und darüber in siedendem Wasser untergetauchten zugeschmolzenen Kölbchen. Da die in den Kölbchen eingeschlossene Luft zur Entwicklung von Organismen sich als ausreichend erwies, so brauchten dieselben nach dem Kochen nicht geöffnet zu werden, so dass ein nachträgliches Verunreinigen durch Keime aus der Luft absolut ausgeschlossen war, gleichwohl verhielten sich die zugeschmolzenen Kölbchen in Bezug auf das Auftreten der Organismen genau so, wie die mit Baumwolle verstopften Reagenzcyylinder.

4. *Untersuchung der in gekochten Heuaufgüssen entwickelten Organismen.* Nachdem unsere Versuche uns eine vollständige Bestätigung der Bastian-Roberts'schen Angaben und damit einen neuen Beleg zu der wichtigen Thatsache gebracht hatten, mit der wir fortan, namentlich bei Desinfectionen, rechnen müssen, dass in filtrirten, vollkommen klaren Flüssigkeiten selbst durch längeres Erhitzen auf 100° die Entwicklung von Organismen nicht immer verhindert wird, und dass es unter Umständen eines mehrstündigen Kochens bedarf, um des Sterilisirens sicher zu sein, wendete ich mich zum zweiten Theile meiner Aufgabe, der bisher meines Wissens noch nicht in Angriff genommen worden war, nämlich durch die mikroskopische Untersuchung zu ermitteln, welcher Art die Organismen angehören, die eine so unerwartete Widerstandsfähigkeit gegen die tödtliche Einwirkung der Siedhitze besitzen? Schon auf den ersten Blick liess sich erkennen, dass die Entwicklung der Organismen in den gekochten Heuaufgüssen einen ganz anderen Verlauf nimmt, als in den ungekochten.

Während in den letzteren, wie schon erwähnt, die Flüssigkeit sich vollständig bis zum Boden trübt, monatelang trübe bleibt und sich dabei langsam entfärbt, stark sauer wird, einen starken Absatz von Hefe und oben eine Schleimschicht von *Zoogloea*, sowie später einen Anflug von Schimmelpilzen erhält, fanden sich in den gekochten Aufgüssen weder Hefe noch *Penicillium*, noch auch *Ascococcus* oder *Sarcina*. Ebenso wenig verblasste die intensive Färbung der gekochten Aufgüsse, sie erlitt nur eine kurze vorübergehende Trübung und wurde bald wieder vollkommen goldklar bei den sauren, dunkler, wie Porter, bei den neutralen Infusionen; wir wissen bereits, dass jene Farbenveränderung von einer sauren Gährung herrührt, die in Folge des Kochens unterblieb.

Das erste Anzeichen der Neubildungen in den gekochten Aufgüssen ist nach etwa zwei Tagen die Entstehung eines zarten irisirenden Anflugs auf der Oberfläche der Flüssigkeit; bald darauf beginnt die oberste Schicht sich zu trüben und eine schleimig-flockige oder schülfrige Beschaffenheit anzunehmen, ohne dass jedoch die Trübung, wie in den ungekochten Aufgüssen, sich allmählich steigernd bis zum Grunde ausdehnte. Am dritten, spätestens am vierten Tage schwimmen in den oberen Schichten der Flüssigkeit unzählige punktförmige weissliche Schüppchen, die sich vergrössern und zu einer auf der Oberfläche schwimmenden Haut verbinden; am dritten Tage gleicht diese einer schleimigen Milchrahmhaut; am vierten ist sie bereits fester, an der Oberfläche kreideweiss; charakteristisch ist, dass diese Haut immer trocken, gleichsam fettig und nur schwer benetzbar ist; durch Bewegung der Flüssigkeit haftet sie leicht an den oberen Glaswänden und lässt dieselben wie einen Fettrand oder wie mattes Glas erscheinen. Auf den ersten Blick kann man diese trockenen, zusammenhängenden schuppigen Häutchen von dem gewöhnlichen *Zoogloea*-schleim faulender Flüssigkeiten sicher unterscheiden. Da die Haut am Glasstab nicht adhärirt, so lässt sie sich nur behutsam, dann aber in grösseren Lappen und Fetzen herausnehmen. Bald wird die Haut rinnig-runzlig, indem sie sich in unregelmässigen Windungen faltet, wie ich dies 1872 von der gelben Haut des *Micrococcus luteus* berichtete¹⁾ und Billroth 1874 in ausgezeichnet getreuer Weise von einer auf Hydrocelenflüssigkeit entstandenen *Ascococcus*-Haut abgebildet hat²⁾. Bei einem Versuch in grösserem Massstab,

¹⁾ Siehe diese Beiträge Band I. Heft 2 p. 153.

²⁾ Billroth, *Coccobacteria* 1874 p. 12, Taf. II. Fig. 17.

wo saurer Heuaufguss in einem 500 gm. fassenden Kolben fast 2 Stunden gekocht worden war, bildete die runzlig-faltige Haut sich besonders üppig aus.

Schüttelt man die Versuchsgläser ein wenig, so sinkt die ganze Haut leicht zu Boden; auch von selbst setzen, schon vom dritten Tage an, die feinen Pünktchen, Schüppchen und Schleimflöckchen, welche in den oberen Schichten des Aufgusses dicht gedrängt schwimmen, sich allmählich nieder, trüben während ihres Herabsinkens die tieferen Flüssigkeitsschichten und bilden zuletzt einen gallertartigen Absatz, während der Aufguss selbst sich klärt; da mit ihrer Ablagerung am Boden der Gläser die gesammte Entwicklung ihren Abschluss erreicht, so wird nach einigen Tagen die gekochte Heuinfusion von selbst vollkommen klar und contrastirt nun mit ihrer wenig veränderten goldgelben Farbenintensität gegen die andauernd getrüben und entfärbten ungekochten Aufgüsse.

