

Untersuchungen über Bacterien.

II.

Von

Dr. Ferdinand Cohn.

Mit Tafel V. und VI.

Seit der Veröffentlichung meiner Untersuchungen im zweiten Hefte dieser Beiträge ist die Literatur über Bacterien und die mit ihnen in Zusammenhang stehenden Fragen derart angeschwollen, dass ein vollständiger Ueberblick selbst dem Specialforscher kaum noch möglich ist. Dennoch lässt sich nicht behaupten, dass die mannigfachen Probleme, welche die Systematik und Physiologie dieser Organismen darbieten, zu endgiltiger Lösung gelangt seien; dankbar benutzen wir das immer reichlicher sich häufende und mehr und mehr sich abklärende Material, welches von Seiten der pathologischen Anatomie, nicht nur durch Erforschung der Gewebsveränderungen bei den an die Entwicklung von Bacterien geknüpften Infectionskrankheiten sondern auch durch sinnreiche Versuchsreihen, herbeigeschafft wird¹⁾; sobald es sich aber um das wissenschaftliche Verständniss der Fermentthätigkeiten der Bacterien handelt, fühlt nach wie vor der Biologe, der das Mikroskop als wichtigstes Handwerkszeug benutzt, unsicheren Boden unter seinen Füßen, und vermisst noch immer das zuverlässige Fundament, welches allein die physiologische Chemie mit der Wage in der Hand seinen Untersuchungen zu unterbreiten im Stande wäre.

¹⁾ Vergleiche hierüber die mit unparteiischer Kritik geschriebene Zusammenstellung von Dr. Birch Hirschfeld: Die neueren pathologisch-anatomischen Untersuchungen über Vorkommen und Bedeutung niederer Pilzformen (Bacterien) bei Infectionskrankheiten (Schmidt, Mediz. Jahrbücher CLXVI. p. 169 seq.).

Auch die Beobachtungen, von welchen ich in den nachstehenden Blättern Rechenschaft geben will, sind nur vereinzelt Beiträge, welche zu einer dereinstigen abschliessenden Bearbeitung einiges neue Material herbeischaffen sollen; ich vertheile dasselbe in zwei Abschnitte, von denen der erste die systematischen Verhältnisse behandelt und insbesondere einige noch wenig bekannte Organismen aus der Verwandtschaft der Bacterien beschreibt; im zweiten Abschnitt sollen vorzugsweise biologische Fragen besprochen werden.

I. Beiträge zur Systematik der Bacterien.

In meiner früheren Abhandlung war ich von der Ueberzeugung ausgegangen, dass die Bacterien eine natürliche Familie bilden, welche die niedersten aller pflanzlichen Organismen vereinigt und gewissermassen den Ausgangspunkt aller lebenden Wesen darstellt; die Bacterien zeigen zwar zu verschiedenen Typen höher organisirter Pflanzen engere oder entferntere Verwandtschaft, stellen jedoch eine in sich abgeschlossene und durchaus selbstständige Gruppe dar. Innerhalb dieses Familienverbandes glaubte ich eine grössere Zahl von Gattungen und Arten unterscheiden zu müssen, und obwohl ich mir nicht verhehlen konnte, dass es überaus schwierig sei, bei den Bacterien die Variationen, welche aus veränderter Ernährung oder andern Lebensbedingungen hervorgehen, von den angeborenen und constant sich vererbenden Charakteren zu unterscheiden, welche allein zur Begründung distincter Species berechtigen, so glaubte ich doch, die von mir aufgestellten systematischen Abtheilungen im Wesentlichen als natürliche ansprechen zu dürfen. Ich hielt mich selbst für berechtigt, wo an eine gewisse Bacterienform eigenthümliche physiologische Erscheinungen, insbesondere spezifische Fermentwirkungen constant gebunden sind, dieselbe auch als eine selbstständige Species aufzufassen, selbst wenn ich unter dem Mikroskop keine äusseren Unterscheidungsmerkmale von andern Arten zu erkennen vermochte.

Dieser Gliederung der Bacterien in Gattungen und Arten wird von Denen die Berechtigung abgesprochen, welche in sämmtlichen Bacterien nur eine einzige Lebensform erblicken, die im Verlaufe ihrer Entwicklungsgeschichte, ganz besonders aber in Folge veränderter Lebensumstände sehr verschiedenartige Gestaltungen annehmen kann; die Uebergänge auch der abweichendsten Formen sollen sich nicht blos unter dem Mikroskop beobachten, sondern auch deren gemeinschaftliche Abstammung aus den nämlichen Keimen durch das Experiment in vielen Fällen direct verfolgen lassen.

Das weitaus bedeutendste Werk, welches diese Auffassung zu begründen sucht, ist im Jahre 1874 von Th. Billroth in prachtvoller Ausstattung veröffentlicht worden¹⁾. Nach Billroth gehören sämtliche Bacterien zu einer einzigen Pflanzenart, „welche theils aus runden, theils aus stäbchenförmigen Gliedern, von verschiedener, innerhalb gewisser Grenzen sehr differenter Grösse zusammengesetzt ist; die ersteren werden als *Coccus*, die letzteren als *Bacteria* bezeichnet; doch gehen beide Formen wohl gelegentlich in einander über, obwohl sie bei ihrer Vegetation in sofern von einer gewissen Constanz sind, als eine Zeit lang *Coccus* durch Streckung und Quersfurchung meist wieder *Coccus*, *Bacteria* auf gleiche Weise *Bacteria* erzeugt. Der Grösse nach kann man sowohl bei *Coccus* als bei *Bacteria* drei Stufen unterscheiden (*Micro*-, *Meso*- und *Megacoccus*; *Micro*-, *Meso*- *Megabacteria*); in der Regel überwiegt in jedem Stadium der Fäulniss eine Grössenform mit Entschiedenheit; auch kann zwar *Megacoccus* in *Micrococcus* zerfallen; aber nicht umgekehrt *Micrococcus* sich zu *Megacoccus* vergrössern; vielmehr erscheint letzterer von Anfang an in seiner normalen Grösse; ähnliches gilt von *Bacteria*. Gleichwohl dürfe man weder in den runden Formen eine besondere Gattung (*Micrococcus*), noch in den stäbchenförmigen ein anderes Genus (*Bacterium* Ehrenb.) erblicken, vielmehr seien beide nur Vegetationsformen einer und der nämlichen Art, für welche Billroth den neuen Namen „*Coccobacteria septica*“ einführen will. Während der Vermehrung scheidet *Coccobacteria* eine schleimartige Hülle (*Glia*) aus; die Vermehrung erfolgt besonders an der Oberfläche von Flüssigkeiten, so dass dünne häutige Platten entstehen, welche, wenn von *Coccus* gebildet, *Petalococcus*, wenn von *Bacteria*, *Petalobacteria* genannt werden; bei *Coccus* findet solche Vermehrung auch bis in eine gewisse Tiefe in die Flüssigkeit hinein statt, wodurch die flockigen wolkigen Formen von *Gliacoccus* zu Stande kommen, für welche ich schon 20 Jahre früher die Bezeichnung *Zoogloea* eingeführt hatte. Auch soll sich *Coccus* stark vergrössern können; dann wird sein Inhalt durch immer fortschreitende Theilung wieder zu *Coccus*, und die Gliakapsel hüllt das Ganze als Schlauch ein; dies nennt Billroth *Ascococcus*; in gleicher Weise kann sich auch *Bacteria* zu *Ascococcus* umbilden.

1) Dr. Theodor Billroth, Untersuchungen über die Vegetationsformen von *Coccobacteria septica* und den Antheil, welchen sie an der Entstehung und Verbreitung der accidentellen Wundkrankheiten haben Mit fünf Kupfertafeln und einem Holzschnitt. Berlin, Georg Reimer 1874. Fol.

Erfolgt endlich die Streckung mit Durchfurchung von *Coccus* oder von *Bacteria* nur in einer Richtung, und wird dieselbe entweder in Folge unvollkommener Durchfurchung oder durch die schlauchartige Gliahülle zusammengehalten, so entstehen Doppelkügelchen (*Diplococcus*) und Cocosketten (*Streptococcus* Billr.) auf der einen, Doppelstäbchen (*Diplobacteria*) und Bakterienketten (*Streptobacteria* Billr.) auf der andern Seite. Sowohl *Coccus* und *Streptococcus*, als *Bacteria* und *Streptobacteria* zeigen in gewissen Perioden ihrer Entwicklung, wenn sie nicht von zu viel Glia umhüllt und nicht zu gross sind, bald lebhaftere, bald träge Bewegungen, gleich denen der *Oscillarien*, zu deren Familie auch *Coccobacteria* gehört“ (Billroth l. c. p. 24).

Was Billroth *Streptococcus* nennt, hatte ich selbst als Toruliform von *Micrococcus* bezeichnet; seine *Streptobacteria* dagegen entspricht meiner Gattung *Bacillus* (resp. *Leptothrix* Hallier). Hiernach werden sämtliche von mir aufgestellten *Bacteriaceengattungen* und Arten mit Ausnahme von *Spirillum* und *Spirochaete*, über welche Billroth das Urtheil späteren Untersuchungen noch vorbehält, in die einzige polymorphe Species *Coccobacteria septica* zusammengeschmolzen.

Diese Darstellung hat insbesondere bei Medicinern und Pathologen vielfach um so lebhaftere Beistimmung gefunden, da sie zugleich als das Endresultat einer grossen Reihe mikroskopischer und experimenteller Beobachtungen, wie nicht minder einer ungewöhnlichen reichen klinischen Erfahrung auftritt, und einer selbstständigen Theorie der Wundkrankheiten und diphtheritischen Processe zur Basis dient. In der That ist in den wichtigen Untersuchungen von Anton Frisch¹⁾, E. Tiegel²⁾ und anderen Forschern die Billroth'sche *Coccobacteria* adoptirt worden.

Nichts desto weniger glaube ich an der von mir bisher befolgten Methode festhalten zu müssen, Bacterien von verschiedener Gestaltung und verschiedener Fermentthätigkeit als verschiedene Arten und Gattungen so lange aus einander zu halten, als nicht der Beweis ihrer Identität mit voller Evidenz geführt ist. Denn ganz abgesehen von den Motiven, welche mich von vornherein zur Unter-

¹⁾ Prof. Anton Frisch, Experimentelle Studien über die Verbreitung der Fäulnisorganismen an den Geweben und die durch Impfung der Cornea mit pilzhaltigen Flüssigkeiten hervorgerufenen Entzündungsprocesse. Erlangen 1874.

²⁾ Tiegel, Ueber *Coccobacteria* im gesunden Wirbelthierkörper. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmacie I. 1. 1873.

scheidung distincter Species bei den Bacterien geführt, und die in neuerer Zeit noch wesentliche neue Unterstützung gewonnen haben, meine ich, dass es für die Fortentwicklung der Wissenschaft minder nachtheilig ist, wenn selbst allzuviele Formen, die schliesslich aus gemeinschaftlicher Quelle abgeleitet werden können, so lange und so weit als möglich aus einander gehalten werden, als wenn umgekehrt durch Zusammenwerfen verschiedenartiger Wesen auf deren specielle Erforschung von vorn herein verzichtet wird. Zwar habe ich mich, wie schon früher, auf selbstständige Untersuchungen der in pathologischen Zuständen des Menschen und der höheren Thiere auftretenden Bacterien nicht einlassen wollen, weil ich mich auf diesem schwierigen Gebiete besseren Forschern gegenüber nicht für stimmberichtig erachten darf; ich glaube jedoch, dass die von mir festgehaltene Beschränkung auf die unter einfacheren Lebensbedingungen sich entwickelnden Ferment-Organismen so lange eine besondere Berechtigung hat, als es sich noch darum handelt, über die allgemeineren biologischen Verhältnisse derselben möglichst zuverlässige Thatsachen festzustellen; nur auf diesem Wege dürfen wir hoffen, dass auch für das bedeutungsvolle Auftreten der Bacterien in Infectiouskrankheiten eine gesicherte Basis gewonnen werden kann. Dass ich in meine Untersuchungen, auch einige nicht unmittelbar zu den Bacterien gehörige Organismen aufgenommen habe, wird durch ihre verwandtschaftlichen Beziehungen gerechtfertigt erscheinen.

1. *Billroth über Ascococcus*. Wenn ich Billroth auf seinem Wege der Verschmelzung aller Bacterien ebenso wenig folgen kann als in seiner neuen Nomenklatur, da der Botaniker, zum Gehorsam gegen den alten Linné'schen Codex sammt den Novellen und Commentaren der internationalen „*Lois de la nomenclature botanique*“ verpflichtet, sich von den Gesetzen der Priorität nicht emancipiren darf, deren Uebertretung dem genialen Chirurgen verziehen werden mag, so frent es mich doch, einem der neuen Namen das Bürgerrecht in der Wissenschaft zuweisen zu können, da derselbe einem von Billroth zuerst unterschiedenen und, wie ich meine, durchaus selbstständigen Organismus zukömmt.

Bei genauer Beobachtung der Bacterien-Decke, welche sich auf faulem Fleischwasser, Hydrocelenflüssigkeit u. s. w. bildet, bemerkte Billroth, dass sich in derselben gewisse graue und grau grünliche Figuren mit einiger Regelmässigkeit wiederholen; es sind rund conturirte, zusammenhängende kolbige und cylindrische Formen, bald mehr bald weniger deutlich. Die schwimmende Bacterien-Haut selbst ist erst äusserst fein mit concentrischen Kreisfiguren gezeichnet,

allmählich wird sie dick (ca. 0,5 mm.) und ziemlich fest und zeigt Faltungen, weil sie an den Rändern des Gefässes verhindert ist, sich der Fläche nach weiter auszudehnen; schliesslich sinkt sie zu Boden, und löst sich in einen locker cohärirenden flockigen Niederschlag auf.

Die Faltungen entstehen „durch eine ganz eigenthümliche Vegetationsform des *Coccus*,“ welche Billroth als *palmelloide* bezeichnet. Eingebettet in „*Coccoglia*“ bildet sich *Ascococcus* in Gestalt von Kugeln oder Cylindern voll von *Micrococcus*, welcher in Klumpen oder Colonieen vereinigt, von einer besonders zähen Glia zusammengehalten wird; die Peripherie dieser Gallert zeigt sich auch bei stärksten Vergrösserungen zuweilen ziemlich scharf umgrenzt, ohne dass man im Stande wäre, eine Membran zu sehen, wenn auch die Anwesenheit eines, wenn auch unmessbar dünnen Schlauches um die *Micrococcus*colonie wahrscheinlich ist; in Rindfleischwasser mit Zucker dagegen erscheint die Membran zuweilen ausserordentlich dick.

Von diesem *Ascococcus* glaubt nun Billroth die Entwicklungsgeschichte in folgender Art ermittelt zu haben: Einzelne grössere *Coccus* (*Megacoccus*) werden durch Längsstreckung zu langen cylindrischen, gewundenen Schläuchen, in denen sich durch Querfurchung *Coccus*-Ketten, zuletzt unter wiederholten Furchungen nach verschiedenen Richtungen Klumpen sehr kleiner (*Micro*) *Coccus* entwickeln. Wenn die Schläuche einen gewissen Punkt der Ausbildung erreicht, sollen sie plötzlich an einer Seite aufspringen und ihren *Micrococcus* in colossalen Massen auswerfen; die leeren gefalteten Hüllen bleiben zurück, sind nun deutlich doppelt conturirt und selbst dem blossen Auge durch grünlich bräunliche Färbung zuweilen erkennbar (Billroth l. c. p. 12—14. Tab. III. 19—26).

Eine besondere Form des *Ascococcus*, die er als *A. parvus* unterscheidet, fand Billroth in Fleischwasser; es sind blasse, kernlosen Lymphkörperchen ähnliche, feinkörnige Kügelchen, welche bald mit Hilfe einer Wimper als contractile Myxomonaden umherschwärmen, bald sehr lange Fortsätze entwickeln und sich als Myxamoeben verhalten; Billroth hält es schliesslich für wahrscheinlich, dass dieser *A. parvus* die encystirte Spore eines Myxomyceten, vielleicht selbst des Lohepilzes *Aethalium septicum* sei; den *Micrococcus* im Innern des *A. parvus* betrachtet er demzufolge nicht für endogene, sondern für gefressene Kügelchen, ähnlich den Carminkörnchen (l. c. p. 15, 98—99. Tab. II. Fig. 16—18).

Aus obiger Darstellung geht hervor, dass Billroth unter dem Namen *Ascococcus* zwei verschiedene Dinge vereinigt hat. Was

A. parvus sei, lasse ich dahin gestellt; so viel leuchtet ein, dass er nicht zu den *Bacterien* gehört. Dagegen ist es mir gelungen den andern *Ascococcus* in einem eigenthümlichen Organismus wiederzufinden, den ich für eine neue Gattung und Art halte und nach dem ersten Entdecker als *Ascococcus*¹⁾ *Billrothii* beschreiben will.

2. *Untersuchung der Luft auf Bacterien etc.* Während es mir niemals glückte, in faulenden Flüssigkeiten eine dem Billroth'schen *Ascococcus* ähnliche Form zu beobachten, lernte ich eine solche im März 1874 in einem ganz eigenthümlichen Vorkommen kennen. Ich hatte mich im Winter dieses Jahres mit der Frage beschäftigt, ob in der Luft unter normalen Verhältnissen entwicklungsfähige Keime von *Bacterien* suspendirt seien. Die Pasteur'sche Methode, die in der Luft schwimmenden Körperchen in Schiessbaumwolle abzufiltriren, und dann in der Collodiumlösung nach *Bacterienkeimen* zu spähen, schien mir ebenso wenig Erfolg zu versprechen, als die Anwendung des Pouchet'schen Aëroscop's, welches die Luftstäubchen an einer mit Glycerin bestrichenen Glasplatte adhären lässt und die letztere dann unter dem Mikroskop durchsucht²⁾. Denn ganz abgesehen davon, dass unter solchen ungünstigen optischen Verhältnissen sich ein sicheres Urtheil über Gegenwart oder Abwesenheit von *Bacterien* im Glycerin oder Collodium überhaupt schwerlich gewinnen lässt, so kommt dabei jedenfalls die Kardinalfrage nicht zur Entscheidung, ob die etwa in der Luft vorhandenen *Bacterien* sich noch vermehren und Fermentwirkungen äussern können, oder ob sie nicht durch Austrocknen ihre Keimfähigkeit vollständig verloren haben. Um in dieser Beziehung zu einem Resultate zu gelangen, hatte ich den Versuch gemacht, die Zimmerluft in einer *Bacteriennähr-*lösung zu waschen. Die von mir angewendete Methode ist folgende:

Mit Hilfe eines Aspirators wird Luft durch eine Reihe von Glas-cylindern hindurchgesaugt, welche mit je 20 gm. der von mir im zweiten Heft dieser Beiträge³⁾ beschriebenen Normal-Flüssigkeit (eine 1% Lösung von saurem weinsaurem Ammoniak nebst deu

1) Billroth schreibt *Ascococcus*, wie *Micrococcus* etc.; der Gebrauch sanctionirt jedoch nur die lateinischen Endungen selbst bei Namen griechischen Stammes. (*Lois de la nomenclature botanique* Art. 66.)

2) Vergleiche Cunningham, *Microscopic examination of air*, Calcutta 1874 und meine Rede über unsichtbare Feinde in der Luft, im Tageblatt der 47. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Breslau am 24. September 1874 p. 138.