Untersucht man Heuaufguss 24—48 Stunden nach dem Kochen, wenn kaum die erste Spur des irisirenden Anflugs bemerkbar ist, unter dem Mikroskop, so findet man bereits, dass jeder von der Oberfläche entnommene Tropfen von zahllosen, feinen, geraden, lebhaft bewegten Stäbchen schwärmt; die Dicke derselben beträgt höchstens 0,6 Mikr., ihre Länge ist in dieser Entwicklungsstufe noch sehr verschieden, 3, 5, 7 Mikr. und darüber, doch gehören sie sämtlich einer einzigen Art an, dem *Bacillus subtilis*¹⁾. (Vgl. Fig. 8 Taf. XI bei a.). Die kürzesten allerdings könnte man jetzt leicht mit Fäulnisbakterien (*Bacterium Termo*) verwechseln; doch sind diese, wenn von gleicher Länge, bereits in Theilung begriffen und daher in der Mitte eingeschnürt, während die kürzesten Stäbchen der Heubacillen keine Spur von Theilung zeigen. Die meisten *Bacillus*-Stäbchen sind mindestens doppelt oder viermal so lang, aber auch zehn- und mehrmal länger als die längsten Bakterien der Fäulnis; oft zickzackartig gebogen, oder winkelig gebrochen, zerfallen sie leicht in kürzere Glieder, die, sobald sie frei geworden, rasch umherschweben; längere Fäden zeigen etwas schlängelnde Bewegung.

Der irisirende, einem Fetthäutchen ähnliche Anflug selbst besteht schon am zweiten Tage ganz und gar aus *Bacillen*, welche in Berührung mit der Luft ihre Bewegung verloren, dafür aber in lebhaftes Wachsthum und Zelltheilung eingetreten sind. Dem Charakter der Gattung *Bacillus* entsprechend, wachsen sie in dünne, farblose, scheinbar ungegliederte

1) Siehe diese Beiträge Band I. Heft 2 pag. 175.

ausserordentlich lange, unbewegliche Fäden (*Leptothrix*-form) aus, welche in einfacher Schicht, etwa wie die Halme in einer Rohrdecke, parallel und eng nebeneinander gelagert sind (Fig. 8 links). Hier und da lassen anfangs die parallelen Fadenreihen zwischen sich Lacunen, in die sich kürzere Bacillen einschieben (Fig. 8 a b); indem diese aber ebenfalls rasch auswachsen und die Zwischenräume ausfüllen, entsteht eine zusammenhängende zarte Haut, welche die Oberfläche der Flüssigkeit vollständig bedeckt. Da aber die Zellvermehrung und das davon bedingte Längenwachsthum der Fäden noch längere Zeit mit grosser Lebhaftigkeit fort dauert, so müssen die Fäden wegen Mangel an Raum in den engen Reagenzylindern sich wellenförmig nach aussen und oben krümmen, das ganze Häutchen nimmt in Folge dessen jene runzelig faltige Beschaffenheit an, welche wir schon oben erwähnt haben.

Gleichzeitig aber verdickt sich das Häutchen durch Anlegung von *Bacillus*-Fäden auf der Unterseite. Hier und in der Flüssigkeit selbst wachsen die farblosen zarten *Bacillus*-Fäden nicht minder lang aus; sie gruppieren sich meist bündelweise, und indem sie an ihrer ganzen Fläche Schleim ausscheiden, treten die Fadenbündel in einen gewissen Zusammenhang, etwa wie die Oscillarienbündel der *Phormidien* oder der grünen Wasserblüthe *Limnochlide flos aquae*; so entstehen wirre Stränge oder unregelmässige dicht verflochtene Knäuel; dem blossen Auge erscheinen sie als kleine weisse Schüppchen oder Schleimflockchen. In diesen Strängen und Knäueln verflechten die schleim umhüllten Fadenbündel in den seltsamsten lockigen Windungen sich zu grösseren Gallertfilzmassen, oder gruppieren sich zu hohlen, netzartig durchbrochenen Schleimballen (Fig. 10). Die Bildung von Schleimsträngen und Gallertfilzknäueln war bisher von mir bei *Bacillus* noch nicht beobachtet worden.

5. *Sporenbildung bei Bacillus subtilis*. Nunmehr bereiten sich die *Bacillus*-Fäden zur Sporenbildung vor. In ihrem homogenen Inhalt treten stark lichtbrechende Körperchen auf; aus jedem dieser Körperchen entsteht eine oblonge oder kurz cylindrische, stark lichtbrechende dunkelcontourirte Spore; in den Fäden findet man daher die Sporen in einfache Reihen geordnet (vgl. Fig. 4). Die in Schleim eingebetteten Fadenbündel verhalten sich ebenso, wie die freien *Bacillus*-Fäden; in Folge dessen besteht das auf dem Aufguss schwimmende Schuppenhäutchen gar bald (schon am 3. oder 4. Tage) aus unzähligen parallelen Sporensreihen und ändert dadurch sein Licht-

brechungsvermögen, indem es von oben kreideartig weiss erscheint. Sobald die Sporenbildung vollendet, sind die einzelnen Fäden in der Regel nicht mehr unterscheidbar, und es macht den Eindruck, als ob die Sporen völlig frei im Schleim lägen, doch verräth schon die lineare Anordnung noch immer ihre Entstehung im Innern der Fäden (Fig. 11). Allmählich lösen sich die Fäden wirklich auf, die Bacillenhaut wird zu einem verstäubenden Pulver aufgelöst, die Sporen fallen heraus und sinken auf den Boden der Flüssigkeit, wo sie sich massenhaft absetzen (vgl. Fig. 4 b).