3) Untersuchungen über *Bacterien* p. 195.

erforderlichen Nährsalzen) beschickt sind. Als Aspirator benutzte ich zwei grosse Glasflaschen (Taf. V. Fig. 1), deren jede 10 Liter fasst und durch einen doppelt durchbohrten Kork luftdicht verschlossen ist; durch den Kork gehen ein Paar Glasröhren, welche aussen rechtwinklich gebogen, und von denen die eine nur ein wenig unter den Kork, die andere bis an den Boden der Flasche reicht. Werden nun die beiden Flaschen auf ungleiches Niveau gestellt, die höher stehende mit Wasser gefüllt, und die beiden längeren Glasröhren durch einen passenden Kautschukschlauch verbunden, so können dieselben als Heber benutzt werden, welcher das Wasser aus der höheren Flasche in die tiefere überleitet; wird nun das kürzere Glasrohr der oberen Flasche durch ein Stück Kautschukschlauch mit einem System von gläsernen Wascheylindern in Verbindung gebracht, so streicht die Luft, sobald der Apparat in Thätigkeit gesetzt ist, in rasch aufeinander folgenden Bläschen durch die Waschflüssigkeiten, wobei die Grösse und Geschwindigkeit der Luftblasen mit Hilfe eines durch eine Schraube stellbaren Quetschhahns, der an einem der Kautschukschläuche angebracht ist, nach Belieben regulirt werden kann. Sobald die untere Aspiratorflasche vollgelaufen, so wechselt sie den Platz mit der nunmehr entleerten oberen, und indem gleichzeitig die Kautschukverbindungen gewechselt werden, so kann der Apparat zur Luftwäsche mit geringer Mühe *in infinitum* in Gang erhalten werden, wobei zugleich das Volumen der aspirirten Luft ohne weiteres bestimmt wird, da, wie schon bemerkt, bei jedem Wechsel der Flaschen 10 Liter Luft gewaschen worden sind. Der Zweck dieser ganzen Einrichtung ist, die in der Luft schwimmenden fremden Körperchen nicht blos in der Waschflüssigkeit möglichst zurückzuhalten, sondern auch den lebensfähigen unter ihnen einen geeigneten Boden und genügende Nahrung darzubieten, um sich derart zu entwickeln und zu vermehren, dass ihre Anwesenheit oft schon mit blossem Auge, oder doch unter dem Mikroskop nicht übersehen werden kann, gleichzeitig auch die Unterscheidung der Arten, welche bei vereinzelt Keimen oder Sporen unmöglich ist, sich ohne Schwierigkeit ausführen lässt.

Selbstverständlich dürfen gewisse Vorsichtsmassregeln nicht vernachlässigt werden, wenn brauchbare Resultate gewonnen werden sollen. Insbesondere muss nicht nur die Nährflüssigkeit, sondern auch jeder der zu ihrer Aufnahme bestimmten Glaszylinder, sammt den dazu gehörigen Glasröhren und Propfen vor dem Gebrauch längere Zeit im Wasserbade gekocht werden, um früher schon vorhandene Keime zu zerstören; Korke sind möglichst zu vermeiden,

da diese in ihren Spalten in der Regel Sporen beherbergen, welche durch den aspirirten Luftstrom hervorgeleckt werden können; Kautschuk- oder Glasstöpsel sind an ihrer Stelle zu verwenden; schliesslich habe ich als Wascheylinder mir besondere Gläser anfertigen lassen, welche durch angeschmolzene Glasröhren in Verbindung gesetzt, und durch eingeschliffene Glasstöpsel verschlossen werden, wobei allerdings nach vorangegangenem Auskochen resp. Ausglühen jede nachträgliche Verunreinigung unmöglich scheint.

Der Quetschbahn ist so zu reguliren, dass die durchströmende Luft in möglichst kleinen und langsam auf einander folgenden Bläschen passirt; in der Regel wurden für die Wäsche von 10 Liter Luft 1—2 Stunden gebraucht. Die Erfahrung hat gezeigt, dass es selbst dann nicht gelingt, alle in der Luft suspendirten Körperchen mit Sicherheit in der Waschflüssigkeit zurückzuhalten; ein nicht bestimmbarer Theil derselben wird vielmehr durch die Luftblasen mitgerissen. Nichts desto weniger tritt in den benutzten Waschapparaten, nachdem eine gewisse Menge Luft hindurchgesaugt, nach und nach ein schmutziger oder weisser Absatz auf; in manchen Fällen trübt sich die Flüssigkeit; in allen Fällen zeigen sich an den Wänden und am Boden der Cylinder weisse Mycelflöckchen, welche sich rasch vergrössern und dann dem blossen Auge leicht erkennbar werden; die an der Oberfläche der Waschflüssigkeiten befindlichen Mycelien fructificiren in einiger Zeit, und lassen meist schon mit blossen Auge sich durch die Farbe ihrer Conidienträger bestimmen. Um die Entwicklung der aus der Luft ausgewaschenen Keime zu beschleunigen, wurden die Wascheylinder in der Regel, nachdem ein bestimmtes Volumen Luft ausgewaschen war, in den von mir in Heft II. p. 196 beschriebenen heizbaren Kasten gestellt, wobei in einer Temperatur von circa 30° C. oft schon am folgenden Tage die Vegetation der Keime gewissermassen getrieben wurde. Mitunter gab ich den Waschflüssigkeiten, welche die Luft hintereinander passiren musste, verschiedene Zusammensetzung, derart, dass z. B. in der ersten Flasche Pasteur'sche Lösung (mit Zucker), in den folgenden Baeterien-Normallösung (ohne Zucker) benutzt wurde.

Es ist an dieser Stelle nicht angebracht, einen ausführlichen Bericht über die Ergebnisse der Luftwäsche zu geben, welche ohnehin noch einer consequenteren Durchführung und vielfacher Variationen bedürfen, um allgemeine Schlussfolgerungen zu gestatten. Ich bemerke nur, dass bei allen Versuchen ohne Ausnahme sich in der Flüssigkeit der hintereinander folgenden Wascheylinder Mycel-flocken einfanden, die schon mit blossen Auge sich in *Aspergillus*

und *Penicillium* unterscheiden liessen, da das *Aspergillus*mycel locker fluthet, das *Penicillium*mycel dagegen halbkugelige dichte Polster bildet; *Mucor* entwickelte sich nur einmal. Da im Allgemeinen jede Mycelflocke aus einer einzigen Spore abstammt, so lässt sich nach einiger Zeit aus der Zahl dieser Flöckchen macroskopisch die Zahl der keimfähigen Sporen annähernd bestimmen, welche bei der von mir befolgten Methode aus der aspirirten Luft ausgewaschen werden. Bei einem Versuch, wo 340 Liter Luft durch die Waschflüssigkeiten aspirirt worden waren, zählte ich circa 35 Pilzräschen (genau lässt sich die Zahl nicht ermitteln); hiernaeh würde im Durchschnitt aus 10 Liter Luft eine keimfähige Schimmelpilzspore zurückbehalten werden; die Luft stammte aus dem Laboratorium des pflanzenphysiologischen Instituts, in welchem allerdings viel Pilzeulturen veranstaltet werden, die aber sonst trocken und nicht ungewöhnlich verunreinigt scheint. Könnte man diese Zahl als eine der Normalzahl nahe kommende ansehen, so würde der Mensch im Laufe des Tages durch Einathmen etwa 1000 Schimmelsporen einschlucken, von denen offenbar die unendlich grösste Anzahl aus den Athemorganen wieder entfernt, oder doch in ihrer Entwicklung gehindert werden muss; denn wenn alle diese Sporen wirklich zur Keimung gelangen sollten, so müssten die Lungen und die Luftröhre in kurzer Zeit ebenso von Pilzmycel verstopft werden, wie dies in meinen Waschcylindern in der Temperatur des Heizkastens oft schon nach wenig Tagen einzutreten pfllegt.

Die Trübungen und Absätze der Waschflüssigkeiten rührten grösstentheils von Hefezellen her, die sich reichlich auch in zuckerfreier Lösung vermehrten, jedoch in der Regel nur kuglige durch Sprossung meist paarweise zusammenhängende Zellen von 2—2,3 Mikrom. Durchmesser bildeten; seltener finden sich ovale kleinere Formen. Kohlensplitter färbten den Absatz meist schmutzig; Brand- und andere Pilzsporen fanden sich vereinzelt im Niederschlag.

In der Regel entwickelten sich in den Waschflüssigkeiten keine Baeterien; selbst bei einem Versuche, wo die durch den Apparat eingesaugte Luft vorher über eine Flasche streichen musste, welche mit einer durch unermessliche Baeterienentwicklung milehig gewordenen Nährlösung gefüllt war, liessen sich gleichwohl in den Waschflüssigkeiten Baeterien nicht nachweisen. Hieraus möchte ich jedoch noch nicht den Schluss ziehen, dass in der Luft entwicklungsfähige Baeterienkeime in der Regel nicht vorhanden sind, sondern nur, dass die letzteren, als unendlich leichte und vermuthlich von einer Gallerthülle umgebene Körperchen im Wasser nur

mit besonderer Schwierigkeit zurückgehalten, meist aber von den aufsteigenden Luftbläschen wieder fortgerissen werden, ohne benetzt zu sein, ähnlich wie dies etwa mit den Sporen von *Lycopodium* der Fall ist. (Vergl. Beiträge Heft II. p. 189.) Ich vermuthe, dass, gleichwie die Conidien von *Penicillium* und anderen Schimmelpilzen nur dann keimen, wenn sie mit Wasser durchtränkt und gequollen sind, so auch diejenigen Bacterienkeime allein zur Vermehrung gelangen, welche eine gewisse Menge Wasser imbibirt haben, was jedoch nur schwer gelingt, wenn sie aus dem Luftstaube niederfallen; leichter, wenn sie an verunreinigten Körperoberflächen haften und zugleich mit diesen benetzt werden.

Es stimmen daher obige Beobachtungen mit der zuerst von Burdon Sanderson mit aller Entschiedenheit betonten Thatsache, dass die Infection fäulnissfähiger Substanzen nicht durch die Luft, sondern nur durch Wasser, oder verunreinigte Oberflächen geschieht. In mehreren Versuchen habe ich übrigens Bacterienentwicklung in den als Waschflüssigkeit benutzten Nährlösungen, und zwar in solcher Menge beobachtet, dass dieselben nach einiger Zeit milchig wurden, und ich bin überzeugt, dass wenigstens in einigen dieser Versuche die Keime wirklich aus der aspirirten Luft ausgewaschen, nicht durch zufällige Vereinigung nachträglich eingeschleppt worden sind.

3. *Ascococcus Billrothii* nov. gen. et spec. Taf. V. Fig. 2. In einem dieser zur Luftwäsche benutzten Glasylinder hatte sich, nachdem 200 Liter Luft durchgesaugt worden waren, Anfang März 1874 nach 4 Tagen eine milchige Trübung durch *Bacterium Termo* und eine grünliche Oberschicht entwickelt; fünf Tage später, während welcher der Cylinder im Heizkasten bei circa 30° gestanden, hatte sich auf der Oberfläche der Nährlösung eine milchweisse, etwas gelbliche, dicke und zähe Haut gebildet, welche dem Rahm auf gekochter Milch vergleichbar war; beim Herausnehmen mit einem Glasstab zerfiel die Haut in käsige Flocken. Unter starken Objectiven zeigte sich, dass die Rahmhaut aus den dicht gehäuften Kügelchen eines farblosen *Micrococcus* zusammengesetzt war, (*Micrococcus Crepusculum*, Heft II. der Beiträge p. 160); in dieser feinkörnigen Masse befanden sich sehr zahlreiche Körperchen eingebettet, meist von kugeligem, seltner von ovalem Umriss, von sehr verschiedener Grösse, gruppenweise dicht aneinander gedrängt. (Taf. V. Fig. 2.) Bei sehr schwacher Vergrößerung zeigten diese Körperchen einen dunklen Kern mit breitem klarem Hof, und ähnelten daher einem mikroskopischen Froschlaich; meist war ein grösseres von vielen kleineren umlagert (Fig. 3). Mit stärkeren Systemen unterscheiden wir an jedem Körperchen, ähnlich wie bei einem

Froschei, eine dicke, nach aussen scharf begrenzte, gallertartig-knorpelige Hülle, welche einen ebenfalls farblosen, aber durch zahllose dicht gedrängte Körnchen trüb erscheinenden Einschluss rings umgiebt. Entweder enthält die Hülle nur einen Einschluss; oder es sind zwei, drei oder mehrere derselben von einer gemeinschaftlichen grösseren Hülle eingeschlossen (Fig. 4. 5). Die Gestalt der Einschlüsse ist ebenso mannigfaltig als ihre Grösse; kleinere erscheinen nahezu kugelig, grössere unregelmässig elliptisch; der Durchmesser der kugeligen schwankt zwischen 20—70 Mikrom.; in den elliptischen erreicht die längere Achse 120—160 Mikrom., während die Dicke des Gallerthofes 10—15 Mikrom. beträgt. Der letztere bildet eine knorpelige Kapsel, welche selbst durch stärkeren Druck kaum zerquetscht werden kann, in Ammoniak sich nicht löst, und durch Jod sich nicht färbt. Den Einschluss dagegen, der sich durch Jod gelb färbt, betrachte ich als ein Aggregat ausserordentlich kleiner, dicht aneinander gelagerter Kugelbakterien, welche durch eine ungewöhnlich feste, spärlich entwickelte Interzellulärschubstanz zu Zellfamilien verbunden, und von einer gemeinsamen, sehr dicken Knorpelhülle umgeben sind. In der Vereinigung dieser Merkmale erblicke ich den Charakter der neuen Gattung *Ascococcus*.

Die Zellfamilien bilden innerhalb ihrer Hülle Nester von sehr unregelmässiger Form, welche stets durch Falten in grössere und kleinere Lappen getheilt sind, und dadurch ein traubig knolliges Aussehen erhalten. Die grösseren Lappen sind wieder durch minder tiefe Einfaltungen in kleinere Lämpchen gesondert. Die Entwicklungsgeschichte des *Ascococcus*, soweit ich dieselbe durch Vergleichung verschiedener Zustände ermittelt zu haben glaube, ist folgende:

Kleine kugelige *Micrococcus*-familien, welche an der Peripherie eine gemeinschaftliche Gallertschicht ausgeschieden, vergrössern sich durch ausserordentliche Vermehrung ihrer Zellen, welche jedoch nach jeder Theilung eng aneinander gedrängt bleiben; so entstehen die grossen Aggregate, deren Gallerthülle sich gleichzeitig vergrössert. In diesen tritt sehr früh eine Neigung zur Querfurchung auf, in Folge deren mehr oder minder tief nach innen vordringende Furchungen entstehen, und die gesammte Zellfamilie eine unregelmässig traubige Knollenform annimmt; durch secundäre Furchen werden die grossen Lappen wieder in zahlreiche kleinere Lämpchen abgetheilt; die Gallertkapsel wird hiervon nicht berührt, vielmehr umschliesst sie ungetheilt die ganze *Micrococcus*-familie. Sobald die Furchen jedoch so tief vorgedrungen sind, dass dadurch einzelne Lämpchen völlig abgetrennt werden, so scheidet sich zwischen den isolirten Theilfamilien

ebenfalls Gallert aus; dadurch entstehen Figuren wie 4 und 5, wo in einer Hülle zwei oder mehrere Einschlüsse enthalten sind; endlich wird auch die gemeinschaftliche Gallerthülle durchgeschnitten, und so entstehen selbstständige *Ascococcus*-Familien, welche zuerst klein, kugelig, fischrogenähnlich, den nämlichen Entwicklungsgang weiter fortsetzen (Fig. 3).

Merkwürdig ist die chemische Thätigkeit, welche dem *Ascococcus* zukommt. Die von diesen Körperchen gebildete Rahmhaut entwickelte einen höchst charakteristischen und intensiven Milch- oder Käsegeruch; so dass Fremde in der Normallösung, welche ursprünglich nur weinsaures Ammoniak mit einigen Mineralsalzen enthalten, wirkliche Milch mit weissem Rahm zu erkennen meinten. Dieser spezifische Milchgeruch, der, wie ich glaube, auf der Erzeugung von Buttersäure und Butteräther aus dem weinsauren Ammoniak beruht, wird auch von andern Baeterien hervorgerufen, wie ich schon im zweiten Heft dieser Beiträge p. 206 bemerkt habe, doch kaum so intensiv, wie durch *Ascococcus*. Ausserdem verändert derselbe aber die ursprünglich saure Reaction der Nährlösung in eine intensiv alkalische; diese rührt her von freiem Ammoniak, welches aus der Nährflüssigkeit in solcher Menge entweicht, dass ein in Salzsäure getauchter Glasstab einen deutlichen Nebel bildet, und hineingehängtes Curemapapier in einer Minute intensiv braun wird. Ich unterlasse es, Vermuthungen über die Fermentwirkung des *Ascococcus* auszusprechen, welche aus dem sauren weinsauren Ammoniaksalz freies Ammoniak entbindet und gleichzeitig Buttersäure, vermuthlich mit noch andern Producten, erzeugt. Ich bemerke nur, dass es mir gelang den *Ascococcus* durch Einführen kleiner Portionen in Bechergläser mit Nährlösung reichlich zu vermehren und die alkalische Reaction hervorzurufen. In Bezug auf diese stimmt *Ascococcus* mit den Kugelbaeterien (*Micrococcus*) der Pigmentgährung so wie der Harngährung überein, und tritt in Gegensatz zu den meisten Stäbchenbaeterien (*Bacterium*), welche in ihrer Nährflüssigkeit eine saure Reaction hervorrufen (Essig-, Milchsäure-Baeterien u. s. w.).

Aus der Billroth'schen Beschreibung lässt sich zwar nicht mit völliger Bestimmtheit erkennen, ob das von ihm *Ascococcus* genannte Gebilde, welches derselbe in faulem Fleischwasser beobachtet hat, zur nämlichen Gattung mit unserer, in einer Nährlösung durch Luftwäsche hervorgerufenen Form gehört; ich halte dies jedoch für wahrscheinlich; jedenfalls aber erkennen wir in unserer Form eine selbstständige Art, die, soweit ich selbst zu beurtheilen vermag,

weder mit *Micrococcus* noch mit *Bacterium* in genetischem Zusammenhang steht. Ich gebe folgende Diagnose für Gattung und Art:

Ascococcus Billroth. char. emend. *Cellulae achromaticae minimae globosae densissime consociatae in familias tuberculosas globosas vel ovales irregulariter lobatas, lobis in lobulos minores sectis, capsula globosa vel ovali gelatinoso-cartilaginea crassissima circumdata, in membranam mollem facile secedentem floccosam aggregatas.*

A. Billrothii n. sp. familiae tuberculosae 20—160 Mikrom., capsula ad 15 Mikrom. crassae. In solutione ammonii tartarici acidi aëre lavata sponte ortum, membranam odore lactico vel butyrico praeditam formantem observavi Mart. 1874.

Haud scio utrum eandem an affinem speciem ill. Billroth in aqua carnis foetida detexerit.

4. *Verwandtschaft von Ascococcus mit Chroococcaceen.* Auf den ersten Blick scheint es, als sei die Entwicklungsgeschichte des *Ascococcus* sehr abweichend von Allem was wir bisher von Bacterien und ihren Verwandten wissen. In Wirklichkeit füllt jedoch *Ascococcus* eine Lücke aus, welche die Gattung *Micrococcus* von den nahe verwandten Algen aus der Familie der *Chroococcaceae* zu trennen schien.