Ueber die Vorgänge bei der Sporenbildung können nur sehr starke Immersionssysteme genauere Kenntniss gewähren (Fig. 9, die mit Seibert Imm. 8 gezeichnet ist). Obwohl die *Bacillus*fäden selbst unter starken Vergrösserungen scheinbar ungegliedert sind, so ist dies in Wirklichkeit doch nicht der Fall; die einzelnen Glieder, aus denen die Fäden bestehen, sind etwa viermal so lang als breit. In jedem Gliede entsteht eine Spore, welche dessen Höhle nicht ganz ausfüllt, sondern von der leeren Zellhaut beiderseits umgeben ist. Die Sporen sind 1,5 — 2,2 Mikr. lang und 0,8 Mikr. dick, also 2 bis 3 Mal länger als breit; ihrer Entstehung nach scheinen sie denen der *Nostoc*een (*Cylindrospermum*, *Nostoc*, *Spermosira* u. a.) vergleichbar. Je nachdem der *Bacillus*faden kürzer oder länger, aus zwei, aus wenigen oder sehr vielen Gliedern besteht, finden wir die Sporen in einem Faden zu zweien, mehreren, oder in langen Ketten gereiht (Fig. 9); durch Zerfallen der *Bacillus*fäden isoliren sich auch einzelne Glieder, welche nur eine einzige Spore einschliessen. Wenn diese durch Austritt aus ihrer Mutterzelle völlig frei geworden, zeigt sie eine zarte, anscheinend gallertartige Umhüllung (Sporenhaut) und einen stark lichtbrechenden Inhalt. Aus der fettigen, Wasser nicht annehmenden Beschaffenheit der weissen Schuppenhäutchen, die, wie wir nunmehr wissen, ganz und gar aus den im Schleim eingelagerten *Bacillus*sporen gebildet sind, ist zu vermuthen, dass entweder der Inhalt dieser Sporen ölartig, oder ihre Membran für Wasser schwer benetzbar ist. Mit der Reife, dem Freiwerden und Absetzen der Sporen ist die Entwicklung der *Bacillen* zunächst abgeschlossen, und in den Heuaufgüssen tritt keine weitere Veränderung ein, nur die Häute nehmen später meist eine braungelbe Färbung an, vermuthlich durch Ausscheidung von Pigment aus den Aufgüssen.

Die Sporen sind jedoch keimfähig. Zwar keimen sie, wie es scheint, nicht in derselben Flüssigkeit, in welcher sie sich gebildet hatten; wenigstens sah ich niemals, dass nach Entstehung der Sporenmasse in einem der Versuchsgläser sich später eine neue

Trübung gezeigt hätte, die auf eine zweite Generation der *Bacillen* hätte zurückgeführt werden können; vielmehr blieben die Heuaufgüsse, nachdem sie sich einmal geklärt, trotz ihrer zahllosen Sporen fortan unverändert; aber wenn ich eine kleine Portion der Sporenmasse in einen Reagenzylinder brachte, dessen Heuaufguss noch nicht die Fermentation der *Bacillen* durchgemacht hatte, sondern durch stundenlanges Kochen vollständig sterilisirt und in der That selbst bei längerem Verweilen im Wärmkasten nicht verändert war, so keimten offenbar die Sporen; denn oft schon am folgenden Tage hatte sich ein weisses schleimiges *Bacillushäutchen* auf der Oberfläche des Aufgusses gebildet, in welchem die Entwicklung der *Leptothrix*-bündel, bald darauf der Sporenketten ihren regelmässigen Verlauf nahm. Als ich eine geringe Menge Sporen, welche schon seit Monaten auf dem Boden eines gekochten Aufgusses abgelagert waren, mit einem frischen Tropfen in die feuchte Kammer brachte, glückte es mir, die Keimung direct zu beobachten. Die Sporen schwoilen etwas an und trieben an einem Ende einen kurzen Keimschlauch, sie erschienen nun als Köpfchenbakterien¹⁾. Der stark lichtbrechende Körper der Spore verschwand bald; der Keimschlauch glich dann einem kurzen *Bacillus*stäbchen, das sich in Bewegung setzte, durch Quertheilung gliederte, dann fadenförmig verlängerte. Bald schwärmten im Tropfen zahllose kürzere und längere *Bacillen*, letztere gingen in Ruhezustand über und verfilzten sich in weisse, schon dem blossen Auge sichtbare Filzmassen. Wenn mit den *Bacillus*-Sporen Keime von *Bacterium Termo* eingeschleppt wurden, so misslangen meist die Keimungsversuche, da dieses sich rascher vermehrte und die *Bacillen* unterdrückte²⁾.

6. *Schlussfolgerungen.* Die hier mitgetheilten Beobachtungen, die sich in mehreren hundert Versuchen mit der Constanz physikalischer Experimente ausnahmslos wiederholten, scheinen mir den Schlüssel

1) Siehe diese Beiträge Band I. Heft 2 p. 145, Heft 3 p. 188.

2) Die *Bacilleng*ährung der Heuaufgüsse bietet überraschende Analogien zu dem Verlauf vieler Infectionskrankheiten. Im Heuaufgusse dauert die Incubation in der Regel zweimal 24 Stunden, während deren die inficirte Flüssigkeit anscheinend unverändert bleibt, obwohl gerade in dieser Zeit die lebhafteste Vermehrung der *Bacillen* stattfindet; am dritten Tage ist der Paroxysmus mit allgemeiner Trübung erreicht; bereits vom vierten Tage ab, wo die Sporenbildung beginnt, tritt Remission ein, die Flüssigkeit fängt an sich wieder zu klären; wenige Tage später ist alles vorüber, die Fermentorganismen sind sämmtlich in Sporen übergegangen und werden durch Häutchenbildung und Absetzen eliminirt; die Flüssigkeit ist von da ab immun, kann aber die Ansteckungskeime auf andere noch nicht inficirte Substrate übertragen.

des Räthsels zu enthalten, welches die Entwicklung von Organismen in gekochten organischen Stoffen bisher noch darbot. Folgende Thatsachen werden durch dieselben erwiesen:

I. In gekochten Flüssigkeiten entwickelt sich nicht *Bacterium Termo*, noch, so viel bis jetzt bekannt, ein anderer mikroskopischer Organismus, mit Ausnahme der *Bacillen*. Die Ursache dieser Erscheinung liegt nicht etwa darin, dass die Flüssigkeit durch das Kochen die Fähigkeit verliert, *Bacterium Termo* und die anderen Organismen zu ernähren und ihre Vermehrung zu veranlassen. Denn wenn ich in einen gekochten Heuaufguss, in welchem sich überhaupt nichts Lebendes entwickelt hatte, und der in Folge dessen völlig unverändert geblieben war, einen Tropfen aus einem ungekochten, in Gährung und Fäulniss übergegangenem Aufguss hineinbrachte, so war der gekochte Aufguss am folgenden Tage vollständig trübe, entfärbt, und wimmelte von *Bacterium Termo*, Hefe und den anderen im Tropfen vorhandenen *Schizophyten*.