Bekanntlich sind in dieser Familie die kugligen (*Chroococcus*) oder cylindrischen, stäbchenförmigen Zellen (*Synechococcus*) frei, einzeln oder lose aneinander gelagert; oder sie sind durch gallertartige Intercellularsubstanz zu grösseren, nach aussen scharf begrenzten Familien (Nestern, Kolonien) verbunden. Unter den letzteren sind die Gattungen *Gloeothece*, *Microcystis*, *Polycoccus* und *Anacystis* charakterisirt durch zahllose äusserst kleine rundliche Zellen, welche durch Intercellularsubstanz zu soliden Kugeln vereinigt, und von einer zarten oder dickeren Hülle eingeschlossen sind. Bei *Polycystis* sind mehrere *Microcystis*-nester von einer gemeinschaftlichen Gallert-hülle umgeben; bei *Coelosphaerium* dagegen befinden sich die kleinen kugligen Zellen nur an der Peripherie einer Schleimkugel und bilden daher eine hohle Kugelfläche, die jedoch an ihrer Aussen-seite noch von einer Gallertschicht umgrenzt wird. (Vgl. Naegeli einzellige Algen p. 54; Rabenhorst *Flora Europaea Algarum Aquae dulcis et submarinae* II. p. 3—5, 51—55.)

Ascococcus schliesst sich ganz eng an die oben aufgeführten Gattungen; von *Microcystis*, *Anacystis* und *Polycystis* unterscheidet *Ascococcus* sich hauptsächlich nur durch seine farblosen, nicht spangrünen Zellen. Auf der andern Seite bietet die Entwicklungsgeschichte von *Coelosphaerium*, welche durch Naegeli, Unger und

insbesondere durch Leitgeb¹⁾ erforscht ist, eine deutliche Analogie zu der von *Ascococcus*, wenn auch erstere Gattung durch die rein peripherische Lagerung ihrer Zellen sich abweichend verhält.

Bei *Coelosphaerium Naegelianum* Unger, welches frei schwimmend die Oberfläche eines Teichs bei Graz mit grünem Schleim überzieht und denselben auch in grosser Tiefe bis auf den Grund ausfüllt, bilden die Zellfamilien einfache Hohlkugeln; doch kommen auch Zwillingsfamilien vor, wo 2, und zusammengesetzte, wo mehr (bis 6) Kugeln mit abgeplatteten Flächen zusammenhängen. (Vergl. Taf. V. Fig. 3.) An der Oberfläche der kugelförmigen Zellfamilien entstehen mehr oder minder tief gehende Furchen, um so häufiger, je grösser die Familie. Zwischen Familien mit kaum bemerkbaren Furchen und den zusammengesetzten Familien findet man alle möglichen Zwischenstufen, ein Beweis, dass letztere aus ersteren entstehen. Durch stossweisen Druck mit dem Deckgläschen gelingt es häufig dieselben an der Einschnürungsstelle zu theilen. Jede Theilfamilie nimmt sogleich die Form einer Hohlkugel an, indem sich ihre Zellen an der Oberfläche gleichmässig vertheilen. Aber auch von selbst lösen sich die Theilfamilien, welche bald aus einer grösseren, bald aus einer kleineren Zahl von Zellen bestehen; und dies ist sogar zu Zeiten die häufigere Vermehrung des *Coelosphaerium*, neben der noch eine zweite durch einzelne aus dem Familienverbände ausgestossene Zellen beobachtet wird, welche sich durch successive Zweitheilung zu neuen Familien entwickeln.

Eine noch eigenthümlichere Art der Lostrennung von Theilfamilien aus dem Familienverbände grösserer Kugeln bietet die Gattung *Clathrocystis*, welche bekanntlich durch A. Henfrey aus einer weitverbreiteten *Chroococcaceenspecies* (*Microcystis Ichthyoblabe et aeruginosa* Kg.) abgetrennt worden ist. Die Zellfamilien bilden hier zuerst solide, später hohle Kugeln von schön spaugrüner Farbe und 0,024 bis 0,5^{mm}. Durchmesser; diese schwimmen dicht gedrängt an der Oberfläche ruhiger Gewässer (Teiche, kleine Seen, Gräben), in solch ungeheurer Vermehrung, dass das Wasser sich mit einer schön blaugrünen, feinkörnig-flockigen Schicht bedeckt, welche einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch entwickelt, und mitunter die Consistenz eines Mehlkleisters annimmt. Aus neuester, wie aus älterer Zeit besitzen wir Nachrichten, dass die Fische in einem Teiche,

¹⁾ Naegeli s. o. — Unger, Denkschriften der k. Akademie der Wissenschaften Band VII. — Leitgeb, Mittheilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark Band II. Heft 1. 1869. Tab. II.

welcher mit der Wasserblüthe dieser Alge sich bedeckt, massenhaft absterben; vielleicht wird durch die dicke Schleimhaut die Aufnahme des für das Athmen der Fische unentbehrlichen Sauerstoffs aus der Luft gehemmt.

Arthur Henfrey gab im Jahre 1856¹⁾ die erste genauere Untersuchung dieser interessanten, schon von Treviranus und Kützing beobachteten Alge; er beschreibt dieselbe als anfänglich solide, später als Hohlkugeln, an deren Oberfläche in einfacher Schicht zahlreiche Gonidien in einer farblosen Matrix eingebettet sind; durch Risse, welche in der Kugelperipherie sich bilden und sich zu grösseren Oeffnungen erweitern, nimmt die Hohlkugel die Gestalt eines unregelmässigen Netzes an, das mit der Zeit in unregelmässige Bruchstücke zerreisst; die letzteren können sich wieder vergrössern und zu neuen Hohlkugeln oder gitterförmigen Säcken entwickeln. Nach Rabenhorst entstehen die Netze, wenn die Algen auf den feuchten Ufersand ausgeworfen werden.

5. *Ueber pfirsichblüthrothe Färbungen an modernden Thier- und Pflanzenstoffen durch mikroskopische Organismen.* Ich stelle hier eine Anzahl mikroskopischer Organismen zusammen, welche in den bisherigen Systemen theils unter die Algen, theils unter die Infusorien eingereiht sind; gemeinschaftlich ist ihnen eine sehr auffallende, mehr oder minder intensive Pfirsichblüthfarbe, und ein eigenthümliches Vorkommen, indem sie auf allerhand, am Boden des Wassers abgelagertem thierischen oder pflanzlichen Detritus rothe Flecken bilden, zeitweise auch an der Oberfläche des Wassers schwimmen, selten und nur vorübergehend dasselbe gleichmässig erfüllen. Da diese Formen nur auf modernden Stoffen sich entwickeln, und selbst in den stärksten Verwesungszuständen nicht zu Grunde gehen, so gehören sie offenbar zu den Fäulnissorganismen, und zeigen hierdurch, wie nicht minder durch Organisation und Entwicklung engere oder entferntere Beziehungen zu den Bac-
terien, so dass eine vergleichende Schilderung derselben an dieser Stelle, welche zugleich deren noch nicht genug gewürdigte Bedeutung an's Licht stellt, nicht ungerechtfertigt erscheinen wird.

Ich beginne mit einer *Chroococcacee*, welche der oben geschilderten blaugrünen Wasserblüthe *Clathrocystis aeruginosa* so nahe verwandt erscheint, dass sie trotz des abweichenden Vorkommens

¹⁾ A. Henfrey, Notes on some Fresh Water confervoid Algae new to Britain; Transactions of the Microscopical Society of London 1856.

und der charakteristischen Färbung von ihr generisch nicht getrennt werden kann.

6. *Clathrocystis roseo persicina* n. sp. Taf. VI. Fig. 1—10. Auf Blättern und andern Pflanzentheilen, welche auf dem Boden stehender Gewässer vermodern, finden sich oft Flecken von lebhaft pfirsichblüthrother Farbe, welche unter dem Mikroskop als lose Aggregate sehr kleiner kugliger oder ovaler Zellen erscheinen; die Zellen selbst sind entweder homogen, oder sie machen den Eindruck, als seien sie hohl, und diese Höhlung mit ein oder mehreren dunklen Körnchen erfüllt.

Da die kleinen Zellen häufig in Quertheilung angetroffen werden, so wurden sie von Kützing zuerst als *Microhaloa rosea* (*Linnea* VIII, 341), später (*Spec. Alg.* p. 196) als *Protococcus*, endlich von Rabenhorst (*Flora Alg. eur.* III. p. 28) als *Pleurococcus roseo-persicinus* aufgeführt. Indessen sind die pfirsichblüthrothen Massen nicht immer am Boden der Gewässer abgelagert; kultivirt man dieselben längere Zeit im Zimmer, so findet man sie auch auf der Oberfläche des Wassers unter anderen Algen schwimmend, als grössere oder kleinere, lockere schleimige Flöckchen; bald bildet sich auch an der ganzen Innenfläche des Glasgefässes, in welchem die Algen cultivirt werden, ein schön pfirsichblüthrother Anflug, der Jahrelang anscheinend unverändert sich erhält. Ein vergleichendes Studium dieser verschiedenen Zustände ergiebt eine überraschende Mannigfaltigkeit der Entwicklungszustände; auf den ersten Blick scheint es leicht, die Alge wegen ihrer auffallenden Farbe auch in den verschiedensten Gestaltungen wieder zu erkennen; bald überzeugt man sich aber, dass grade diese Färbung irre leitet, da eine ganze Anzahl mikroskopischer Organismen, welche meist gesellig unter einander vorkommen, aber durchaus nicht in entwicklungsgeschichtlichem Zusammenhang stehen, durch die nämliche Pfirsichblüthfarbe charakterisirt sind.

Zu speciellerer Untersuchung wurde ich durch eine Beobachtung des Herrn Dr. Oscar Kirchner angeregt, welcher mir zuerst im November 1872, und in der Folgezeit öfter aus einem mit Schilf bewachsenen Teiche in der Nähe von Breslau (bei Gabitz) eine rosenrothe Alge brachte, die theils auf der Oberfläche des Wassers in geringer Ausbreitung schwamm, theils tiefer unten zwischen *Vaucheria*, *Spirogyra*, *Ulothrix* und *Lemna trisulca* sass¹⁾). Sie liess sich nicht leicht sammeln, da sie rasch auseinander floss; doch durch Heraus-

¹⁾ Als rothe Wasserblüthe ist unsere Art anscheinend schon von Fleischer (*Hedwigia* II, p. 37) beschrieben worden.

holen der übrigen Algen gelang es, auch sie in ziemlicher Menge zu erhalten, und im Pflanzenphysiologischen Institut den ganzen Winter hindurch zu cultiviren. Die mikroskopische Untersuchung wurde von mir in Gemeinschaft mit Herrn Dr. Kirchner vorgenommen; ihm verdanke ich auch die schönen Zeichnungen auf Taf. VI. Weiteres Material gewährten insbesondere Sendungen faulender Wasserpflanzen aus Lachen am Strande der Insel Seeland in der Nähe des Oeresund, welche Herr Dr. Eugen Warming aus Copenhagen im Winter 1874/5 mir zu wiederholten Malen mitzutheilen die Güte hatte, so wie zwei Sendungen aus Oxford, welche ich der Freundlichkeit des Dr. E. Ray Lankester verdanke. Auch in der Umgebung von Breslau ist mir schon seit Jahren die Alge mehrfach vorgekommen.

Die von Herrn Dr. Kirchner gesammelten und präparirten Exemplare wurden in Rabenhorst's Algen Europa's, No. 2313, unter den neuen Namen *Clathrocystis roseo-persicina* ausgegeben, und von mir mit einer lateinischen Diagnose, so wie mit einer kurzen Erläuterung versehen; ein besonderes Interesse hat die Alge dadurch gewonnen, dass Dr. E. Ray Lankester sie unter dem Namen *Bacterium rubescens* im Jahre 1873 in seinem Aufsatze („*On a peach coloured Bacterium*“) ¹⁾ ausführlich behandelt und abgebildet hat; er hatte sie in Fluss-Wasser gefunden, in welchem todte Thiere (Flusskrebse etc.) verwest waren.

Während die an der Oberfläche von andern Pflanzen haftende Alge gestaltlose Aggregate rother, scharf conturirter, durch eine deutliche gemeinschaftliche Gallerthülle verbundener Zellen darstellt, erscheinen die freischwimmenden als blasenartige Hohlkugeln, deren Durchmesser über 0,6 mm. erreichen kann. (Taf. VI. Fig. 2.) Der Inhalt dieser Kugeln ist eine wasserhelle Flüssigkeit; die rothen Zellen bedecken in einschichtiger Lage die Peripherie; sehr häufig sind die Kugeln nicht geschlossen, sondern stellen zerrissene unregelmässige Säcke dar, an denen äusserlich ähnliche Kugeln, Halbkugeln, Calotten angewachsen sind. (Fig. 4, 6, 9.)

Dass die amorphen Flecken, die schwimmenden Kugeln und die zerrissenen Blasen in den Entwicklungskreis einer und der nämlichen Art gehören, ist nach der völligen Gleichheit im Bau und der Färbung der Zellen, so wie nach dem Vorkommen aller möglichen Uebergangszustände nicht zu bezweifeln. Die einzelnen Zellen sind sehr

¹⁾ Quarterly Journal of Microscopical Science vol. XIII. New series. p. 408 seq. tab. XXII. XXIII.

klein, bis 2,5 Mikrom. (Mikromillimeter) = 0,0025 mm., kleiner als bei *Clathrocystis aeruginosa*, *Coelosphaerium*, *Polycystis* und andern verwandten Algen; ihre Gestalt ist kreisrund, oval oder durch gegenseitigen Druck etwas eckig, oft in Zweitheilung begriffen. (Fig. 1a.) Der Zellinhalt ist in verschiedenen Nuancen: rosen-, fleisch-, pfirsichblüth-, purpurroth durch einen charakteristischen Farbstoff gefärbt, dessen Spectrum E. R. Lankester studirt und abgebildet hat (l. c. pag. 425). Hiernach zeigt der Farbstoff drei Absorptionsstreifen: eine totale Absorption im Gelb zu beiden Seiten der Linie D; zwei schwächere Absorptionsstreifen im Grün in der Umgebung von b und E, sowie im Blau bei F; ausserdem zeigt die Zeichnung von Lankester eine gegen G stetig steigende Verdunkelung der stärker brechbaren Spectrumhälfte. Das optische Verhalten charakterisirt diesen Farbstoff als verschieden von der blutrothen *Monas* (*Micrococcus*) *prodigiosa*, sowie von andern rothen Pigmenten; derselbe ist deshalb von Lankester mit einem eigenen Namen (*Bacterio-purpurin*) bezeichnet worden; er ist nach Lankester unlöslich in Wasser, Alcohol, Chloroform, Ammoniak, Essigsäure, Schwefelsäure, durch heissen Alcohol wird er in eine braune, durch Chloroform in eine orangebraune Substanz umgewandelt; auch beim Absterben verfärben sich die rothen Zellen in Braun.

Die Membran der Zellen wird durch den Contrast gegen den rothen Inhalt meist sehr deutlich unterschieden; sie erscheint beinahe knorplig, wie bei *Gloeocapsa*arten; der Inhalt ist in jüngeren Zuständen meist homogen; in älteren Zellen dagegen erscheint derselbe schwächer lichtbrechend als die Membran und die Zellen daher gleichsam ausgehöhlt; in diesem Zellinhalt sind ein oder mehrere, sehr auffällige, dunkle Körnchen eingeschlossen, welche den Zellen ein sehr charakteristisches Ansehen geben, und über deren Natur ich später eine Erklärung zu geben versuchen werde. Die Zellen sind durch eine schleimige Intercellularsubstanz derart zu Zellfamilien vereinigt, dass in der Regel zwei Nachbarzellen um die Breite ihres Durchmessers von einander abstehen; die Anwesenheit der gemeinschaftlichen Intercellularsubstanz verbietet die Einordnung der Alge unter *Pleurococcus* oder *Protococcus* und weist dieselbe in die Gruppe der *Chroococcaceae*. Uebrigens ist die Intercellularsubstanz in verschiedenen Alterszuständen sehr ungleich entwickelt; am deutlichsten ist sie in den kleinen formlosen Colonien, wo der Abstand der einzelnen Zellen bis zum Doppelten ihres Durchmessers ansteigt. Ausserdem ist die ganze Zellfamilie von einer gemeinschaftlichen Gallert umgeben, welche deutlich nur

dann wahrgenommen werden kann, wenn man dem Wasser ein feinkörniges Pigment (Karmin, Gummigutt, chinesische Tusche) beimengt; alsdann sieht man die kugeligen rothen Zellfamilien von einem mehr oder minder breiten ungefärbten Hofe umgeben (Fig. 1. b. c. 2—5).

Dass die Familien, in denen viele tausend Zellen vereinigt sind, aus einzelnen Zellen durch successive Zweitheilungen hervorgehen, ist zwar von vornherein zu vermuthen; doch ist der Vorgang im Einzelnen schwer zu verfolgen. Nicht selten findet man zwar unter *Algendetritus* isolirte Zellen, und kleine Gruppen, aus 2, 4, 8 Zellen gebildet; es ist wohl anzunehmen, dass diese Gruppen durch fortgesetzte radiale Theilung ihrer Zellen sich in ähnlicher Weise zu grösseren Hohlkugeln ausbilden, wie dies *Leitgeb* für *Coelosphaerium Naegelianum* angegeben hat, nur dass die radialen Gallertstränge, welche bei der letzteren Gattung jede Zelle mit dem Centrum der Kugel in Verbindung erhalten, bei unserer Art nicht vorhanden sind. Daher bewahren die Familien auch nicht ihre ursprüngliche Kugelgestalt; vielmehr nehmen sie, sobald sich ihr Durchmesser erheblich vergrössert, durch überwiegende Vermehrung einzelner Zellgruppen eine unregelmässige Blasen- oder Sackform an. Manchmal sieht man Zwillingfamilien (Fig. 3), welche aus der Einschnürung und Durchfurchung einer Mutterkugel hervorzugehen scheinen. Wenn die blasenartigen Zellfamilien frei im Wasser schwimmen, so beobachtet man häufig die Entwicklung von halbkugeligen Protuberanzen an ihrer Peripherie (Fig. 6, 7). Vermuthlich entstehen diese Protuberanzen ebenfalls nur durch excessive radiale Theilung einzelner Zellen oder Zellgruppen, in Folge deren sich deren gesammte Nachkommenschaft zu einer später selbstständig werdenden Colonie gestaltet, anfänglich nur in Form einer blasigen Ausstülpung sich glockenförmig nach aussen wölbt, schliesslich aber als Calotte oder Halbkugel von der Mutterfamilie abtrennt; solche Colonieen nehmen bald wieder eine vollständige Kugelgestalt an, indem sich die frühere Anheftungsstelle nur durch ein mitunter sehr kleines Loch erkennen lässt, während die Mutterfamilie an der entsprechenden Stelle meist eine grössere Lücke behält (Fig. 8). An den secundären Colonieen erkennt man schon frühzeitig die Bildung von tertiären Protuberanzen. Die gesammte Entwicklung erinnert an die von *Leitgeb* beschriebene Entstehung der Theilfamilien bei *Coelosphaerium*; während aber dort höchstens 6 Colonieen an der Mutterkugel beobachtet sind, findet man bei unserer *Clathrocystis* deren 20—30 an der blasig aufgetriebenen Mutterfamilie festsetzen. Wenn die Tochter- und Enkelfamilien sich aus ihrer äusser-

lichen Verbindung isolirt haben, so bleibt von der Mutter nur ein unregelmässig durchlöcherter Sack zurück, der sich schliesslich in formlose rothe Fetzen oder Zellhaufen auflöst.