Die einzige Ursache für das Ausbleiben jener Organismen in gekochten Aufgüssen kann daher nur darin liegen, dass dieselben unbedingt durch Kochen getödtet werden, wie ja auch die directen Versuche gezeigt haben, dass dieselben bereits durch die für alle höheren lebenden Wesen tödtliche Temperatur der Protoplasmacoagulation (circa 50°) ihre Vermehrungsfähigkeit verlieren, d. h. ohne Zweifel getödtet werden¹⁾.

II. Wenn sich *Bacillen* in den gekochten Aufgüssen entwickeln, so ist die Ursache davon in der von uns nunmehr ermittelten Entwicklungsgeschichte derselben zu suchen. Wir können nicht daran zweifeln, dass im Heu *Bacillus*-sporen enthalten sind, mögen dieselben schon an den lebenden Grashalmen adhäriren oder erst während des Mähens und Trocknens oder beim späteren Aufbewahren des Heues, während welcher Operationen eine gewisse Fermentation eintritt, hinein gelangen. Im trocknen Heu sind diese Sporen geschrumpft und mit Wasser schwer benetzbar; während des Digerirens werden sie losgespült und gelangen in den Heuaufguss; doch solange die Sporen nicht mit Wasser imbibirt und gequollen sind, können sie auf 100° erhitzt werden, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren, wie das unter gleichen Verhältnissen nicht bloß für Pilzsporen, sondern selbst

1) Vergleiche unter andern auch die berühmten Versuche von Pasteur über Conservation des Weines durch Erhitzen der Flaschen auf 50–60°, welche ausreichen, um alle Keime der Essig-, schleimigen, bitteren Gährung u. s. w. zu zerstören.

für Phanerogamensamen nachgewiesen ist¹⁾. Dass die ungequollenen *Bacillussporen* mindestens 15 Minuten, einzelne sogar 1—2 Stunden, im siedenden Wasser bleiben können, ohne getödtet zu werden, beruht vermuthlich auf ihrem ölarartigen Inhalt, vielleicht auch auf einer der Sporenhaut stark adhäreirenden Luftschicht, welche Leidenfrost'sche Phänomene hervorrufen mag; zum Theil hängt es von individuellen Eigenthümlichkeiten ab; auch beim Quellen und Keimen anderer Sporen und Samen zeigen sich ausserordentliche Verschiedenheiten in der erforderlichen Zeitdauer²⁾. Je länger jedoch das Kochen fortgesetzt wird, desto weniger *Bacillussporen* bleiben keimfähig, desto unsicherer und zufälliger werden die Ergebnisse; schliesslich, bei Erhitzen über 100° schneller, werden alle Sporen getödtet und die Flüssigkeit ist dann vollkommen sterilisirt. Sobald aber auch nur einige Sporen zur Keimung gelangen, so gehen aus ihnen bewegliche Stäbchen hervor, die sich durch Quertheilung rasch vermehren; sind ihrer am ersten Tage auch nur so wenig, dass sie dem blossen Auge sich nicht bemerklich machen, so haben sie sich am zweiten Tage schon so stark vermehrt, um eine häutige Schicht an der Oberfläche zu bilden, und in lange unbewegliche Fäden auszuwachsen; schon am dritten Tage beginnt die Erzeugung der Sporen; ist diese vollendet, so gehen die Fäden zu Grunde, die Sporen werden frei und können die Infection weiter verbreiten.

III. In allen Fällen, wo immer in gekochten organischen Stoffen sich Organismen entwickeln, habe ich bisher einzig und allein sporenerzeugende *Bacillen* gefunden. Dass in den Bastian'schen Rüben-Käsedecoeten es nicht der Rüben-aufguss, sondern die im Käse eingeschlossenen Dauersporen der

1) Nach Pasteur können trockene *Penicilliumsporen* auf 121°, nach Manassein auf 140—150° erhitzt werden, ohne Keimfähigkeit zu verlieren. Eine weit geringere Latitute (70—80°) zeigen die Angaben von Tarnowski (Sachs, Lehrbuch der Botanik, 4. Aufl. p. 699); doch ist mir die Methode, durch welche dieselben gewonnen sind, nicht bekannt.

2) Bei den Untersuchungen über Keimfähigkeit werden die Samen vorher in destillirtem, von Zeit zu Zeit erneuertem Wasser bei einer Temperatur von 18—21° gequellt; Nobbe fand u. a. bei einem Versuch mit *Trifolium pratense*, dass von 1000 Samen 927 nach einem Tage, 8 nach 3, 9 nach 5, 4 nach 9, 13 nach 10—19, 6 nach 21—26, 7 nach 31—36, 3 nach 43—48, 3 nach 52—59, 3 nach 91, 4 nach 147 und 3 nach 156 Tagen quollen (Nobbe, Handbuch der Samenkunde 1876 p. 112). Bei den Prüfungen in den Samencontrollstationen werden die innerhalb 10 Tagen gekeimten Samen der *Papilionaceen* gezählt, von den ungequollen gebliebenen noch ein Drittel dem Keimungsprocentatz hinzu addirt, weil erfahrungsmässig noch eine entsprechende Zahl dieser Samen nachträglich keimt (Eidam, Landw. Versuchsstationen XVIII.)

Labbacillen seien, welche der Kochhitze so lange widerstehen, habe ich bereits im vorigen Jahre wahrscheinlich gemacht¹⁾. Dass in gekochten Erbsen und Lupinen sich nicht *Bacterium Termo*, sondern *Bacillus subtilis* vermehrt und zu *Leptothrix*fäden und dichten Haufengewirren entwickelt, bemerkte ich schon im Jahre 1872 in meiner ersten Abhandlung über Bacterien²⁾. Zu dem nämlichen Resultate führten auch die von Eidam angestellten Versuche mit Erbsen und Hühnereiweiss, welche 14 Tage einer Temperatur von 44—46° ausgesetzt worden waren³⁾. Indem ich meine Tagebücher vergleiche, finde ich, dass ich bei allen diesen Versuchen auch stets die oblongen, stark lichtbrechenden Sporen sich massenhaft habe entwickeln sehen, von denen mir früher nur entgangen war, dass sie in den *Bacillus*- (*Leptothrix*) fäden entstehen. Auch in den hermetisch verschlossenen Blechbüchsen aus Frauenfeld, in denen gekochte Erbsen verdorben waren, hatte ich ausschliesslich *Bacillen* beobachtet.