Auf eine andere Weise scheint die *Clathrocystis roseo-persicina* sich zu verhalten, wenn dieselbe bei Wassermangel, z. B. in einer mit *Lemna trisulca* bis zum Boden vollgefüllten Schale cultivirt wird. Alsdann bilden sich nämlich in den blasenförmigen Zellfamilien erst wenig, dann immer mehr und grössere Löcher, anscheinend nur durch Auseinanderweichen einzelner Zellreihen, ohne dass es zur Bildung von Tochterkugeln kommt; schliesslich zerreißen dieselben in äusserst zierliche Netze, welche, abgesehen von der grösseren Unregelmässigkeit, an die *Hydrodictyon*netze erinnern (Fig. 10). Später zerfallen die Netze in kleinere Stücke, und lösen sich endlich in formlose Fetzen und Lappen auf; diese stellen, neben den aus den sackförmigen Familien hervorgegangenen, jene gestaltlosen rothen Zellaggregate dar, welche bald zu Boden sinken und sich besonders auf der Oberfläche abgestorbener und auf dem Grunde des Wassers vermodernder Algen, Blätter, Thierreste lagern. Hier setzt sich die Vermehrung der Zellen fort; daher vergrössern sich die rothen fleckenartigen farblosen Zellhaufen fortdauernd, und es gehen aus ihnen auch unter gewissen Umständen wieder geformte, kuglige und selbst netzförmige Zellfamilien hervor.

Die Uebereinstimmung, welche unsere rothe Alge mit der blaugrünen *Clathrocystis aeruginosa* Henfrey namentlich in Bezug auf die Netzbildung zeigt, hat uns veranlasst sie in die nämliche Gattung einzureihen, jedoch mit Rücksicht auf das abweichende Vorkommen, so wie auf die verschiedene Grösse der Zellen als selbstständige Art anzuerkennen¹⁾.

Eine Beobachtung, welche wir zuerst am 17. Dec. 1873, dann noch zu wiederholten Malen, wenn auch nicht häufig, gemacht haben, scheint noch auf eine ganz abweichende Fortpflanzungsweise der rothen *Clathrocystis* hinzuweisen. Mitunter begegneten wir nämlich mitten unter den gewöhnlichen unbeweglichen Kugeln, Säcken und

¹⁾ Wie sich unsere *Clathrocystis roseo-persicina* zu der *Polycystis Ichthyoblabe* h. *purpurascens* A. Braun (Rabenhorst Krypt. Flora von Sachsen p. 74. Flora Alg. Europ. p. 53) verhält, welche mit der Kützing'schen *Polycystis violacea* (Rab. Alg. N. 306 u. 565) für identisch gehalten wird und in stagnirenden Wässern namentlich Sachsens mehrfach gesammelt wurde, vermag ich nicht zu beurtheilen, da ich sie lebend noch nicht beobachtet habe. Dasselbe gilt von *Monostroma rosea* Currey, *Synechococcus roseo-persicinus* Grunow in litt. und *S. violaceus* Grun. in Rabenh. Flor. Alg. europ. III. p. 418, u. a. A.

Netzen einzelnen jungen Familien, in denen eine begrenzte Zahl (circa 16 — 64) Zellen zu einer regelmässigen Kugel derart vereint war, dass dieselben ohne erkennbare Intercellularsubstanz eng aneinander gedrängt, auch anscheinend nicht blos in der Peripherie einschichtig geordnet, sondern den ganzen Kugel-Inhalt auszufüllen schienen (Fig. 1 b. c.). Die intensiv purpurrothe Farbe liess diese jungen Familien sofort von den normalen, rosa-pfirsichblüthfarbenen unterscheiden; wie diese, waren sie von einer gemeinschaftlichen ziemlich breiten Gallerthülle rings eingeschlossen. Ueberraschender Weise besaßen diese dunkelrothen Kugeln eine spontane Bewegung, indem sie schwerfällig aber kräftig nach verschiedenen Richtungen im Wassertropfen umherrollten, ähnlich wie die kugligen Familien von *Pandorina* oder *Volvox*; seltener waren es unregelmässige rothe Zellhaufen, welche die nämliche spontane Bewegung zeigten (Fig. 4. 5). Wie lange diese Bewegung andauert, und auf welche Weise die rotirenden in die ruhenden Familien übergehen, konnte ebenso wenig ermittelt werden, als sich Bewegungsorgane (Cilien etc.) auffinden liessen.

Bewegliche Zustände sind bisher weder bei der rothen *Clathrocystis*, noch überhaupt bei irgend einer andern der verwandten spangrünen *Chroococcaceen* beobachtet worden. Dennoch hätten sich bewegliche Zustände schon von vornherein aus der Thatsache vermuthen lassen, dass, wenn man die rothe *Clathrocystis* in einem Glasgefäss cultivirt, sich nach kurzer Zeit an der dem Fenster zugewendeten Seite ein pfirsichblüthrother Ueberzug bildet, welcher freilich nur aus unbeweglichen Zellaggregaten besteht, der aber doch nur aus beweglichen Entwicklungszuständen hervorgegangen sein kann, welche in Folge von positivem Heliotropismus die beleuchtete Seite spontan aufgesucht haben.

7. *Monas vinosa* Ehr. Taf. VI. Fig. 13. Vielleicht gehören hierher jene kleinen lebhaft beweglichen, rothen Körperchen, die wir am 17. Dec. 1873 in dichten Schwärmen in einem Glasgefässe beobachteten, in welchem ausserdem noch die pfirsichblüthfarbene *Clathrocystis* cultivirt wurde. Sie waren von regelmässiger Kugel- oder Ovalform; häufig zeigten sie sich paarweise verbunden, offenbar in Quertheilung begriffen (Tab. VI. Fig. 13*); sie erreichten meist einen Durchmesser von 2,5 Mikrom; ausser einer blassrothen Substanz, in welche dunklere Körnchen eingelagert waren, liess sich keine weitere Organisation wahrnehmen, insbesondere konnten keine Flimmergeisseln nachgewiesen werden. Gleichwohl zeigten dieselben eine sehr lebhaft bewegliche Schwärmbewegung, die von zitternder Molecular-

bewegung deutlich verschieden war, und in Folge deren sie, gleich grünen Schwärmsporen, sich in zahllosen Haufen zu einem rosenrothen Saume an dem Lichtrande des Wassers ansammelten.

Aehnliche Kügelchen in ähnlichem Vorkommen sind schon mehrfach früher beobachtet worden, wenn es auch fast unmöglich ist, aus den älteren Beschreibungen mit Bestimmtheit die Identität nachzuweisen. Dies gilt insbesondere, wie schon Dujardin (*Histoire des zoophytes* p. 280) mit Recht bemerkt, von den so unvollkommen erforschten Monaden Ehrenberg's; dennoch glaube ich in unseren rothen schwärmenden Kügelchen Ehrenberg's *Monas vinosa* mit Sicherheit wiederzuerkennen, welche derselbe als ovale, abgerundete, rothweinfarbene, äusserst kleine ($\frac{1}{1000} - \frac{1}{500}'''' = 2-4$ Mikrom.) Körperchen mit sehr langsamer zitternder Bewegung beschreibt. Ehrenberg fand dieselben nicht selten in Wasser, welches lange in Gläsern gestanden, in dem vegetabilische Theile vermodert sind. Nachdem das Wasser wieder klar geworden, bildet die Monade weinrothe Flecken an der dem Lichte zugekehrten Wand des Glases, oder umgibt die vermoderten Pflanzenreste selbst. Nach einiger Zeit absterbend, bildet sie rothe Krusten an der Wand des Glases, in welcher die einzelnen Thierchen sich noch erkennen lassen, aber keine Bewegung mehr zeigen¹⁾.

Charles Morren beobachtete die *Monas vinosa* in einem Wasserglase, in welchem *Pteris aquilina* zwei Monate lang vermoderte; das Wasser war nun weinroth (*rouge de vin violâtre*), oben intensiver als am Grunde, gefärbt und während dreier Monate an Intensität zunehmend, dann allmählich sich entfärbend. Beim Absterben bildet die Monade einen thierischen Schleim an der Oberfläche des Wassers, den Glaswänden und den im Wasser befindlichen Gegenständen; so entstehen die weinrothen palmellenähnlichen Krusten (*plaques*), welche oft mehre Zoll sich ausbreiten und in denen die noch lebenden und lebhaft gefärbten Monaden eingeschlossen sind²⁾.

Vielleicht gehört hierhin auch das von Perty beschriebene *Chromatium (Monas) violascens*, welches derselbe an der Wand eines Gläschens mit faulenden Charen nach 14 Tagen in Form eines schmutzig blass violetten Ueberzugs beobachtete, der aus sehr kleinen sphäroidischen zitternden dunkelgekörnten Körperchen bestand³⁾.

1) Infusionsthierchen 1838 p. 11.

2) *Recherches sur la rubéfaction des eaux. Mém. de l'Académie de Bruxelles* 7. Febr. 1841 p. 70.

3) Perty, kleinste Lebensformen 1852 p. 174. Tab. XV. Fig. 16.

Aus allen diesen Beobachtungen scheint eine Beziehung der beweglichen Kügelchen der *Monas vinosa* Ehr. zu unserer *Clathrocystis roseo-persicina* hervorzugehen, welche den Gedanken nahe legt, in den ersteren die Schwärmzellen der letzteren zu erblicken. Eine bestimmte Entscheidung vermag ich jedoch nicht zu geben, da mir kein ausreichendes Material zu Gebote stand.

8. *Monas Okenii* Ehr. Taf. VI. Fig. 12. Wie schon oben erwähnt, kann die pfirsichblüthrothe Färbung der *Clathrocystis roseo-persicina* leicht zu irrigen Schlüssen über deren Entwicklung verleiten, da mit ihr gesellschaftlich andere mikroskopische Organismen vorkommen, welche die nämliche Farbe besitzen, sich mit blossem Auge daher gar nicht, und selbst mit stärkeren Vergrößerungen schwierig unterscheiden lassen, gleichwohl aber ohne Zweifel durchaus nicht in genetischem Zusammenhang mit jener Alge stehen.

Im März 1874 brachte die „Gartenlaube“ eine Notiz über einen Teich bei Kahla in Thüringen, dessen farbloses Wasser alsbald eine rothe Farbe annimmt, sobald dasselbe durch einen Stock aufgestört wird. Durch freundliche Vermittelung der Redaction der Gartenlaube, an welche ich mich wendete, erhielt ich von dem Beobachter dieses seltsamen Phänomens, Herrn Dr. Hirsch zu Kahla, ein Fläschchen mit rothem Wasser, welches nach kurzer Zeit einen röthlichen Bodensatz ablagern liess, und dann völlig klar und farblos erschien; auf's Neue durchgeschüttelt sah dasselbe purpurroth aus, fast wie Himbeerwasser. Der reichliche Bodensatz bestand aus allerhand Detritus, zwischen dem eine ungewöhnliche Menge interessanter Infusorien sich umherbewegten: *Rhizopoden*, *Chlamidomonaden*, *Astasiaeen*, *Trachelomonaden*, *Peranemen*, *Cryptomonaden*, *Glenodinien*, *Euploten*, *Paramecium versutum* und *Aurelia*, auch *Rotifer* u. a. A.

Die Ursache der rothen Färbung des Wassers aber war — neben der *Clathrocystis roseo-persicina*, deren pfirsichblüthrothe Kugeln und Blasen umherschwammen oder an anderen Algen anhafteten, — ein kleiner Organismus der nämlichen Farbe, aber von kurzcyllindrischer Gestalt, in der Regel zwei bis dreimal länger als breit, an beiden Enden abgerundet, meist schwach gebogen; der Querdurchmesser beträgt 5 Mikrom. (= 0,005 mm.), die Länge variirt je nach den Theilungszuständen zwischen 7,5 und 15 Mikrom. Diese rothen Körperchen erfüllten in ungeheuren Schwärmen das Wasser, und bewegten sich wie Schwärmosporen, nicht sehr behend, unter steter Achsendrehung; mitunter drehten sie sich auch der Quere nach rasch wie ein Kreisel; findet sich ein Hinderniss, so drängen sich diesel-

ben eine Zeit lang unter fortdauernder Achsendrehnung an, als wollten sie mit dem Kopf durch die Wand rennen, bis sie mit einem Male die Drehungsrichtung ändern und davonschwimmen; lange Ruhezustände wechseln mit der Bewegung. Sie schwimmen der Lichtseite des Tropfens zu, und bilden am Rande rothe Säume, aus zahllosen dichtgedrängten Körperchen. Anfangs konnte ich keine Bewegungsorgane erkennen, obwohl ein Wirbel an einem Ende der Körperchen die Anwesenheit von solchen andeutete, schliesslich gelang es mir durch Jodlösung, später auch an lebenden Körperchen eine sehr lange Flimmer-Geissel zu erkennen, welche die Körperlänge wohl um's Doppelte übertrifft, und stets am Hinterende nachgeschleift oder in schlängelnde Bewegungen versetzt wird (Taf. VI. Fig. 12).

Diese Körperchen bestehen anscheinend aus einer homogenen bald blasser, bald intensiver purpur oder pfirsichblüthroth gefärbten Substanz, in welcher mehr oder weniger zahlreiche dunklere Körnchen eingelagert sind, ähnlich denen, welche wir in den Zellen von *Clathrocystis roseo-persicina* bereits erwähnt haben. Mit den lebenden Individuen lassen sich chemische Reactionen schwierig anstellen, weil diese in das wasserhaltige Protoplasma schwer eindringen; lässt man aber den rothen Tropfen auf einem Objectglas austrocknen und setzt dann Alcohol zu, so werden die Körperchen sofort entfärbt, es bleibt ein farbloses Protoplasma zurück, und eine zarte Membran, welche dasselbe nach aussen umgrenzt, wird neben ein bis zwei Vacuolen sichtbar (Fig. 12**); die Lösung des rothen Farbstoffs durch den Alcohol geschieht rascher als z. B. die des Chlorophylls in den gleichzeitig vorhandenen Euglenen. Essigsäure färbt die Körperchen hellroth; in Ammoniak zerfliessen dieselben; das Pigment wird braunroth. Die rothen Körperchen sind die Hauptnahrung der Rhizopoden und Infusorien, die sich im nämlichen Wasser befinden; in kleinen scheibenförmigen Amöben sind sie oft so zahlreich eingeschlossen, dass ich anfangs eine Fortpflanzung derselben in farblosen Cysten vermuthete; aber auch Arcellen und Difflugien ernähren sich mit Vorliebe von ihnen, und besonders zierlich erscheint der grüne *Euplotes viridis* durch die rothen Körperchen, die er mit Gier verschlungen, da diese mit den Chlorophyllkügelchen des Infusoriums contrastiren. Auch *Rotifer vulgaris* verspeist dieselben in solcher Menge, dass sein Verdauungscanal von ihnen vollgestopft wird; im eigentlichen Magen des Räderthiers werden die Körperchen hellroth, was auf die saure Reaction seines Saftes hinweist, in den beiden Abtheilungen des Darmes dagegen

erscheinen sie dunkel- oder braunroth, offenbar in Folge neutraler oder alkalischer Reaction.

Die gewöhnliche Vermehrung der rothen Körperchen geschieht durch Quertheilung, die man in allen Stadien antrifft; bei solchen in der Mitte durchgeschnittenen Exemplaren beobachtete ich an beiden Enden je eine Flimmergeißel (Fig. 12*). In ruhendem Zustande, wo sie sich am Boden des Wassers ablagern, geht ebenfalls Quertheilung vor sich.

Ehrenberg hat die rothen Körperchen zuerst entdeckt, und zwar ebenfalls in Thüringen an einem Fundort, der dem von mir hier erwähnten nahe gelegen ist. Wie er in seinem grossen Infusorienwerk (p. 15) berichtet, hatte er am Tage der Eröffnung der deutschen Naturforscherversammlung zu Jena am 12. Septbr. 1836 bei einem Spaziergange mit Weisse in einem kleinen Bassin des Baches unterhalb der Kirche von Ziegenhain handbreite rothe Flecken wahrgenommen, veranlasst durch eine rothe cylindrische Monade von $\frac{1}{96}$ mm. = 10 Mikrom. Länge, deren Abbildung er nicht mehr geben konnte, die er aber deutlich beschreibt und zu Ehren des Begründers der deutschen Naturforscherversammlungen als *Monas Okenii* anführt; später wurde dieselbe von Ehrenberg auch bei Berlin, von Eichwald und Weisse bei Petersburg gefunden¹⁾. Charakteristisch ist das Herabsinken der rothen Monaden auf den Boden, wo sie schön rothe Flecken bilden, so dass Weisse seine der Petersburger Akademie vorgelegten Zeichnungen mit den lebenden Körperchen ausmalen konnte; nach seiner Berechnung sind 150,000 Monaden erforderlich, um die 290 mal vergrösserte Zeichnung eines Individuums zu coloriren. Ehrenberg hatte bereits einen peitschenartig wirbelnden Rüssel von halber Körperlänge erkannt; dass derselbe rückwärts gerichtet ist, wurde bisher nicht wahrgenommen. Perty²⁾ sonderte die cylindrischen, roth braun, violett oder grün gefärbten, mit Körnchen (innern Bläschen, Blastien, Ehrenberg's Magenbläschen) erfüllten Monaden als eine selbstständige Gattung *Chromatium* ab, in welcher unsere Art als *Chromatium Okenii*, eine unter Chara gefundene Form als zweite Species, von Perty durch geringere Grösse unterschieden und als *Chromatium Weissii* abgetrennt wird, was ich jedoch nach den mitgetheilten Abbildungen (l. c. Tab. XV. Fig. 15) und Massen (Länge $\frac{1}{400}$ — $\frac{1}{200}$ ''') nicht gerechtfertigt finden kann.

1) *Bulletin Phys. Math. de l'Académie de Petersburg* III. p. 310 u. 335.

2) *Kleinste Lebensformen* p. 174.

9. *Rhabdomonas rosea* n. sp. Taf. VI. Fig. 14. Ausser der *Monas Okenii* enthielt das rothe Wasser aus Kahla noch vereinzelte spindelförmige, blass rosenrothe Körperchen, welche nach beiden Enden verjüngt, in ausgewachsenem Zustande etwa 8mal länger als breit sind; ich bestimmte die Breite zu 3,8—5 Mikrom. (0,0038—0,005 mm.), die Länge je nach dem Zustande der Theilung: 20—30 Mikrom. (Taf. VI. Fig. 14). Die Vermehrung durch Quertheilung ist häufig zu beobachten, die Theilhälften erreichen fast ihre normale Grösse, ehe sie sich trennen (Fig. 14*). Charakteristisch sind auch für diese Körperchen die dunkelen, stark Licht brechenden, in die rosafarbene Substanz eingelagerten Körnchen, die sich bald in grösserer, bald in geringerer Zahl vorfinden; auch wasserhelle Vacuolen in der Mitte und an den Enden wurden beobachtet. Die Bewegung ist langsam zitternd, abwechselnd vor- und rückwärts unter beständiger Drehung um die Längsachse; ein Wirbel am hintern Ende deutet auf eine nachschleppende Flimmergeissel, wie bei *Monas Okenii*, die ich jedoch nur einmal wirklich unterscheiden konnte. So viel ich weiss, ist diese rothe Spindelmonade noch nicht beschrieben; sie gehört unter die Ehrenberg'sche Section *Rhabdomonas* als eine neue Art, die ich als *Rhabdomonas rosea* bezeichnen will.

10. *Monas Warmingii* n. sp. Taf. VI. Fig. 11. Im Winter des Jahres 1874 lernte ich noch eine Reihe von Vorkommnissen pfirsichblüthfarbener mikroskopischer Fäulniss-Organismen in Folge mehrerer Sendungen kennen, welche Herr Dr. Eugen Warming in Kopenhagen mir zu wiederholten Malen zu machen die Güte hatte. Derselbe theilte mir zuerst am 15. November 1874 mit, dass er in den an der dänischen Küste am Sund, bei Kopenhagen, am Kattegat und vielen anderen Orten im Herbst überall vorkommenden brakischen Lachen, in denen Algen (*Enteromorpha*, *Chaetomorpha*) sowie *Zostera* und andere Salzwasserphanerogamen faulen, das äusserst häufige Auftreten rother Flecken und Massen zwischen den modernden Pflanzen beobachtet habe. Als Ursache desselben treten mikroskopische Organismen auf, und zwar überall die nämlichen Formen. Herr Dr. Warming hatte dieselben nicht nur selbst bereits mikroskopisch untersucht, sondern theilte mir auch Skizzen seiner Zeichnungen mit, indem er unter wiederholter Sendung des mit den Fäulnissprodukten erfüllten Wassers mich um deren Bestimmung ersuchte. Merkwürdiger Weise waren es meist die nämlichen Arten, die in charakteristischer Gruppierung ich oben von Thüringen beschrieben, wie sie in gleicher Weise auch schon in Schlesien, in England Russland etc. beobachtet worden sind.

In unzähligen Massen schwärmten unter den rothen Fäulnißproducten die kleinen einfachen oder Doppelkügelchen der *Monas vinosa* Ehrb., die durch ihre dunklen Körnchen ausgezeichnet sind und den Zustand des Umherrollens oft mit längerer Ruhe vertauschten. Auch die blassrothen dunkelkörnigen Spindelmonaden (*Rhabdomonas rosea*) wurden oft in ungeheurer Menge beobachtet; ihre Färbung ist so schwach, dass das Roth nur in grösseren Schaaren erkennbar wird. Lebhafter purpurn gefärbt waren die kurz cylindrischen dunkelkörnigen Körperchen der *Monas Okenii*, welche zu Tausenden einen rothen Bodensatz von schöner Fleischfarbe bildeten. Auch die *Clathrocystis roseo-persicina* zeigte sich in unregelmässigen pfirsichblüthrothen Schleimmassen und Säcken, wie wir sie oben schon beschrieben haben.

Von eigenthümlichen Formen hebe ich eine Monade hervor, die ich anderwärts noch nicht beobachtet habe; sie ist in Gestalt der *Monas Okenii* ähnlich, doch etwas robuster; ihr Körper ist wasserhell, von blassrothem, dichtem Protoplasma gebildet und nur an den beiden abgerundeten Enden mit dunkelrothen Körnchen erfüllt; die Länge beträgt 15—20 Mikrom., die Breite 8 Mikrom.; doch kommen auch kleinere vor; ihre Bewegung ist taumelnd, doch viel lebhafter als die der *Monas Okenii*; eine Flimmergeißel, die bereits Dr. Warming wahrgenommen, wird, wie bei jener Art, hinten nachgeschleift. Eigenthümlich ist das Verhalten der Körnchen bei der Quertheilung; während in der ungetheilten Monade die Mitte völlig körnerlos ist, bilden sich bei Beginn der Theilung von beiden Rändern her in der Mittellinie dunkle Körnchengruppen, welche in demselben Masse nach innen wachsen, als die Einfurchung selbst vorschreitet, so dass nach vollendeter Theilung jede Hälfte an ihren beiden Enden die charakteristischen Körnchenhaufen zeigt.

Von den Ehrenberg'schen rothen Monaden erinnert eine, *Monas erubescens*, durch ihr Vorkommen in salzigem Gewässer (Salzsee in der Kirgisensteppe bei Astrachan) wie durch ihre Eigestalt an unsere Form; doch halte ich diese wegen der charakteristischen Körnchenvertheilung und der bedeutenderen Grösse (*Monas erubescens* nach Ehrenberg $\frac{1}{72}$ mm. = 14 Mikrom.) für eine noch unbeschriebene Art, die ich nach ihrem Entdecker als *Monas Warmingii* auführe; sie bildet oft ganz allein pfirsichblüthrothe Niederschläge im faulenden Wasser, indem sie in dichten Haufen bewegungslos sich ablagert und die Blätter und Conferven mit rother Färbung überzieht; nur einzelne Individuen zeigen dann Bewegung; die rothen

Monadenhaufen bedecken die modernden Pflanzen wie Fliegen, welche sich auf einer Zuckerschaale versammeln ¹⁾).

11. *Ophidomonas sanguinea* Ehr. Taf. VI. Fig. 15. Selbstverständlich wimmelte das faulende Wasser auch von Bacterien verschiedener Formen; ganz besonders ausgezeichnet waren lebhaft bewegliche starre Spiralen von ungewöhnlicher Grösse, wie sie die auch durch mehrere kleinere Arten vertretene Gattung *Spirillum* kennzeichnen. Es sind walzliche Fäden von 3 Mikrom. Dicke und darüber, regelmässig pfropfenzieherartig gedreht; die Zahl der Windungen ist verschieden, meist zwei; doch finden sich ebensowohl

¹⁾ Das gesättigte, im Ausrystallisiren begriffene Salz-Wasser der Salinen an der französischen Mittelmeerküste zeigt häufig, insbesondere im Winter, eine schön rosenrothe Färbung mit violettem Reflex, welcher nach Dunal von einem nur am Boden befindlichen, kleinen *Protococcus* herrührt (*Pr. salinus* Dunal), während das Wasser selbst ungefärbt ist und nur das Colorit des Grundes reflectirt (*Rapport sur le Mémoire de M. Dunal sur les Algues qui colorent en rouge certaines eaux des marais salants méditerranés. Ann. des sc. nat. 2 sér. Bot. IX. p. 172. 1838*). In andern Reservoiren besitzt das Wasser selbst eine orange-rothrothe Farbe, mit gleichfarbigem Schaume; diese hatte die Mitglieder der Pariser Akademie in den Jahren 1837—1840 vielfach beschäftigt, indem als Ursache anfänglich (durch Payen) eine *Crustacee* (*Artemia salina*), dann durch Dunal ein unbeweglicher *Haematococcus* (*H. salinus* Dunal), endlich durch Joly eine bewegliche zweiwinperige Monade (*Monas Dunalii* Joly) erklärt wurde. Wie ich schon in *Helwigia* 1865 bemerkt, lassen Joly's Abbildungen in seinem *Mém. sur l'Artemia salina* (*Ann. d. sc. nat. 2 sér. zool. XIII. 1840. Pl. 13. Fig. 8*) keinen Zweifel darüber, dass *Monas Dunalii* nur die Schwärmzellen eines *Chlamydococcus* sind, welchen ich als *Chl. Dunalii* bezeichne und dessen Ruhezustand *Haematococcus salinus* Dunal ist (vgl. Rab. Fl. Alg. Europ. III. p. 96). Dagegen lässt sich ohne neue Untersuchungen nicht entscheiden, ob der violette oder rosenrothe, sehr kleine *Protococcus salinus* wirklich nur ein Jugendzustand des *Haematococcus*, wie Dunal annahm, oder die ausgekrochenen Eier desselben darstellt, wie Joly meinte, oder ob er nicht vielmehr einer selbstständigen Art aus der Reihe der hier zusammengestellten, pfirsichblüth- oder rosenrothe Färbungen bildenden Organismen angehört. Von diesen sind die *Chlamydococcus*- und *Chroolepus*-Arten mit orange, ziegel- oder karminrothem Pigment, welches mit dem Chlorophyll in Zusammenhang steht, und oft durch Veilchengengeruch charakterisirt ist, in ihrem gesammten physiologischen und entwicklungsgeschichtlichen Verhalten durchaus verschieden. Die von mir früher mehrfach ausgesprochene Ansicht, dass dieser Farbstoff ein orange-rothes Oel sei, muss ich nach neueren Untersuchungen dahin modifiziren, dass derselbe nur, gleich dem Chlorophyll, in fetten Oelen löslich ist; in abgestorbenen Zellen, wo das im Inhalt vertheilte Oel sich meist in grossen Tropfen sammelt, erscheinen diese daher durch das rothe Pigment ebenfalls gefärbt, bis dasselbe, ähnlich dem Chlorophyll, am Lichte zerstört wird und die Oeltropfen dann farblos sind.

Spiralen von $2\frac{1}{2}$ (15*), wie kürzere, bis zu einer halben Windung (15**); überhaupt variirt Grösse und Weite der Spiralen nicht unbedeutend; die Höhe der Spirale (der Abstand zwischen zwei Windungen) erreichte 9—12 Mikrom., der Durchmesser etwa $\frac{2}{3}$ der Höhe. Die einzelnen Spiralen sind scheinbar farblos, doch von zahlreichen stark lichtbrechenden röthlichen Körperchen dunkelkörnig; mitunter sind diese ungleich vertheilt, so dass die eine Hälfte der Windung körnerlos, die andere durch übermässige Körnchen fast undurchsichtig erscheint; in grösseren Massen sind die Spiralen deutlich röthlich schimmernd. In einem Gesichtsfeld schrauben sich oft Hunderte von Spiralen durch das Wasser, nicht allzurash, mit wechselnden Ruhepausen, doch auch mitunter so schnell, dass das Auge die Windungen nicht mehr unterscheiden kann. Der Anblick dieser nach allen Richtungen durcheinander sich drehenden Schrauben ist namentlich bei schwächeren Vergrösserungen ein überaus fesselnder. Sie beschreiben oft grössere oder engere Kreise und verweilen daher lange im Gesichtsfeld; finden sie ein Hinderniss, so bleiben sie davor stehen, bis sie endlich umkehren und davonziehen. An ruhenden, oder langsamer bewegten Exemplaren fand ich leicht die lange Geissel auf, manchmal nur an einem Ende, bald unbewegt bogenförmig im Wasser ausgestreckt, bald in schlängelnden Biegungen kräftig umhergeschleudert; an längeren, der Theilung nahestehenden Spiralen wurden Geisseln an beiden Enden aufgefunden (15*). Dr. Warming bestätigte nicht blos die Anwesenheit der Geissel, sondern fand auch Exemplare, die an einem Ende zwei und selbst drei Geisseln besaßen.

Unter welchem Namen sind die Spiralen des faulenden Wassers aus dem Sund im System aufzuführen? Schon im zweiten Hefte dieser Beiträge (p. 183) habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass Ehrenberg am 18. Sept. 1836 bei Jena im Bassin des nämlichen Baches, in welchem er die rothe *Monas Okenii* entdeckt hatte, pfropfenzieherartig gewundene, verhältnissmässig grosse und mit einem sehr feinen Rüssel versehene Schraubenfäden aufgefunden, denen er den Namen *Ophidomonas jenensis* gegeben¹⁾; während diese Art als olivenbraun geschildert wird, besitzt eine zweite dün-

¹⁾ Vielleicht war es die nämliche Art, welche Perty (Kleinste Lebensformen p. 179) als *Spirillum rufum* beschreibt; er hatte an der Wand eines eine Woche stehenden Sumpfwassers beim Weggiessen Flecken gefunden, zwischen roth und blutroth, gegen zwei Quadratzoll bedeckend; eine kleine Portion der rothen Substanz war aus zahllosen schwach röthlichen Spirillen gebildet (vgl. l. c. Tab. XV. Fig. 29).

neren von Ehrenberg in brakischem blutrothem Wasser (*prope Cilonium*) entdeckte Species rothe Farbe und wird deshalb als *Ophidomonas sanguinea* unterschieden¹⁾.

Seitdem ist Ehrenberg's *Ophidomonas sanguinea* meines Wissens nicht mehr beobachtet worden; es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass wir in den Schrauben der rothen Fäulnissprodukte vom Sund die verschollene *Ophidomonas sanguinea* Ehr. wieder entdeckt haben; ob dieselbe von der Jenenser Art, die anscheinend ein ganz ähnliches Vorkommen zeigt, wirklich verschieden, wird sich erst dann beurtheilen lassen, wenn die letztere an ihrem alten Fundort auf's neue untersucht worden ist.

Aber auch eine zweite Gattung macht auf unsere Art Anspruch; nämlich die Bacteriaceengattung *Spirillum*; seitdem wir bei dem alten *Spirillum volutans* Flimmergeisseln aufgefunden, besteht zwischen *Spirillum* und *Ophidomonas* überhaupt kein Unterschied, vorausgesetzt, dass auch bei den kleineren Spirillen Bewegungsorgane noch nachträglich erkannt werden sollten. Wir haben daher nur die Wahl, entweder *Ophidomonas* als selbstständige Gattung zu streichen, und unsere Art etwa unter dem Namen *Spirillum sanguineum* gewissermassen als das Mammuth unter die Bacterien einzureihen, oder umgekehrt die mit Flimmergeisseln nachweislich ausgerüsteten Schraubenfäden (*volutans*, *jenensis* und *sanguinea*), unter *Ophidomonas* zusammenzufassen, und den Namen *Spirillum* ausschliesslich für die kleineren Species (*tenue*, *Undula*) so lange beizubehalten als an ihnen noch keine Geisseln entdeckt sind. Sollte dies geschehen, so würde umgekehrt der Name *Spirillum* zu löschen sein.

12. *Verhältniss der Bacterien zu den Monaden.* Wichtiger als der Namensstreit ist die Frage: Können Arten, welche sich mit Hilfe von Flimmergeisseln bewegen, zu der nämlichen Familie der Bacteriaceen gestellt werden, von denen wir wenigstens bis jetzt annehmen müssen, dass ihre Bewegung nicht durch besondere Organe vermittelt wird? Ich habe diese Frage bereits im zweiten Hefte der Beiträge angeregt (l. c. p. 185); sie tritt dringender an uns heran, wenn wir die hier als Monaden zusammengestellten rothen Organismen überblicken. Hätten wir nicht an ihnen die nachschleppende Geissel wahrgenommen, wir würden kaum Bedenken getragen haben, sie als Bacterien aufzuführen; wenn sie auch die meisten Arten der letzteren in ihrer Grösse übertreffen, so kann dies doch keinen

¹⁾ Monatsberichte der Berliner Akademie 1840 p. 201.

generischen Unterschied abgeben. Vielleicht besitzen alle Bacterien Flimmergeisseln, wie dies Ehrenberg von jeher behauptet hat. Sollte dies der Fall sein, so würde eine Trennung derselben von den mundlosen und daher keine feste Nahrung aufnehmenden, starren Monaden sich kaum rechtfertigen lassen, und es würden insbesondere *Monas Okenii*, *Warmingii*, *vinosa*, sowie die *Rhabdomonas rosea* ihren Platz in der Nähe der Bacterien finden. Dass auch unsere *Clathrocystis roseo-persicina* zu den Kugelbacterien auffallende Beziehungen darbietet, ergibt sich schon aus der Thatsache, dass dieselbe in ihren verschiedenen Entwicklungszuständen von E. R. Lankester als ein pfirsichblüthrothes Bacterium beschrieben worden ist.

Auf der andern Seite steht die von uns betonte Verwandtschaft gewisser Bacterien mit den *Oscillarien* und *Spirulinen*, welche Bewegungen zeigen die nicht durch Flimmergeisseln vermittelt sind, und dadurch von den geisselführenden Monaden weit abzuweichen scheinen. Es wird einer monographischen Untersuchung der Monaden bedürfen, um über die richtige Stellung dieser Organismen endgiltig zu entscheiden.

13. *Stark Lichtbrechende Körnchen in Bacterien und Beggiatoen.* Wir kommen schliesslich noch auf die dunklen Körnchen zurück, welche, wie wir oben gesehen, die meisten der rothen Organismen besitzen. Ihre chemische Natur ist bisher nicht ermittelt worden; doch hat man die Körnchen eben für charakteristische Eigenthümlichkeiten der betreffenden Arten angesehen; Ehrenberg hat dieselben als Magenbläschen oder Eier aufgefasst. Das Vorkommen stark lichtbrechender Körnchen beschränkt sich auch nicht auf die rothen Formen; auch an farblosen Bacterien verschiedener Arten sind dieselben längst beobachtet (vergl. unsere Abbildung und Beschreibung von *Bacterium Lineola* [Heft II. der Beiträge Taf. III. Fig. 11], *Bacillus Ulna* [l. c. Fig. 15], *Spirillum volutans* [l. c. Fig. 21]); von letzterer Art führt Perty eine Varietät *leucomelainum* auf (Kleinste Lebensformen pag. 197. tab. V. f. 31), deren Glieder intensiv schwarz, durch hyaline Räume getrennt sein sollen, vermuthlich durch ungleiche Vertheilung der Körnchen wie bei unserer *Ophidomonas sanguinea*.

Am bekanntesten ist das Vorkommen der dunklen Körnchen in der Gattung *Beggiatoa*, deren Fäden sich von den nächst verwandten *Oscillarien* nur durch den Mangel des *Phycochrom*, der spangrünen aus *Chlorophyll* und *Phycocyan* zusammengesetzten Pigmentverbindung, unterscheiden. Wenn der Mangel dieser Pigmente den farblosen *Beggiatoen* die Fähigkeit des Assimilirens rein anorganischer

Nährlösungen abzusprechen und sie auf eine den Pilzen analoge Ernährungsweise durch Aufnahme gewisser organischer Verbindungen anzuweisen scheint, so steht damit anscheinend in Widerspruch, dass die *Beggiatoen* zwar nicht selten auch in faulem Wasser (im Schlamm stinkender Gräben, Fabrikwässer etc.), in welchem reichlich organische Stoffe gelöst sind, sich entwickeln; dass aber ihr Hauptvorkommen in Mineralquellen, und insbesondere in Thermen zu suchen ist, in denen zwar ein grosser Reichthum von Mineralstoffen, dagegen keine bedeutende Menge organischer Verbindungen nachgewiesen ist. Die *Beggiatoen* sind, wie längst bekannt, die charakteristischen Bewohner der Schwefelthermen; in keiner derselben, wie die Untersuchungen der Pyrenäen-, Alpen- und Euganeenbäder, von Aachen, Warmbrunn, Baden bei Wien und im Aargau etc. ergeben, sind die *Beggiatoen* vermisst worden, welche als weisse schleimige Massen den Boden des Wassers überziehen oder in schleimigen Flocken umherschweben (*Barègine, Glairine*). So zweifelhaft der Werth der bisher unterschiedenen Species, so leicht erkennbar ist die Gattung *Beggiatoa* selbst an den langen, dünnen, überaus kräftig bewegten, meist anscheinend ungegliederten Fäden, in denen bald grössere bald kleinere Körnchen dichter oder lockerer in die farblose Substanz angelagert sind.