Wenn andere Bacterien und sonstige Fermentorganismen (*Zymophyten*) beim Erhitzen nicht das nämliche Verhalten zeigen, wie die *Bacillen*, so liegt der Grund darin, dass, so viel wir bis jetzt wissen, einzig und allein bei den *Bacillen* Sporenbildung vorkommt.

Der scheinbaren Stütze, welche die Erscheinungen bei den gekochten Heuaufgüssen der Hypothese der Urzeugung gewähren, wird durch diese Beobachtungen jeder Halt entzogen.

IV. Nach Analogie der Beobachtungen an anderen Organismen musste vermuthet werden, dass bereits Temperaturen unter 100° ausreichen würden, um die Entwicklung der *Bacillen* in Heuaufgüssen zu verhindern, wenn die Wärme nur lange genug einwirken könne. Um hierüber zu experimenteller Entscheidung zu gelangen, wurden im Laufe des Juli c. unter freundlicher Assistenz des Herrn Dr. Eidam in unserem Institut eine grosse Zahl von Versuchen angestellt, welche, obwohl sie noch nicht abgeschlossen werden konnten, dennoch ein interessantes Verhalten der *Heubacillen* gegen höhere Temperaturen unter 100° bereits erkennen liessen.

Von gewöhnlichem saurem Heuaufguss wurden je 10 Gramm in Reagenzylinder gebracht, die vorher in einen engen Hals ausgezogen, und nachdem sie gefüllt, derart zugeschmolzen wurden, dass eine ausreichende Luftmenge mit eingeschlossen ward; hierauf wurden die

1) Siehe diese Beiträge Band I. Heft 3 p. 196. 1875.

2) Beiträge Band I. Heft 2 p. 218.

3) l. c. Band I. Heft 3 p. 216.

4) l. c. Band I. Heft 3 p. 200.

Gläschen in einen Kessel untergetaucht, dessen Wasser auf den gewünschten Wärmegrad erhitzt war, um ihnen in kurzer Zeit die für jeden Versuch erforderliche Temperatur mitzutheilen. Eine Anzahl so präparirter Gläschen wurde in eine grosse Glasschüssel gestellt und mit Watte umgeben, sodann die Schüssel in den Heizraum eines unserer Wärmkasten gebracht, dessen Temperatur durch eine vermittelst des Bunsen'schen Regulators regulirbare Gasflamme Tagelang nahezu auf constanter Höhe erhalten werden konnte; mehrere Thermometer, welche theils in verschiedener Höhe im Heizraum angebracht, theils direct in eines der Versuchsgläser eingeführt waren, gestatteten die Controle der erzielten Temperatur. Eine absolute Genauigkeit war allerdings nicht zu erlangen, weil die Temperatur des Heizraumes am Boden und am Deckel um ein Paar Grade differirte. Alle Stunden wurden in der Regel je 2 Gläser aus dem Heizraum heraus genommen, endlich sämtliche Gläser neben einander auf ein geeignetes Stativ gestellt und in einem zweiten Wärmkasten bei 25—30° ihrer weiteren Entwicklung überlassen. Ein Uebelstand, der bei diesen Versuchen sich herausstellte, dass nämlich bei längerem Erwärmen aus den Heuaufgüssen ein schwarzbrauner Stoff sich in klumpigen Flöckchen absetzte und auch auf der Oberfläche der Flüssigkeit ein harziges Häutchen sich bildete, erschwerte zwar die makroskopische Beobachtung, konnte jedoch kaum zur Verwechslung mit den charakteristischen weissen *Bacillen*membranen verleiten; die mikroskopische Untersuchung, die in allen zweifelhaften Fällen vorgenommen wurde, gab ohne Weiteres entscheidende Aufklärung.

1. Zuerst wurde die Temperatur im Heizkasten auf 47—50° gebracht und mehrere Reagenzylinder, deren Heuaufguss durch Zufügung eines *Bacillentropfens* inficirt war, hineingesetzt; schon nach 24 Stunden hatten sich an der Oberfläche der Aufgüsse dicke *Bacillen*membranen gebildet; andere *Schizophyten* dagegen kamen nicht zur Entwicklung.

2. Die Temperatur im Heizkasten wurde auf 57—60° gebracht, und 34 Reagenzylinder darin 2—17 Stunden lang belassen; der Heuaufguss war nicht absichtlich inficirt worden; am folgenden Tage war alles unverändert, am zweiten hatten bereits 20 Gläser, die 2 bis 16 Stunden lang erwärmt waren, sich getrübt und ein *Bacillus*häutchen gebildet; am dritten Tage waren noch 4, am vierten noch 2, bis zum zehnten noch 6 Gläser von *Bacillen* getrübt, nur je eines der 11, 15 und 17 Stunden lang erwärmten Gläser war unverändert geblieben.

Bei einer Wiederholung dieses Versuchs zeigten sämtliche

Gläser, die 1—11 Stunden lang in einer Temperatur von 57—60° verweilt hatten, zwei Tage später *Bacillen*bildung.

3. Mehrere absichtlich inficirte, sodann zugeschmolzene oder mit Baumwolle verstopfte Gläser wurden 24—72 Stunden lang im Heizraum bei 53—55 und bei 57—60° belassen; in keinem dieser Gläser entwickelten sich *Bacillen* während der Exposition in der höheren Temperatur; in den nach 24 Stunden herausgenommenen und sodann bei 25—30° aufgestellten Gläsern bildete sich die *Bacillenhaut* zwei Tage später.

4. 20 Gläschen wurden 2—15 Stunden lang auf 67—70° erhitzt, zwei Tage später hatten 16, darunter auch die am längsten erwärmten eine *Bacillenhaut* bekommen; vier (je eines der 6, 10, 12, 14 Stunden exponirten) waren sterilisirt.

5. 42 Gläschen wurden 2—26 Stunden auf 77—80° erhitzt, zwei Tage später hatte sich in 31 Gläsern die *Bacillenhaut* gebildet, und zwar auch in den 24—26 Stunden lang exponirten; 11 Gläser (10, 16, 18, 20, 22, 23, 25 Stunden erhitzt) schienen nicht verändert, doch trat nachträglich noch in sieben derselben *Bacillen*bildung ein, nur drei (22, 23, 25 Stunden exponirt) waren sterilisirt.