14. *Schwefelwasserstoffentwicklung durch Beggiatoen.* Schon im Jahre 1862 wurde ich auf die Bedeutung der *Beggiatoen* aufmerksam, durch die Beobachtung, dass die farblosen schleimigen Massen, welche spinnwebenartig den ganzen Felsgrund des Georgenbassins zu Landeck in Schlesien überziehen und hauptsächlich von *Beggiatoen* gebildet werden, bei der Entwicklung des im Landecker Wasser vorkommenden freien Schwefelwasserstoffs eine Rolle spielen müssen, indem sie die in der Quelle ursprünglich vorkommenden Schwefelverbindungen zersetzen; ich schloss dies aus der Beobachtung, dass Flaschen mit Landecker Wasser, in welchem diese Algen enthalten waren, beim Oeffnen einen starken Geruch nach Schwefelwasserstoff entwickelten; dieser Geruch verlor sich, sobald das Wasser Behufs Untersuchung der Algen in eine offene Schüssel gegossen, erzeugte sich aber nach wenig Stunden von neuem, sobald das Wasser mit den Algen in die Flasche zurückgebracht worden war¹⁾. Lothar Meyer wies auf Veranlassung einer im Febr. 1863 vorgenommenen Analyse

1) Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur für 1863 p. 83. *Medwigia* 1863. No. 12 p. 80. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für 1874 S. 3 der Botanischen Section vom 29. Nov. p. 32.

der Landecker Thermalquellen nach, dass dieses Wasser über fünfmal mehr freien Schwefelwasserstoff (5,07—7,24 CC. HS. im Liter) enthielt, nachdem dasselbe zugleich mit den *Beggiatoen* 4 Monate lang in verschlossenen Glasflaschen aufbewahrt war, als das frische Thermalwasser, welches nur 0,92—1,65 CC. freien HS. enthält, und dass es dann sehr stark nach diesem Gase roch, während dasselbe Wasser, ohne Algen aufbewahrt, geruchlos und frei von Schwefelwasserstoff ist; er erklärte es für zweifellos, dass die Algen die im Wasser enthaltenen Sulfate (insbesondere schwefelsaures Natron, wovon der Liter 0,0687—0,0822 Gm. enthält) zu Schwefelwasserstoff resp. Schwefelnatrium zu reduciren vermögen, und für sehr wahrscheinlich, dass überhaupt der Schwefelwasserstoff der Quelle durch jene Algen erzeugt werde ¹⁾.

In Verfolg dieser Beobachtungen zeigte ich im Jahre 1865, dass der kreideweisse, schleimig fädige Ueberzug, welcher sich in einem Sceaquarium auf dem mit Kies belegten und im Laufe der Zeit mit zersetzten Thier- und Pflanzenresten bedeckten Grunde derselben bildet, die Steine überzieht, und an Stengeln und Aesten grösserer Scepflanzen emporkriecht, reichlich Schwefelwasserstoff entwickelt; daher wird nicht nur der eisenhaltige Sand in der ganzen Umgegend geschwärzt, sondern auch Thiere und Algen in der Nähe getödtet ²⁾. In meinem Aufsätze über Entstehung des Travertin in den Wasserfällen von Tivoli ³⁾ und über *Pycochromaceen* ⁴⁾ bin ich auf den Ursprung des freien Schwefelwasserstoffs durch *Beggiatoen* und andere *Oscillarineen* wiederholt zurückgekommen.

Die von Dr. Warming im Winter 1874 mir zugeschickten Proben des Wassers von den dänischen Küsten entwickelten einen überaus intensiven Geruch nach Schwefelwasserstoff, so dass es nicht möglich war die Flaschen offen im Zimmer stehen zu lassen, dieser Geruch hielt Wochen lang unverändert an; er entwickelt sich in demselben Grade auch in der freien Natur derart, dass er den Bewohnern der ganzen Küste zwischen Kopenhagen und Helsingör lästig wird und alles Silber schwarz färbt.

15. *Ausscheiden von Schwefel an der Oberfläche fauligen Wassers.* Das von Dr. Warming mir zugeschickte Wasser wurde in grosse Glaseylinder ausgegossen, die mit Glasplatten bedeckt waren;

1) L. Meyer, Chemische Untersuchung der Thermen zu Landeck in der Grafschaft Glatz. Journal für praktische Chemie XCI. I.

2) Zwei neue *Beggiatoen*. Hedwigia 1865. No. 6. p. 81.

3) Leonhard's Jahrbücher für Mineralogie 1864. p. 607.

4) Max Schultze, Archiv für mikroskopische Anatom. 1867.

in wenig Tagen bildete sich an der Oberfläche des Wassers ein weisses staubartiges Häutchen, welches einem hineingetauchten Glasstab adhärirte und sich so auf das Objectglas bringen liess; die, feiner Schlemmkreide oder dem *Semen Lycopodii* ähnelnde Substanz besteht unter dem Mikroskop aus kleinen stark lichtbrechenden Körnchen die mit verdünnten Säuren nicht aufbrausen, dagegen in Schwefelkohlenstoff sich auflösen; durch Kochen in Aetzkali werden dieselben zu grösseren gelben Massen verschmolzen, die sich in Wasser lösen; Nitroprussidnatrium färbt diese Lösung violett; über der Flamme schmelzen die Körnchen zu grösseren gelben Tropfen zusammen und entwickeln deutlichen Geruch nach schwefliger Säure. Aus alle dem ergiebt sich, dass die weisse pulvrige Substanz regulinischer Schwefel ist, der bei langsamem Luftzutritt aus dem Schwefelwasserstoffgas durch Oxydation präcipitirt ist (*Sulfur praecipitatus*). Das weisse Schwefelpulver vermehrte sich fortdauernd Monate hindurch an der Oberfläche des Wassers, zeigte in grösseren Massen einen deutlichen Stich ins Gelbe und fiel allmählich zu Boden, indem es die im Wasser befindlichen Pflanzenreste einhüllte und einen starken Bodensatz bildete.

Die reichliche Bildung präcipitirten Schwefels an der Oberfläche des mit modernden Pflanzenstoffen und mit verschiedenen, zum Theil rothen Fäulnissorganismen belebten Wassers setzt ohne Zweifel zwei Bedingungen voraus:

1) Eine grössere Menge von Sulfaten im Wasser, aus denen durch die Einwirkung von Organismen freier Schwefelwasserstoff entwickelt wird und

2) Mangel von Eisenverbindungen, da sich sonst schwarzes Schwefeleisen im Wasser bilden müsste, wie dies in unsern faulenden Gräben gewöhnlich stattfindet. Diese beiden Bedingungen mögen in der Regel wohl an den Seeküsten, dagegen nur ausnahmsweise im Binnenlande vereinigt sein, weil sonst die Erzeugung von präcipitirtem Schwefel in faulenden Gewässern eine viel häufigere Erscheinung sein müsste.

Eine andere Frage ist, ob die Entwicklung des freien Schwefelwasserstoffs in dem Wasser der dänischen Küsten durch eine rein chemische Einwirkung der faulenden organischen Gewebe auf die schwefelsauren Salze zu erklären, oder ob sie nicht vielmehr den im Wasser lebenden mikroskopischen Organismen zuzuschreiben ist? Ich bin nicht im Stande zu entscheiden, ob auch bei völliger Abwesenheit von Fäulnissorganismen jene Umwandlung der Sulfate in Sulfide durch die in Vermoderung begriffene organische Substanz

möglich ist; ich halte es aber nicht für zweifelhaft, dass die lebenden Organismen bei diesem Process die Hauptfactoren sind.

Zunächst fehlen in dem Wasser der dänischen Küste nicht die weissen *Beggiatoen*, von denen, wie ich oben angeführt, der freie Schwefelwasserstoff der Thermalquellen vermuthlich ausschliesslich entwickelt wird. In den faulenden Flüssigkeiten vegetiren zahllose weisse Flöckchen, die entweder an der Oberfläche schwimmen, oder an den Pflanzenresten festsitzen; sie bestehen aus weissen, 1,5 bis 2,3 Mikrom. dicken, dunkelkörnigen, meist büschelförmig von einem Mittelpunkt ausstrahlenden *Beggiatoen* (*B. alba*); Warming beobachtete auch in dem nämlichen Wasser die merkwürdige *Beggiatoa mirabilis*, welche ich zuerst vor einem Decennium am Boden eines Seeaquariums in Form kreideweisser fädiger Massen entdeckt hatte. Schon früher hatte Oersted in den Lachen an der dänischen Küste beobachtet, dass die faulenden Pflanzen mit den weissen lang ausstrahlenden Fäden einer *Beggiatoa* (*B. Oerstedii* Rab. Flor. Alg. europ. p. 95; *Leucothrix Mucor Oersted de regionibus marinis* p. 44) schleimartig überzogen seien.

Ich halte es aber für nicht unwahrscheinlich, dass die rothen Organismen, deren massenhafte Entwicklung wir früher geschildert, an der Entbindung des freien Schwefelwasserstoffs ebenso gut theilhaft sind, als dies von den *Beggiatoen* durch allseitige Beobachtung feststeht. Schon die Thatsache, dass diese Organismen in einem Wasser sich lebendig erhalten, welches Schwefelwasserstoffgas bis zur Sättigung gelöst enthält, beweist eine Anpassung an Lebensbedingungen, welche für die übrigen Thiere und Pflanzen tödtlich sind; ja diese rothen Organismen, ebenso wie die *Beggiatoen*, scheinen ausschliesslich unter diesen Verhältnissen sich zu vermehren.

Bereits Chr. Morren fand in einer Schwefelquelle bei Ougrée an der Maass, welche schon in der Ferne sich durch ihren Geruch nach Schwefelwasserstoff bemerklich macht und mit einem milchweissen Schwefelabsatz die untergetauchten Pflanzen bedeckt, neben *Beggiatoen* und *Oscillarien* rosenrothe Flecken durch eine Monade (*Monas rosea* Morren)¹).

Vielleicht gehört hierhin auch die rosen- oder weinrothe *Monas sulfuraria*, welche Fontan und Joly in den Schwefelthermen bei Sales in den Pyrenäen gefunden haben²).

¹) *Recherches sur la rubéfaction des eaux* p. 73. Tab. V. Fig. 25—27.

²) *Mém. de l'Acad. d. sc. et bell. lett. de Toulouse 1844*. Diesing, Revision der *Prothelminthen*, Sitzungsberichte der Wiener Akademie LII. p. 28. 1866.

Während Meneghini 1842 in den Schwefelthermen der *Euganeen* einen äusserst kleinzelligen pfirsichblüthrothen *Pleurococcus* (*Protococcus persicinus* Menegh. Monogr. Nostoc. ital. p. 13. c. 1; Kütz. Spec. Alg. p. 196; Tab. phyc. I. t. 1; Rab. Flor. Alg. eur. III. p. 28) als schleimige rothviolette Schicht beschreibt, habe ich selbst den Boden des zur Ableitung der heissen Schwefelquellen von Tivoli bei Rom angelegten Kanals am *Ponte della Salfatara* mit fleisch- oder blutrothen gallertigen Krusten bedeckt gefunden, die ich als „*Palmella persicina*“ bezeichnete und für identisch mit dem Meneghini'schen *Protococcus* hielt¹⁾.

Nun ist aber anzunehmen, dass in Wasser, welches viel Schwefelwasserstoff enthält, kein freier Sauerstoff vorhanden sein kann, dessen Anwesenheit doch für die Respiration ebensowohl der Thiere wie der Pflanzen als unentbehrlich angenommen wird; die rothen Fäulniss-Organismen müssen daher gleich den *Beggiatoen* die Fähigkeit besitzen, auch in sauerstofffreiem Wasser sich normal zu entwickeln und zu vermehren; nicht minder müssen sie den giftigen Einwirkungen des Schwefelwasserstoffgases Widerstand leisten²⁾. Ohne Zweifel bilden daher alle die von uns hier aufgeführten Arten, trotz ihrer systematischen Verschiedenheiten eine durch eigenthümliche Lebensthätigkeiten charakterisirte Gruppe lebender Wesen. Es würde vorläufig nur zu unerweisbaren Hypothesen führen, wollte ich den Versuch machen, über die Ernährungsvorgänge der Fäulniss-Organismen in schwefelwasserstoffhaltigem, sauerstofffreiem Wasser Vermuthungen auszusprechen; es ist jedoch wohl nicht allzugewagt, nachdem die Zerlegung von schwefelsauren Salzen und die Entbindung von freiem Schwefelwasserstoff als eine in den Kreis der Lebensvorgänge eingereihte Thätigkeit für eine Anzahl der betreffenden Organismen ermittelt ist, auch für die übrigen unter gleichen Bedingungen existirenden Arten dieselben Vorgänge vorauszusetzen.

16. *Ausscheidung von Schwefel in den Zellen der Fäulniss-Organismen und Beggiatoen.* Aber noch eine andere überraschende Beziehung zum Schwefel lässt sich für die *Beggiatoen* wie für die rothen Fäulniss-Organismen erkennen. Ich habe bei der Beschreibung der letzteren überall das Auftreten von dunklen, stark lichtbrechenden Körnchen hervorgehoben, welche bald mehr bald weniger zahlreich, oft so massenhaft vorhanden sind, dass die Körperchen

1) Entstehung des Travertin in den Wasserfällen von Tivoli l. c. p. 606.

2) Auch die Euglenen bleiben in schwefelwasserstoffhaltigem Wasser lebendig und vermehren sich in solchem.

fast undurchsichtig, scheinbar schwarz aussehen. Ganz ähnliche Körnchen erfüllen die *Beggiatoen*; in dem Wasser der dänischen Küsten erscheinen die Fäden oft auf längern Strecken fast schwarz, indem sie von den kleinen, dicht an einander gedrängten Körnchen vollgestopft sind. Diesen Anblick gewähren die Fäden allerdings nur, wenn sie, wie gewöhnlich, auf dem beleuchteten Gesichtsfeld des Mikroskops beobachtet werden; auf verdunkeltem Gesichtsfeld erscheinen dagegen die dunklen Körnchen weiss; dasselbe ist der Fall, wenn die Fäden unter polarisirtem Lichte bei gekreuzter Stellung der Nicol's betrachtet werden; sie sind dann selbstleuchtend, weiss.

Ueber die chemische Natur der Körnchen in den *Beggiatoen* sind wir zuerst durch eine von J. Meyer-Ahréns bestätigte Untersuchung von Cramer unterrichtet worden¹⁾.

Die heissen Quellen von Baden im Aargau (45,5 – 47° C.) verbreiten einen mehr oder minder starken Geruch nach Schwefelwasserstoff, und setzen einen Anflug von Schwefel in allen Quellenfassungen ab, welche der Luft nur einen beschränkten Zutritt gestatten; bei freiem Luftzutritt dagegen bemerkt man keine Spur von Schwefel, an seiner Stelle reichliche Gipsdrusen, ohne Zweifel, weil in der erhöhten Temperatur der Räume und bei Gegenwart von Kalk in stets sich condensirenden Wasserdämpfen der Schwefel zu Schwefelsäure oxydirt wird. In diesem Thermal-Wasser befindet sich stets eine tüppige Vegetation von *Beggiatoen* (*B. nivea* Rab.), deren Fäden von Schwefelkrystallen dicht durchsetzt sind, und während eines ganzen Jahres in Thermal-Wasser aufbewahrt, jedesmal wieder Schwefelwasserstoff entwickeln. Die älteren *Beggiatoefäden* enthalten, wie gewöhnlich, grössere und kleinere, in 1—2 unregelmässige Reihen geordnete, ungemein stark lichtbrechende Körnchen; diese Körnchen lösen sich weder in Salzsäure, noch in kochendem Wasser, wohl aber in einem Ueberschuss von absolutem Alcohol, in Kali und schwefligsaurem Natron in der Wärme, in Salpetersäure und chlorsaurem Kali bei gewöhnlicher Temperatur, sowie in Schwefelkohlenstoff, wenn die schwer permeable Membran vorher durch Schwefelsäure zerstört ist. Cramer hat hieraus den Schluss gezogen, dass die scheinbar schwarzen Körnchen aus Schwefel bestehen.

Die *Beggiatoen* aus dem Wasser von Kopenhagen bestätigen diese merkwürdige Entdeckung. Cramer gelang es allerdings nicht,

¹⁾ Dr. Chr. Müller, Chemisch-Physikalische Beschreibung der Thermen von Baden in der Schweiz. Baden 1870.

die Körnchen der im Wasser oder Alcohol liegenden *Beggiatoen* durch Schwefelkohlenstoff aufzulösen, offenbar weil unter diesen Verhältnissen der Schwefelkohlenstoff nicht ins Innere der Fäden einzudringen vermag. Wenn man aber ein Büschel von *Beggiatoen*-fäden auf dem Objectglas aufrocknet und dann Schwefelkohlenstoff zusetzt, so vereinigen die Körnchen sich zu grösseren Klümpchen; schliesslich nimmt immer je ein Klümpchen die ganze Breite des Fadens ein, so dass dieselben in einfacher Reihe in den Fäden geordnet sind; nun erkennt man auch Querscheidewände in den Fäden zwischen den Klümpchen, bei andauernd wiederholtem Zusatz von Schwefelkohlenstoff werden die Klümpchen vollständig aufgelöst und verschwinden; die Fäden sind dann ganz klar, körnerlos, und nun deutlich gegliedert, wie *Oscillarien*, während in den körnigen Fäden bekanntlich Gliederung nicht wahrnehmbar ist; die Glieder sind etwa um die Hälfte länger als breit. Erhitzt man *Beggiatoen*-fäden auf dem Objectglas, so schmelzen die Körnchen ebenfalls zu grossen gelblichen Tropfen zusammen und entwickeln Geruch nach schwefliger Säure. Es kann nach diesen Beobachtungen wohl nicht bezweifelt werden, dass die Körnchen in den *Beggiatoen* des faulenden Wassers, ebenso wie in den Badener Thermen, aus Schwefel bestehen; ob es Krystalle sind, vermochte ich wegen der Kleinheit und dem starken Lichtbrechungsvermögen derselben nicht mit Bestimmtheit zu unterscheiden; da sie jedoch gegen polarisirtes Licht sich als doppelbrechend verhalten, so ist an ihrer krystallinischen Textur wohl nicht zu zweifeln.

Aber die Körnchen in den *Beggiatoen*-fäden sind offenbar nicht verschieden von den stark lichtbrechenden Körnchen, die wir in allen rothen Fäulnissorganismen beschrieben haben. Zwar lassen sich bei diesen chemische Reactionen schwieriger anstellen, weil sich das Hauptlösungsmittel des Schwefels, der Schwefelkohlenstoff, mit Wasser nicht mischt, und es muss deshalb der Tropfen mit den rothen Organismen erst auf dem Objectglas austrocknen, bevor man dieselben mit dem Deckglas bedecken, und den CS_2 zwischen Deck- und Objectglas zutreten lassen kann; indess ist es mir bei mehreren Arten, insbesondere bei *Clathrocystis roseo-persicina*, *Monas Okenii* und *Ophidomonas (Spirillum) sanguinea* gelungen, die Körnchen in Schwefelkohlenstoff aufzulösen; bei *Ophidomonas* blieben an Stelle der verschwundenen Körnchen leere Räume im dichteren Plasma zurück; Gliederung wurde jedoch nicht deutlich.