6. Um die Einwirkung nach längerer Erhitzung zu ermitteln, wurden 24 Gläschen einer Temperatur von 72—75° ausgesetzt; die ersten drei nach 12, die folgenden drei nach 24, die nächsten drei nach 36 Stunden u. s. f., die letzten drei nach 96 Stunden herausgenommen. Die 12 Stunden lang exponirten zeigten zwei Tage später das *Bacillushäutchen*; von den 24 Stunden exponirten hatte eines am dritten Tage ein Häutchen gebildet, die beiden anderen zeigten eine geringe Trübung, bildeten aber kein Häutchen; in einzelnen der 36 und 48 Stunden erhitzten zeigten sich *Bacillen* am vierten Tage, in einem 60 Stunden erwärmten erschien am sechsten, in einem 84 Stunden erwärmten am siebenten, und in einem der 96 Stunden erhitzten noch am neunten Tage ein Anflug von *Bacillen*.

7. Eine Anzahl zugeschmolzener Reagenzgläser, welche 72 bis 91 Stunden der Temperatur von 70—75° ausgesetzt gewesen waren und in denen sich nichts Lebendes entwickelt hatte, wurden durch Aufbrechen des Halses geöffnet und mit Hilfe einer vorher ausgeglühten Stahlnadel, ein jedes mit einem Tropfen schwärmender *Hen-Bacillen*, die eben im Begriff standen, Sporen zu bilden, inficirt.

Die eine Hälfte dieser Gläser wurde in den Wärmkasten bei 25—30° gebracht; nach 17 Stunden hatten sich die *Bacillen* stark vermehrt, waren in lange Fäden ausgewachsen, theils in schwärmen-

der Bewegung, theils zu einem schwimmenden Häutchen parallel aneinandergelagert, welches Tags darauf in Sporenbildung übergieng; es war also der Heuaufguss noch geeignet *Bacillen* zu entwickeln.

Die andere Hälfte der inficirten Gläschen dagegen wurde in den Heizraum zurückgestellt und in diesem bei ca. 75° noch 24 Stunden belassen, die Flüssigkeit war vollkommen klar geblieben; mit dem Mikroskop zeigte sich, dass die zugesetzten *Bacillen* unbeweglich geworden, mit der harzigen Abscheidung inkrustirt und in Zersetzung übergegangen waren; einige Sporen mussten jedoch keimfähig geblieben sein, denn drei Tage später hatte sich bei einer Temperatur von 25—30° ein *Bacillen*häutchen gebildet.

Aehnliche Versuche mit Reagenzylindern, die nicht zugeschmolzen sondern mit Baumwolle verstopft waren, gaben ähnliche Resultate. Aus alledem lassen sich, wie ich glaube, folgende Schlussfolgerungen über das Verhalten der Heubacillen bei höheren Temperaturen unter 100° entnehmen:

a. Bei einer Temperatur von 47—50° vermehren sich die *Bacillen* noch lebhaft und gelangen in normaler Weise zur Haut- und Sporenbildung, während die übrigen, im Heuaufguss vorhandenen *Schizophyten* bereits bei dieser Temperatur zur Fortentwicklung unfähig werden (Versuch 1.).

b. Bei einer Temperatur zwischen 50 und 55° hört alle Vermehrung und Entwicklung der *Bacillen* auf, sie bilden bei dieser Temperatur weder Häute noch Sporen, die schwärmenden und die wachsenden Fäden werden getödtet, die Sporen dagegen behalten längere Zeit (mindestens 17 Stunden) ihre Keimfähigkeit (Versuch 2., 3.).

c. Während gewöhnlich die Heuaufgüsse schon nach 24 Stunden langem Verweilen in einer Temperatur von 60° und darüber sterilisirt werden, scheinen einzelne *Bacillus*sporen sogar drei- bis viertägige Erwärmung auf 70—80° zu überdauern, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüssen (Versuch 4—6.).

Eine genauere Feststellung der Temperaturgrenzen, in denen sich die Entwicklung der *Bacillen* bewegt, behalte ich späteren Untersuchungen, die sich auf exactere Methoden stützen sollen, vor.

V. Auch in ungekochten Flüssigkeiten entwickeln sich *Bacillen*; im ungekochten Heuaufguss erscheinen sie gleichzeitig mit *Bacterium Termo* und gelangen meist auch zur Fadenbildung, werden aber von ihren lebenskräftigeren Mitbewerbern bald unter-

drückt, während im stark erhitzten Substrat ihre Sporen allein lebensfähig bleiben und daher ausschliesslich zur Entwicklung gelangen¹⁾. Wie häufig sich *Bacillen* in den serösen Flüssigkeiten thierischer Gewebe entwickeln und zur Sporenbildung gelangen, kann aus den Darstellungen und Abbildungen von Billroth entnommen werden. Wir halten es für wahrscheinlich, dass auch die vielen, in pathologischen Bildungen beobachteten *Leptothrix*-formen in den Entwicklungskreis unserer Gattung *Bacillus* gehören, wenn auch der genetische Zusammenhang noch dunkel ist. Insbesondere bedarf der Aufklärung noch die wegen ihres scheinbar normalen Auftretens in Mund und Rachenhöhle so räthselhafte *Leptothrix buccalis* Robin, deren steife Fadenbündel ganz so aussehen, als seien sie unbeweglich gewordene Entwicklungszustände eines *Bacillus*. Dass sich auch im Magen der Rinder *Bacillen*- und *Leptothrix*-fäden normal entwickeln, habe ich schon früher als wahrscheinlich hingestellt²⁾.

VI. Ueber die Physiologie der *Bacillen*, namentlich über ihre Fermentwirkungen, fehlt es noch an ausreichenden Untersuchungen, insbesondere vom chemischen Gesichtspunkte. Unsere Beobachtungen an den *Bacillen* der Heuaufgüsse haben gezeigt, dass die besonders üppige Vermehrung derselben, das Auswachsen in lange Fäden und die Sporenbildung ausschliesslich an der Oberfläche der Nährflüssigkeit, also offenbar unter Einfluss der Luft stattfindet. In allen unseren Versuchen mit zugeschmolzenen und daher mit einer beschränkten Luftmenge versehenen Kölbchen, deren Zahl weit über 100 betrug, entwickelte sich auf der Oberfläche der gekochten Heuaufgüsse zwar immer das aus ruhenden *Bacillus*-fäden in parallelen Reihen oder Schleimbündeln gebildete Häutchen; aber es blieb stets äusserst dünn, zart, fettig; nur sehr selten begann die Sporenbildung. Wenn in einigen dieser Kölbchen dicke, staubige, weisse oder gelbe Häute gefunden wurden, so ergab sich ausnahmslos, dass der zugeschmolzene Hals durch Zufall wieder aufgebrochen war, wenn auch nur in eine feine Oeffnung, und in allen diesen Fällen hatten

¹⁾ In ähnlicher Weise werden die chromogenen *Micrococcen* auf Kartoffeln u. s. w. durch *Bact. Termo* unterdrückt (Beiträge I. 2. p. 113, 150). Auf ein solches Ueberwuchern der *Bacillen* durch *Bacterium Termo* sind vermuthlich die mir sonst unverständlichen Angaben von Pasteur zurückzuführen, welcher die Fäulniss durch die Mitwirkung von zweierlei Organismen, von Thieren (Bakterien), die des Sauerstoffs bedürfen, und von Pflanzen, Vibrionen (wahrscheinlich *Bacillen*), die durch Sauerstoff angeblich getödtet werden, zu erklären versucht hat. Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris 1861. LI. 211. 344.

²⁾ Beiträge Band I. Heft 3. p. 194.

sich Sporen massenhaft gebildet. Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass die vollkommene Entwicklung der *Bacillen* und insbesondere ihre Fortpflanzung durch Sporen nur bei ungehindertem Luftzutritt eintritt. Aber gerade bei den der Luft frei ausgesetzten und von reicher *Bacillushaut* bedeckten Aufgüssen findet keine auffallende Fermentation statt; dieselben bleiben, nachdem sie sich kurze Zeit getrübt, später völlig unverändert. Auf der andern Seite wissen wir, dass in hermetisch verschlossenen Blechbüchsen mit Conserven, in welchen durch stundenlanges Kochen alle oder doch der bei weitem grösste Theil der Luft ausgetrieben sein muss, sich mitunter *Bacillen* entwickeln, ohne sich jedoch besonders reichlich zu vermehren, gleichwohl aber eine äusserst energische Fermentation veranlassen, in Folge deren sich Gas unter mächtigem Druck entwickelt. In den am Anfang dieser Abhandlung erwähnten, aus Frauenfeld, Canton Thurgau, bezogenen Blechbüchsen mit verdorbenen Erbsen waren durch die Spannung des Gases die Deckel convex nach aussen gewölbt, und als einer der Steuerbeamten bei Ankunft der Sendung aus der Schweiz seiner Pflicht durch Anbohren eines Deckels glaubte Genüge leisten zu müssen, wurde der flüssige Inhalt der Büchse im Nu explosionsartig nach Aussen geschleudert. Aehnliche Explosionen habe ich schon 1872 bei der Gährung gekochter Lupinen in zugeschmolzenen Glaskölbehen erwähnt¹⁾.

Ich vermüthe, dass unter solchen Umständen Butter säuregährung eintritt und dass die *Bacillen* die Erreger derselben sind; denn bei sonst gleichen Verhältnissen unterbleibt in den Conserven die Gährung, wenn keine *Bacillen* sich entwickeln, und umgekehrt²⁾. Hiernach geht die Fermentwirkung der *Bacillen* in luftfreiem Raume mit besonderer Intensität vor sich, während intensives Wachsthum und Sporenbildung an den ungehinderten Zutritt der Luft gebunden ist. Ich verzichte darauf, die nahe liegende Parallele zwischen diesen und den Beobachtungen über das Verhalten des Alcohol-Hefepilzes auszuführen, weil eben die chemische Seite der Fermentthätigkeit der *Bacillen* mir nicht genügend durchgearbeitet scheint³⁾.

Eigentliche Fäulniss, welche erst mit der völligen Zerstörung der faulenden Substanz abschliesst, tritt in gekochten Substanzen und Aufgüssen niemals ein, wenn nicht nachträgliche Infection mit dem

1) Beiträge Band I. Heft 2 p. 218.

2) Vergl. auch Pasteur, Compt. rend. 1861. LII. 344.

3) Vergl. Jahresbericht der Schles. Gesellschaft 1873, Botan. Section p. 117.

Ferment der Fäulniss, *Bacterium Termo*¹⁾, stattfindet; bei Heuaufgüssen genügt Erwärmung auf 50^o, um diese Veränderungen durch *B. Termo*, nicht aber die durch *Bacillus* zu verhindern. Unsere Untersuchungen geben neue Stütze dem Satze, den ich als den Angelpunkt für die wissenschaftliche Erkenntniss der Bacterien und ihrer chemischen und pathogenen Fermentwirkungen überhaupt betrachte, dass es ganz verschiedene Gattungen²⁾ dieser Organismen giebt, welche immer nur aus Keimen gleicher Art hervorgehen und durch verschiedene Entwicklung, verschiedene biologische Bedingungen und Fermentthätigkeiten sich scharf und constant unterscheiden. Als zwei solche völlig distincte Gattungen haben wir insbesondere *Bacterium Termo* und die *Bacillen* nachgewiesen, welche höchstens in ihren ersten Entwicklungszuständen verwechselt werden können, etwa wie die Zoosporen und Keimlinge einer *Chaetophora*, einer *Cladophora*, einer *Ulothrix* u. a. verwechselt werden können, die aber durch ihre gesammte Entwicklungsgeschichte, durch ihr Verhalten gegen höhere Temperaturen und andere Lebensbedingungen, sowie durch ihre Fermentwirkung sich durchaus verschieden erweisen.