So haben sich denn bei den hier betrachteten Organismen höchst merkwürdige biologische Uebereinstimmungen herausgestellt, die

offenbar mit ihrer Anpassung an Lebensbedingungen in Zusammenhang stehen, welche für die übrigen lebenden Wesen tödtlich sind: einerseits eine Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas durch Zerlegung von schwefelsauren Salzen, andererseits eine Abscheidung von regulinischem Schwefel im Protoplasma in Form von Körnern oder Krystallen. Letzteres scheint darauf hinzuweisen, dass der Schwefelwasserstoff von den Fäulnissorganismen absorbiert, und in ihren Zellen selbst oxydirt wird. Cramer hat die Vermuthung ausgesprochen, dass die der Verwesung anheimfallenden *Beggiatoafäden* aus den Sulfaten des Wassers den Schwefel reduciren, und dass jene mit schwarzen Körnchen erfüllten *Beggiatoen* abgestorbene verwesende Fäden seien (l. c. p. 16). Unsere Beobachtungen machen es aber zweifellos, dass die lebenden, lebhaft bewegten *Beggiatoen* und rothen Fäulnissorganismen bereits jene dunklen Körnchen enthalten, und dass hiernach die Abscheidung des Schwefels und die Entwicklung des Schwefelwasserstoffs bereits in den lebenden Organismen stattfindet.

17. *Bacteriopurpurin*. *Bacillus ruber*. Taf. VI. Fig. 17. *Micrococcus fulvus*. Taf. VI. Fig. 18. Der Gedanke liegt nahe, dass auch der eigenthümliche pfirsichblüth-rothe Farbstoff (*Bacteriopurpurin*), der sehr verschiedenartigen, aber unter gleichen Bedingungen existirenden Organismen zukommt, auf eine gemeinschaftliche Ursache, etwa auf eine Schwefelverbindung, zurückzuführen ist; doch haben meine bisherigen Beobachtungen kein massgebendes Resultat gewinnen lassen.

Dass der pfirsichblüthrothe Farbstoff der hier beschriebenen Organismen verschieden ist von dem des *Micrococcus prodigiosus*, ist, wie schon oben berührt wurde, durch die spectroscopische Untersuchung von Lankester festgestellt worden. Dem Tone nach ähnelt derselbe dem Farbstoff der *Palmella cruenta*, welche bekanntlich häufig in einfacher Zellschicht im Herbst den feuchten Erdboden bedeckt; doch ist letzteres Pigment anscheinend wohl näher dem purpurnen Farbstoff der *Phycochromaceen*, *Chantransien* und *Bangien* verwandt, welcher aus einer Verbindung von Chlorophyll und einem purpurrothen Körper, vielleicht dem *Phycoerythrin* der Florideen hervorgegangen ist¹⁾, während in dem pfirsichblüthrothen *Bacteriopurpurin*, wie in dem Pigment des *Micrococcus prodigiosus*, kein Chlorophyllsubstrat erkennbar ist.

Verschieden von den hier geschilderten scheinen zwei rothe,

¹⁾ Vergleiche meinen Aufsatz über *Phycochromaceen*. M. Schultze's Archiv 1867.

durch Bacterien erzeugte Farbstoffe zu sein, welche ich hier anschliesse, obwohl es mir nicht möglich war, die Natur derselben genauer festzustellen. Durch die Güte des Herrn Dr. Frank in Leipzig erhielt ich gekochten, mit Hühnerbouillon versetzten Reis, auf dessen Oberfläche, nachdem derselbe eine Nacht hindurch in einer offenen Schüssel gestanden, sich im September 1873 im feuchten dunklen Raume eine mennig- oder ziegelrothe Färbung gebildet hatte. Eine Portion frischen Reises, welche einfach neben den befallenen offen hingestellt wurde, blieb intact, eine andere eben solche Portion, welche an einen andern Ort gestellt, und auf welche ein rothes Reiskörnchen gelegt worden war, röthete sich über Nacht. Zwei gefärbte Reiskörner wurden im März 1874 im pflanzenphysiologischen Institut zu frischem gekochten Reis gelegt: das Pigment vermehrte sich zwar nur schwach; doch entwickelte sich ein dünner rother Schleim, gebildet aus den längeren Stäbchen der Gattung *Bacillus*. Dr. Frank hatte dieselben bereits als frei und lebhaft beweglich, nicht in Schleim eingebettet, beobachtet, bei den in Breslau cultivirten waren die Stäbchen entweder isolirt, oder zu 2 oder 4 aneinanderhängend; die meisten todt, doch auch viele bewegt, häufig waren 2—4 stärker lichtbrechende Körnchen im Stäbchen eingeschlossen. Die Färbung ist insofern interessant, als Bacillen bis jetzt noch nicht als Pigmentbacterien beobachtet worden sind; nach den von mir befolgten Principien muss ich dieselben als eine besondere Art betrachten, die — im Einverständniss mit dem Entdecker Frank — als *Bacillus ruber* bezeichnet werden soll. (Taf. VI. Fig. 17.)

Auf Pferdemit, welcher im pflanzenphysiologischen Institut zum Zwecke von Pilzculturen von Dr. Eidam unter einer Glasglocke feucht erhalten wurde, erschienen im Winter 1874 rostrothe kegelförmige Tröpfchen in grosser Anzahl neben einander; diese Tröpfchen, etwa $\frac{1}{2}$ mm. im Durchmesser, waren von ziemlich fester Consistenz; sie vergrösserten sich, flossen auch zusammen, und bildeten grössere Schleimüberzüge; sie bestanden aus einem *Micrococcus*, dessen kuglige oder paarweise zusammenhängende Zellen durch zähe Intercellularsubstanz verbunden, etwas grösser erschienen, als die der meisten pigmenterzeugenden Kugelbacterien (etwa 1,5 Mikrom.). Der sehr charakteristische Farbstoff bezeichnet wohl eine selbstständige Art, die als *Micrococcus fulvus* aufgeführt werden mag (Taf. VI. Fig. 18). Herr Dr. Kirchner hat die nämliche Art auf Pferdemitkulturen auch in Proskau erhalten.

18. *Rothe Milch*. Ein eigenthümliches Vorkommen des *Micro-*

coccus prodigiosus wurde von mir im Juli 1873 beobachtet. Herr Dr. Eichelberg in Hanau schickte saure Milch, welche wie mit Blut gemischt aussah; sie hatte 40 Stunden in der Wohnstube im Ofen gestanden und durchaus eine schön purpurrothe Farbe angenommen; die eingesendete Probe war beim Durchschütteln gleichmässig rosa gefärbt; beim Stehen sammelten sich auf der Oberfläche schön purpurrothe Tropfen; die Bildung der rothen Milch wiederholte sich zu drei verschiedenen Malen. Ein ähnliches Vorkommen von rother Milch wurde mir kurz darauf hier in Breslau mitgetheilt; dass es auch sonst nicht selten vorkommt, entnehme ich aus Literaturangaben. So führt z. B. der Director der Schweizer Milch-Versuchstation zu Thun R. Schatzmann in seiner Volksschrift: Anleitung zum Betrieb der Sennerei, Aarau 1872, unter den Fehlern der Milch neben der blauen auch rothe oder blutige Milch auf, deren Ursache von Verletzungen des Euters oder Ausströmen des Bluts ins Innere der Zitzen abgeleitet wird.

Die wahre Ursache der rothen Milch, welche ich von Hanau und Breslau beobachtete, ist jedoch der *Micrococcus prodigiosus*, der sich in derselben entwickelt, und in bekannter Weise auf der Oberfläche karminrothe Tröpfchen bildet, oder grössere Flächen mit seinen rothen Gallertmassen übergiesst. Hierbei konnte ich die Bemerkung machen, dass das rothe Pigment, welches bekanntlich in Wasser unlöslich ist, dagegen von Alcohol und Aether gelöst wird, auch in den Buttertröpfchen der Milch löslich ist; diese waren es, welche in Folge dessen eine schöne rothe Farbe annahmen, und in ihrer feinen Vertheilung die ganze Milch rosa färbten, oder in grösseren rothen Augen oben auf schwammen. Indem ich solche rothe Fetttropfen in einer Glascapillare vorsichtig derart aufsaugte, dass der Zutritt des Milchserum verhindert blieb, konnte ich mit Hülfe eines Browning'schen Mikrospectroscops das Spectrum der rothen Butter feststellen; die charakteristischen totalen Absorptionsstreifen im Grün und Blau erwiesen die Identität mit dem Farbstoff des *Micrococcus prodigiosus*¹⁾. Die Methode verdient einiges Interesse, insofern sie die Benutzung des Spectroscops zur Identificirung mikroskopischer Wesen bekundet, deren sichere Unterscheidung auf andere Weise schwerlich möglich ist. Dass der Farbstoff des *Micrococcus prodigiosus* in Fetten löslich ist, konnte ich auch direct erweisen, indem ich kleine Mengen des rothen *M. prodigiosus* von einer gekochten Kartoffel auf ein Objectglas brachte, mit einem

1) Vergl. Schröter Heft II. dieser Beiträge p. 115.

Oeltropfen übergoss, und dann mit dem Deckglas bedeckte; nach kurzer Zeit war das Oel geröthet, und Glascapillaren, in welche dasselbe eingesaugt wurde, zeigten unter dem Mikro-Spektroskop die charakteristischen Absorptionsstreifen. Es stimmt daher der Farbstoff des *Micrococcus prodigiosus* bei aller sonstiger Verschiedenheit doch in sofern mit dem Chlorophyll überein, als beide in Wasser unlöslich, dagegen in Alcohol, Aether und fetten Oelen, so wie in Protëinsubstanzen löslich sind. In sauer gewordener Milch bilden sich übrigens bekanntlich auch andere Pigmente durch chromogene Bacterien, und zwar ausser dem schon früher häufig beobachteten citrongelben und blauen, auch der saftgrüne Farbstoff des *Micrococcus chlorinus* in solcher Menge, dass grosse Quantitäten schön gelbgrünen Milchserum's abgezogen werden konnten. (Vergleiche übrigens Schröter, Heft II. dieser Beiträge p. 120 und p. 155, der, wie ich glaube, bereits den nämlichen Farbstoff in der Milch beschreibt.)

19. *Myconostoc gregarium* n. g. et sp. Taf. V. Fig. 6. In meinen früheren Abhandlungen über die Bacteriaceen von 1853 und 1872 habe ich die Ansicht zu begründen gesucht, dass dieselben in zwei Hauptgruppen sich vertheilen, die sich an verschiedene Algenkreise enger anschliessen, und dem entsprechend auch in der Entwicklung sich etwas verschieden verhalten. Die beiden Gattungen *Micrococcus* und *Bacterium* nämlich schliessen sich am nächsten an die *Chroococcaceen* an, und kommen gleich diesen im Ruhezustande als Schleimfamilien (*Zoogloeaform*) vor: die Gattungen *Bacillus*, *Vibrio* und *Spirillum* dagegen, welche sich zunächst an die *Oscillarien* anreihen, werden niemals in Gallertmassen beobachtet, wohl aber gehen aus ihnen im Ruhezustande *Leptothrix*artige Fäden hervor (Heft II. dieser Beiträge p. 141, 142, 186). Es ist nun zwar die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass auch Bacteriaceen der zweiten Gruppe in Schleim eingebettet vorkommen, da es ja selbst *Oscillariaceen* giebt, deren Fäden Familienweise von gemeinschaftlichem Schleim umhüllt sind (*Phormidium*, *Cthonoblastus*, *Limnochlide*, *Dasygloea*, *Nostoc* etc.), doch ist mir bis jetzt keine wirkliche Ausnahme vorgekommen, da die von mir bisher beobachteten *Bacillen*, *Vibrionen* und *Spirillen* immer nur frei, vereinzelt oder gesellig in Schwärmen auftreten.

Eine scheinbare Ausnahme macht eine neue Bacteriaceengattung, welche ich im Winter 1873 in einem Glase mit Wasser beobachtete, in welchem seit etwa 14 Tagen verschiedene Algen, insbesondere *Spirogyren*, faulten. An der Oberfläche dieses Wassers, in welchem

auch *Clathrocystis roseo-persicina* massenhaft vegetirte, bildete sich ein farbloses Häutchen von schleimiger Beschaffenheit, gebildet von abgestorbenen und in Reihen geordneten Bacterien (*Petalococcus* Billroth), sowie von *Zoogloeagallert*, umschwärmt von beweglichen Bacterien und allerhand Infusorien (*Stentor*, *Coleps*, *Paramecium Aurelia*, *Chilodon Cucullulus*, *Spirostomum*, *Nassula*, *Cyclidium Glaucoma*, *Chilomonas Paramecium*, *Vorticellen*, *Euglenen*, *Rotiferen* und *Tardigraden*) und ähnlichen Begleitern der Fäulniss und Verwesung. Das Wasser nahm eine schwarze Färbung an (durch Bildung von Schwefeleisen) und entwickelte einen äusserst unangenehmen Geruch. Auf der Oberfläche sammelten sich farblose Schleimtröpfchen; diese waren gebildet von isolirten, oder haufenweise an einander hängenden kleinen Gallertkugeln von 10—17 Mikrom. Durchmesser und darüber. Diese Kugeln, nach aussen ziemlich scharf abgegrenzt, häufig elliptisch in die Länge gezogen, schlossen in einer durchsichtigen Gallert einen farblosen *Leptothrix*artigen Faden ein, welcher in knäuelartigen aber lockeren Windungen ins Innere eingelagert war (Fig. 6 a. b.). Ob jede Kugel immer nur einen oder auch mehrere solcher Fäden einschliesst, lässt sich nicht leicht ermitteln, obwohl ich das erstere als Regel vermuthe; unmittelbar vermag man nur die bogenartigen Schlingen in der Peripherie, und die durch einander geschlungenen Windungen im Innern zu unterscheiden. Die farblosen Fäden selbst, etwa von der Stärke des *Bacillus Ulna* oder *Spirillum volutans*, enthalten stark lichtbrechende Körnchen; Gliederung ist nicht erkennbar. Die Vermehrung geschieht, ähnlich wie bei *Ascococcus*, mittelst Querfurchung der Gallertkugel, die, vermuthlich in Folge bedeutenderer Streckung des eingelagerten Fadens, sich erst elliptisch in die Länge dehnt, dann in der Mitte sich in zwei Halbkugeln durchfurcht, welche sich nach kurzer Zeit von einander trennen (Fig. 6 c. d.). Der Gedanke lag nahe, dass es *Spirillen* seien, welche hier in Gallert eingeschlossen sind, und in der That hat E. R. Lankester, welcher diese Form in seinem Aufsatz über *Bacterium rubescens* zuerst abbildete (l. c. p. 424. Pl. XXII. Fig. 8 und 9) dieselbe als eine *Zoogloea*form oder Gallertbildenden Entwicklungszustand eines *Spirillum*, vermuthlich *Sp. Undula*, aufgefasst. Ich vermochte jedoch keinen entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang mit einem *Spirillum* zu beobachten; vielmehr erkenne ich hier eine selbstständige Gattung, welche ich als *Myconostoc* bezeichne, weil sie in der That unter den Bacteriaceen eine Parallelförmigkeit zu der Algengattung *Nostoc* zu bieten scheint; in beiden Gattungen ist ein knäuelartig gewun-

dener Zellfaden in einer Gallertkugel eingelagert. Die Art bezeichne ich wegen des geselligen Vorkommens als *M. gregarium*. Lässt man *Myconostoc gregarium* durch allmähliches Eintrocknen auf dem Objectglas zu Grunde gehen, oder zerquetscht man durch Druck die Gallerthülle, so rollt sich der Faden auseinander (Fig. 6 e.) und zerfällt in kurze cylindrische, halbkreis- oder ringförmige Glieder, welche sich von einander trennen (Fig. 6 f.); spontane Bewegung kam aber nie zum Vorschein.

20. *Cladothrix dichotoma* n. g. et sp. Taf. V. Fig. 8. In dem nämlichen faulenden Wasser, in welchem sich das *Myconostoc* fand, beobachtete ich eine zweite, neue Form, welche ich seitdem noch häufig in ähnlichen Vorkommnissen wiedergefunden habe. Es waren farblose, theils auf der Oberfläche des Wassers schwimmende, theils an den faulenden Algen festsitzende, sehr dünne, scheinbar ungegliederte feingekörnte, grade oder stellenweise geschlängelte Fäden, ähnlich farbloser *Leptothrix*; während aber die Fäden von *Leptothrix* stets unverzweigt sind, gabelten diese sich wiederholt mit grosser Regelmässigkeit; so bildeten sie Räschen von 0,5 mm. Durchmesser und darüber. Bei diesen dichotomischen Fäden waren die Hauptachsen den Gabelästen gleich dick, etwa = 0,3 Mikrom. (0,0003 mm.); manchmal fand sich auch trichotome Verzweigung. Eine solche Verzweigung schien anfangs dem Charakter der *Oscillarineen* zu widersprechen, in deren Verwandtschaft nach unserer Ueberzeugung die farblosen *Leptothrix*arten ebenso wie die *Bacillen* gehören, und vielmehr an die gabelästigen *Mycelien* gewisser Schimmelpilze, z. B. *Aspergillus* und *Mucor*, zu erinnern. Bei Anwendung stärkerer Vergrösserungen (Fig. 8 a.) überzeugte ich mich jedoch, dass nicht eine ächte Dichotomie, sondern nur eine falsche Astbildung vorhanden ist, wie sie die mit den *Oscillarien* verwandten *Scytonemeen* charakterisirt. An jeder Gabelstelle erkannte man nämlich deutlich, dass der eine der beiden Aeste, welcher die directe Verlängerung des Hauptfadens darstellt, an den andern nur angelehnt ist, aber nicht in organischer Verbindung mit demselben (Fig. 8 a.) steht. An einzelnen Stellen setzt sich der seitlich angelegte Ast noch ein Stück abwärts vom Scheitel der Gabelung fort, so dass er ein X bildete. Hiernach entsteht die Dichotomie dadurch, dass ein Faden in der Mitte sich in eine untere und in eine obere Hälfte durchfurcht; indem beide Hälften am Scheitel fortwachsen, verlängert sich die untere in unmittelbarer Fortsetzung neben der oberen, welche dadurch als scheinbarer Ast an die Seite gedrängt wird. Die Xform entsteht, wenn die obere Hälfte an beiden Enden sich mehr oder weniger verlängert.

Diese Entwicklung stimmt so vollständig mit der Entstehung der Dichotomieen und falschen Aeste bei *Schizosiphon*, *Tolypothrix* und anderen spangrünen *Oscillarineen* überein, dass für die innige Verwandtschaft dieser mit den farblosen, in Fäulniss vegetirenden, scheinbar pilzartigen Formen, mit denen wir uns hier beschäftigen, hierdurch ein neuer interessanter Beweis geboten wird. Ich habe dieselben als eine neue Gattung und Art unter dem Namen *Cladothrix dichotoma* aufgeführt¹).