VII. Unter den bisher beobachteten *Bacillen* nehmen die im Blut milzbrandkranker Thiere und Menschen sich in unendlicher Menge entwickelnden insofern eine besondere verhängnissvolle Stellung ein, als ihre pathogene Bedeutung ausser allem Zweifel

1) Nicht Infusorien, Vibrionen oder Bacterien schlechthin, wie man früher sagte, sondern eine von den übrigen Baeterien distincte Art, *Bacterium Termo*, ist, wie ich schon im Jahre 1872 ausgesprochen (Beiträge Band I. Heft 2 p. 169, 203) das Ferment der Fäulniss in dem nämlichen Sinne, in dem *Sacharomyces* als Ferment der Alkoholgährung bezeichnet wird. Wer noch heut die Fäulniss von einer spontanen Dissociation der Proteinmolecule, oder von einem unorganisirten Ferment ableitet, oder gar aus „Stickstoffsplittern“ die Balken zur Stütze seiner Fäulnisstheorie zu zimmern versucht, hat zuerst den Satz „Keine Fäulniss ohne *Bacterium Termo*“ zu widerlegen. Da auch in Wasser unlösliche Albuminate, z. B. hartgekochtes Hühnereiweiss, durch die Fäulnissbacterien zerstört werden, so ist anzunehmen, dass diese Bacterien zunächst ein flüssiges Secret ausscheiden, welches, ähnlich dem Pepsin, auch feste stickstoffhaltige Verbindungen zu verflüssigen und zu spalten vermag; dass ein Theil dieser Spaltungsproducte, und zwar Ammoniakverbindungen, zur Ernährung und Vermehrung der Bacterien verwerthet werden, habe ich schon früher (Band I. Heft 2 p. 210) wahrscheinlich zu machen gesucht.

2) Meine Gattungen (*Micrococcus*, *Bacterium*, *Bacillus*, *Vibrio*, *Spirillum*, *Spirochaete*) halte ich für natürlich, während ich die von mir aufgestellten Arten dieser Gattungen nur als provisorisch ansehe.

steht. Im Jahre 1875 habe ich darauf aufmerksam gemacht, da die *Bacillen* sich in der Regel durch Dauersporen fortpflanzen, dass auch bei den Stäbchen des Milzbrandes solche zu erwarten, und dass in diesen die Keime der Infection in scheinbar stäbchenfreiem Blute zu vermuthen seien¹⁾. Zu meiner grossen Freude erhielt ich von Dr. Koch in Wollstein eine briefliche Anzeige vom 22. April e., dass derselbe sich längere Zeit mit der Untersuchung des Milzbrandcontagiums beschäftigt habe, und dass es ihm endlich gelungen sei, den vollständigen Entwicklungsgang des *Bacillus Anthracis* aufzufinden; er sprach seine Bereitwilligkeit aus, im hiesigen pflanzenphysiologischen Institut die nothwendigsten Experimente unter meinen Augen anzustellen und mein Urtheil über den Befund einzuholen. In Folge dessen hielt sich Herr Dr. Koch vom 30. April bis 3. Mai in Breslau auf und machte in unserem Institute durch Einimpfen mitgebrachten Milzbrandmaterials auf lebende Frösche, Mäuse und Kaninchen eine Reihe von Experimenten, welche mir Gelegenheit boten, mich von der vollen Richtigkeit seiner Entdeckungen über die Entwicklung der Milzbrandbacillen zu überzeugen; auch die Herren DrDr. Auerbach, Cohnheim, Eidam, Lichtheim, M. Traube, C. Weigert haben diesen Versuchen und Demonstrationen beigewohnt. Indem ich es Herrn Dr. Koch überlasse, über seine durch sinnreiche Methoden gewonnenen Resultate in seiner am Schluss dieses Aufsatzes aufgenommenen Abhandlung selbst zu berichten, und die hochwichtigen Schlussfolgerungen, welche sich aus seinen Untersuchungen über die Natur und Verbreitung des Milzbrandcontagiums ergeben, selbst vorzutragen, bemerke ich hier nur, dass die Entwicklungsgeschichte der Milzbrandbacillen ganz und gar mit der für die Bacillen der Heuaufgüsse ermittelten übereinstimmt. Zwar fehlt den Milzbrandbacillen das bewegliche Stadium, im Uebrigen aber ist ihre Aehnlichkeit mit den Heubacillen eine so vollständige, dass ich die Zeichnungen von Koch ohne Weiteres zur Erläuterung der von mir beobachteten Zustände herbeiziehen konnte, sowie umgekehrt einzelne meiner Zeichnungen zur Illustration der Milzbrandstäbchen dienen können. Für Diejenigen, denen die Autopsie dieser merkwürdigen Verhältnisse abgeht, bemerke ich ausdrücklich, dass von einer Unsicherheit der Koch'schen Untersuchungen in Folge etwaiger Verwechslungen oder Verunreinigungen absolut nicht die Rede sein kann. Es liegt hier einer jener Fälle vor, deren die Lehre von den Bacterien mehrere

¹⁾ Beiträge Band I. Heft 3 p. 200.

aufzuführen hat, dass eine und die nämliche Bacterienform oder vielmehr zwei unter dem Mikroskop nicht sicher zu unterscheidende Arten, die eine im menschlichen Organismus als constanter Begleiter spezifischer pathologischer Zustände, ohne Zweifel als Träger des Contagiums, die andere ausserhalb des Organismus in indifferenten Medien und ohne bekannte oder mit ganz verschiedenartiger Fermentwirkung auftritt. Ob die Zukunft einen genetischen Zusammenhang zwischen den *Bacillen* des Hen's und des Milzbrandes, zwischen der *Spirochaete* des Sumpfwassers und des *Recurrrens*, zwischen den *Micrococcus*colonien verdorbener Trinkbrunnen oder gährender Speisen und des Typhus oder der Diphtheritis u. s. w. wird erkennen lassen, oder ob es sich hier um äusserlich ähnliche aber spezifisch verschiedene Arten oder Rassen handelt, das zu entscheiden mag der Weiterentwicklung der Wissenschaft anheimgestellt werden, welche seit der verhältnissmässig kurzen Zeit, wo diese Fragen ernstlich und mit exacter Methode in Angriff genommen werden, schon so viele wichtige Thatsachen auf diesem Gebiet ans Licht gebracht hat.

Breslau, Juli 1876.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Beiträge zur Biologie der Pflanzen](#)

Jahr/Year: 1876

Band/Volume: [2_2](#)

Autor(en)/Author(s): Cohn Ferdinand Julius

Artikel/Article: [Untersuchungen über Bacterien 249](#)