21. *Streptothrix Foersteri*. Taf. V. Fig. 7. Seit A. v. Graefe zuerst im Jahre 1855 in den Thränenkanälen des menschlichen Auges Concremente von eng verfilzten Pilzmassen beschrieben hatte, welche er als Favuselemente bezeichnete²), sind derartige Fälle von den Ophthalmologen mehrfach, wenn auch immer nur selten, beobachtet worden. Im Jahre 1869 machte mein Freund, Prof. R. Foerster, einen Fall bekannt³), wo bei einer Kranken der untere Thränenkanal von einer bröcklichen, schmierigen Masse ausgefüllt und aufgetrieben war, welche eine, Jahre lang anhaltende Bindehautentzündung des Auges veranlasst hatte; in dieser Masse fand Waldeyer Pilzelemente, welche er für identisch mit der *Leptothrix buccalis* Robin et Lebert der Mundhöhle erklärte, die von Leber und Rottenstein als Hauptagens der Zahncaries angesehen wird; die *Leptothrix*fäden sah Waldeyer von kleinem runden *Micrococcus* und beweglichen Bacterien umgeben. Zwei ähnliche Fälle waren schon früher von Foerster wahrgenommen, doch nicht mikroskopisch festgestellt worden. Graefe⁴) beschrieb unmittelbar darauf noch mehrere (im Ganzen 7) Fälle solcher Concremente im unteren Thränenröhrchen, in denen Cohnheim und Leber ebenfalls *Leptothrix*elemente, identisch mit denen der Mundhöhle, nachgewiesen hatten. Die Concremente selbst sind $1\frac{1}{2}$ — 3''' lang, etwa 1''' dick; sie werden bald als käsig schmierig, bald als sandig bröcklig beschrieben; ihre Farbe ist gelblich weiss; nur in einem (dem Foerster'schen) Falle aussen schwärzlich.

¹) Zuerst beschrieben zugleich mit *Myconostoc gregarium* in der Sitzung der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft vom 18. Dec. 1873. Vergleiche Just, botanischer Jahresbericht für 1873 p. 64.

²) Graefe im Archiv für Ophthalmologie I. 284 und II. 1. 224.

³) Pilzmasse im untern Thränenkanälchen in Graefe, Archiv für Ophthalmologie XV. I. p. 318–23. Taf. III. Fig. 1.

⁴) Ueber *Leptothrix* in den Thränenröhrchen, Archiv für Ophthalmologie XV. I. p. 324.

Foerster übergab mir in den letzten Jahren noch mehrere solcher Concremente zur mikroskopischen Untersuchung, welche er aus Thränenfisteln durch Aufschlitzen erhalten. Eine am 15. April 1874 mir übergebene Masse war weisslich, talgartig, leicht zu zerdrücken und zu verkleinern, und bestand der Hauptsache nach aus feinen, äusserst dünnen, farblosen, parallel neben einander gelagerten oder wirr durch einander verfilzten Fäden, welche grade oder bogig gekrümmt, stellenweise aber schlängelig, eng und zierlich pfpfenzieherartig gewunden sind; diese Stellen erinnern an die Schraubenfäden der *Spirulinen* oder *Spirochaeten*, von denen sie sich jedoch durch weit grössere Unregelmässigkeit leicht unterscheiden. Die Fäden zerfallen in mehr oder weniger kleine Stücke, die mitunter kurz, oft aber 50 Mikrom. und darüber lang sind; Ammoniak löst dieselben nicht. Diese Fäden sind eingelagert und dicht umhüllt von feinkörnigen *Micrococcus*massen, welche auch die Zwischenräume zwischen den Fäden ausfüllen (Fig. 7a.). Wenn man eine unter dem Deckglas liegende Portion der weisslichen Masse durch einen Wasserstrom ausspült, den man durch einen an den Rand des Deckglases angelegten Fliesspapierstreifen und Zufuhr frischer Wassertropfen an den entgegengesetzten Rand längere Zeit unterhält, so kann man die Fäden von dem anhängenden *Micrococcus* möglichst befreien und erkennt dann nicht bloss, dass dieselben sämmtlich von gleicher, so zu sagen haarfeiner Dicke, in unbestimmter Folge bald grad bald lockig gedreht verlaufen, sondern dass sie auch, wenn auch nur spärliche Verzweigungen zeigen. Alle diese Eigenthümlichkeiten unterscheiden die Fäden der Thränenkanälchen von denen der *Leptothrix buccalis* in der Mundhöhle, die ausserdem dicker, steif und gerade, deutlich gegliedert, und stets unverzweigt sind, derart, dass ich beide nicht für Entwicklungszustände der nämlichen Art halten kann; die so charakteristischen, parallel neben einander liegenden, starren Fadenbündel der Mund-*Leptothrix* habe ich nie in den weissen Massen der Thränenkanälchen wahrgenommen. Ich muss daher die letzteren als eine besondere Art betrachten, die ich als *Streptothrix Foersteri* bezeichnen will. Wohin dieselbe ihrer Verwandtschaft nach gehört, lässt sich freilich bis jetzt nicht angeben, da meine Culturversuche kein Resultat gaben; die äussere Form der Fäden scheint dieselben allerdings den *Leptothrix*arten, deren normales oder pathologisches Vorkommen ja auch in andern menschlichen Organen constatirt ist, anzureihen, während die Verzweigung an Pilzmycelien erinnert; doch giebt es auch nicht zu den Pilzen gehörige, wahrscheinlich unecht verzweigte *Leptothrix*formen, zu denen

unter andern die seltsamen Fadengebilde zu gehören scheinen, welche Pasteur als die Fermentorganismen der schleimigen Gährung zuerst bezeichnet und die ich selbst in einer mir durch Dr. Traube übergebenen, schleimig gewordenen Apfelsine beobachtet habe. Trözt der von mir angenommenen specifischen Verschiedenheit der Fäden scheinen doch die Concremente der Thränenkanälchen eine dem Weinstein der Zähne ganz analoge Bildung zu sein, da in beiden die Hauptmasse von dem *Micrococcus* dargestellt ist, in welchen die farblosen *Leptothrix*fäden eingelagert sind. Ausser diesen Hauptformen enthalten die Concremente auch noch bewegliche Bacterien (*B. Termo*), so wie Monaden, die mit einer langen Geissel, nach Art einer Springborste sich hüpfend bewegen; auch beobachtete ich kleine hefeartige Zellen, so wie *Oidium*artige Gonidienketten, welche vielleicht Graefe als *Favuselemente* gedeutet hatte; selbst Pilzsporen mit langen Keimschläuchen kamen vor; doch scheinen mir dies nur secundäre Bildungen, deren Keime erst nachträglich in die Concremente gelangt sind.

22. *Bacillus subtilis*. *Dauersporen*. Im zweiten Hefte dieser Beiträge (l. c. p. 145, 176. Taf. III. Fig. 13) habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass die von mir aufgestellte Gattung *Bacillus* sich höchst wahrscheinlich durch Gonidien oder Dauersporen fortpflanzt, welche durch einen stark lichtbrechenden, oelartigen Inhalt ausgezeichnet sind; derartige Fäden erscheinen als geschwänzte Köpfchenbacterien. Perty hatte, wie ich erst nachträglich erfahren, unsere *Bacillus*arten schon im Jahre 1852 als eine selbstständige Gattung von den eigentlichen Bacterien unter dem Namen *Metallacter* abgetrennt (von einem griechischen Worte, welches „sich verändernd“ bedeutet), weil dieselben in steife oder wenig biegsame, unbewegliche, ungemein verlängerte *Hygrocrocis* (oder *Leptothrix*)fäden unter gewissen Umständen sich unwandeln; und ebenso hatte er äusserst kleine, bewegliche cylindrische Fäden beobachtet, welche an einem, oder seltener an beiden Enden ein, manchmal auch zwei elliptische Körperchen (wohl Sporen) einschliessen; obwohl er dieselben öfters mit *Bacillus* (*Metallacter Bacillus* Perty) zusammen fand, denen sie sehr gleichen, hielt er sie doch für eine selbstständige Gattung und Art (*Sporonema gracile* Perty)¹⁾. Ebenso hatte Trécul in den geschwänzten Bacterien eine selbstständige Gattung erblickt, die er *Urobacter* nannte. In neuster Zeit hat Billroth das Auftreten dunkel conturirter fettglänzender Kügelchen an einem, seltener an beiden Enden, zuweilen auch in der Mitte

¹⁾ Kleinste Lebensformen p. 180, 181. Taf. XIV. Fig. 8, 12, XV. F. 26.

von Bacterien, in faulendem Blutserum, Aufgüssen faulender bluthaltiger Gewebe u. s. w. häufig beobachtet; er bezeichnet derartige Formen als *Helobacteria* und betrachtet sie auch als Dauersporen¹⁾.

Auch ich habe in den letzten Jahren vielfach Gelegenheit gehabt mich von der allgemeinen Verbreitung der geschwänzten oder Köpfchenbacterien unter den verschiedensten Verhältnissen und von ihrer Beziehung zu *Bacillus* zu überzeugen. Ganz besonders instructiv ist das Auftreten derselben im Labaufguss. Bekanntlich hat H. Ch. Bastian²⁾ im Jahre 1872 einen Aufsehen erregenden Versuch veröffentlicht, welcher die Entstehung der Bacterien durch Urzeugung in gewissen Mischungen erhärten sollte, in denen durch längeres Kochen die früher vorhandenen Keime getödtet sein mussten. Die von ihm benutzte Flüssigkeit bestand aus einem Decoct von weissen Rüben, welchem eine kleine Menge Käse zugesetzt und darin gekocht worden war. Die filtrirte und neutralisirte Flüssigkeit, in einem Kolben 10 Minuten gekocht und während des Siedens durch Zuschmelzen des Kolbenhalses hermetisch verschlossen, wimmelte nach 3 Tagen von Bacterien. Bald nachdem mir diese Versuche bekannt wurden, wiederholte ich dieselben (9. Mai 1873) im Pflanzenphysiologischen Institut. Ein Kölbchen, dessen Hals in eine dünne offene Spitze ausgezogen, wurde mit destillirtem Wasser gefüllt, und auf dem Drahtnetz über einer Gasflamme zum Sieden gebracht; auf demselben Netz stand ein Becherglas mit dem filtrirten Rüben-Käsedecoct; nachdem beide 10 Minuten kochend erhalten, wurde das Kölbchen umgekehrt mit der Spitze in die Flüssigkeit im Becherglas getaucht, sodann die Flamme entfernt; der im Kölbchen entwickelte Wasserdampf treibt zunächst den Rest des Wassers in das siedende Decoct; beim allmählichen Abkühlen aber steigt das letztere in das Kölbchen hinein; sobald dieses fast gefüllt, wird es heraus genommen und die Spitze sofort zugeschmolzen. Gleichwohl trübte sich die anfangs klare Flüssigkeit im Kölbchen nach 3 bis 4 Tagen; jedoch waren es nicht die gewöhnlichen Fäulnisbacterien (*B. Termo*), sondern längere in gebrochenen Ketten umherschwimmende *Bacillus*stäbchen und Fäden, die sich entwickelt hatten.

H. Ch. Bastian hat aus seinem Experiment den Schluss gezogen, dass im Rüben-Käsedecoct lebende Organismen durch Urzeugung (*Archigenesis*) neu entstehen, selbst wenn alle früher vorhandenen Keime

¹⁾ *Coccobacteria septica* p. 22, 33. Taf. IV. Fig. 37, 38.

²⁾ *Proc. Royal Soc.* 1873 No. 145; die analogen Versuche Hützingas über *Abiogenesis* sind bereits durch Samuelson (*Pflügers Archiv* VIII. p. 277) und Gscheidlen (*ibid.* IX. p. 163) widerlegt.

durch die Hitze getödtet sind. Burdon Sanderson wies nach¹⁾, dass zwar eine Wärme von 100^o C. die Entwicklung von Bacterien im Bastian'schen Decoct nicht verhindere, wohl aber eine nur wenig höhere Temperatur, wie sie im Papin'schen Topf leicht erhalten wird.

Ich würde die Beweiskraft des Bastian'schen Versuchs für die Entstehung gewisser Bacterien durch Urzeugung nur dann gelten lassen, wenn derselbe unbedingt die Möglichkeit ausschliesse, dass in dem Rüben-Käsedecoct entwicklungsfähige Keime vorhanden seien, welche durch die in Anwendung gekommene Temperatur während der Versuchszeit nicht getödtet wurden. Allerdings ist nicht zu bezweifeln, dass die gewöhnlichen beweglichen und ruhenden Zustände der Bacterien durch Kochen vernichtet werden; aber könnte es nicht besondere Entwicklungszustände oder Keime geben, welche der Siedehitze längere Zeit Widerstand leisten? Dass derartige Keime im wässrigen Rübenauszug vorhanden seien, ist allerdings nicht wahrscheinlich, da nach tausendfältigen Erfahrungen im Grossen und Kleinen frische Pflanzengewebe (Gemüse) durch Kochen conservirt, d. h. die in ihnen vorhandenen Fäulniskeime zerstört werden; desto eher liess sich vermuthen, dass der in fester Form zugefügte Käse etwaige eingeschlossene Keime länger vor der tödtlichen Siedehitze werde schützen können.

Ich stellte mir daher die Aufgabe zu ermitteln, ob und welche Fermentorganismen bei der Darstellung der süssen, fetten (Schweizer, Holländischen, Englischen) Käse eine Rolle spielen; ich benutzte von diesem Gesichtspunkt aus im Sommer 1873 die mir durch Herrn Apotheker Dr. Schroeder zu Frauenfeld im Thurgau freundlichst gebotene Gelegenheit, mich über die bei der Fabrikation des Schweizer Käse vor sich gehenden Prozesse an Ort und Stelle zu belchren, und habe die Sache dann noch in den grossen Käsereien zu Engelberg, Kanton Unterwalden, so wie zu Haus durch kleine Versuche weiter verfolgt. Selbstverständlich habe ich die chemische Seite der Käsebildung, die noch mancher Aufklärung bedarf, auf sich beruhen lassen müssen, und mich ausschliesslich auf die Frage von der Mitwirkung der *Bacterien* beschränkt, die meines Wissens überhaupt noch nicht wissenschaftlich erwogen worden ist.

23. *Milchgerinnung. Käsegährung.* Der sogenannte Schweizer (Emmenthaler) Käse wird in grossen kupfernen Kesseln aus der

¹⁾ Nature 1873 VI.; bestätigt durch Gscheidlen; Pasteur und Hofmann (Bot. Zeit. 1863) gelangten schon früher zu ähnlichem Resultat.

Milch dargestellt, welche durch einen Zusatz von Labflüssigkeit dick gemacht, d. h. nach ein Paar Minuten in eine steife Gallert umgewandelt wird. Nachdem die Diekmilch etwa eine Viertelstunde ruhig stehen gelassen, werden mit Hülfe der Milchkeule die obersten buttereicheren Schichten unter die tieferen geschaufelt oder verzogen, sodann die ganze Masse mit einem hölzernen Säbel (Käsesäbel) der Länge und Quere nach durchgetheilt, endlich mit einem Drahtquirl (Käsebrecher) in erbsengrosse Bröckchen oder Klümpchen verkleinert, und über offenem Feuer eine Stunde lang bei 55—60° C. durchgerührt. Während dieser Operation sondern sich allmählich die Käsetheilchen von der zurückbleibenden Käsmilch oder Molkenflüssigkeit (Sirte), indem sie sich aneinanderhängen und zugleich dichter und fester werden. Nun wird der süsse dicke Käsebrei in ein Tuch gefasst, und mit diesem in eine Form, bestehend aus einem hölzernen Reif (Ladreif) und zwei hölzernen Deckelplatten eingeschlossen, sodann unter eine Presse mit entsprechender, allmählich gesteigerter Belastung gebracht, um die überflüssige Käsmilch auszupressen. Nach 24 Stunden wird der Käselaiab aus der Presse genommen und kommt in den Käsekeller, wo er bei einer Temperatur von 10—12° C. mehrere Monate verbleibt; durch tägliches Einreiben von Salz in die Rinde wird nicht bloß das Schimmeln verhindert, sondern auch das Innere entwässert und mit antiseptischer Salzlösung durchtränkt. Schliesslich gelangt der Käse in das Magazin, wo er erst nach Jahr und Tag seine völlige Reife erlangt.

Offenbar sind hier drei völlig verschiedene Vorgänge auseinander zu halten.

1) Das Gerinnen der Milch. Ist auch die Chemie noch nicht darüber im Klaren, auf welchem Wege die Labflüssigkeit wirkt, so ist doch wohl nicht zu bezweifeln, dass das Coaguliren der Milch unter Einfluss eines in der Labflüssigkeit vorhandenen unorganisirten Ferments (*Chymosin*), nicht aber lebender Fermentpflanzen (*Zygomphyten*) steht; es ist vergleichbar den Wirkungen anderer nicht organisirter Fermente (Diastase, Emulsin, Pepsin). Denn bekanntlich macht der alkoholische Labauszug (Labessenz) die Milch ebenso gut gerinnen, wie der wässrige, was die Mitwirkung lebender Organismen ausschliesst; dieselbe Fähigkeit besitzen gewisse Pflanzensäfte, die vermuthlich auch ein flüssiges Ferment enthalten (*Galium*, *Pinguicula*, Artischockenblüthen, *Ficus Carica*); entscheidend ist auch die Thatsache, dass durch eine bestimmte Menge des Labauszugs nur ein äquivalentes Quantum Milch coagulirt wird, während organisirte Fermente sich selbst vermehren und daher eine unbe-

grenzte lebendige Kraft entwickeln können. Bei einem Versuch im Kleinen coagulirte eine aus 0,1 Gm. Labmagen und 10 Gm. Wasser bereitete Labflüssigkeit 400 Gm. Milch in 44 Stunden, eine aus 1 Gm. Labmagen und 10 Gm. Wasser bereitete machte dieselbe Menge schon in 2 Minuten gerinnen; 20 Gm. Milch wurden durch einen Tropfen dieser Labflüssigkeit in 2 Minuten, durch 3—4 Tropfen in $1\frac{1}{2}$ bis 1 Minute coagulirt. In der Praxis beträgt die zum Dickmachen in 15—20 Minuten bei $32,5—35^{\circ}$ C. erforderliche Menge Labflüssigkeit dem Gewichte nach 0,5—0,75% der Milch.

2) Die Sonderung des geronnenen Casëin von den Molken; dies scheint mir ein rein mechanischer Vorgang, bei dem gar kein Ferment im Spiel ist; es ist vergleichbar dem Abscheiden der Butter aus der Milch, des Fibrins aus dem Blut, des Klebers aus dem Weizen-Mehl u. s. w. In der geronnenen Milch ist das Casëin in lockeren Flöckchen vertheilt; beim Durchrühren heften sich diese Flöckchen an einander und kleben zu einer immer fester werdenden Masse zusammen. Hierbei ist die Temperatur von Einfluss; je höher diese, desto fester wird der Käse. Bei Versuchen im Kleinen beobachtete ich, dass, sobald die geronnene Milch auf 40° C. erwärmt ist, die gallertartigen Casëinflöckchen zäher werden und sich immer dichter an den zum Umrühren benützten Glasstab anlegen, so dass schliesslich der grösste Theil des Casëin als eine weisse teigartige Masse herausgehoben werden kann, die jedoch noch immer viel Käsmilch in ihren Poren zurückhält und dieselbe erst durch Pressen verliert.

3) Das Reifen des Käse, durch welches die weisse, fade, süsse Käsemasse erst allmählich ihren pikanten Geschmack und Geruch, ihre durchscheinende Consistenz, gelbe Farbe u. s. w. erlangt. Dies halte ich für eine echte Gährung, welche unter dem Einfluss von Fermentorganismen (*Zymophyten*) steht. Schon auf der Presse, also innerhalb 24 Stunden, beginnt die Gährung, welche mit lebhafter Gasentwicklung (Kohlensäure, Wasserstoff?) verbunden ist; in Folge dessen wird der Käselaiab aufgetrieben, seine ebenen Flächen nach aussen gewölbt; bei ungünstigem Verlauf ist das Treiben so stark, dass die Presse trotz ihrer schweren Belastung (15—20 Kilo auf 1 Kilo Käse) gehoben wird. Während des langsamen Reifens geht die Gasentwicklung fort, und es bilden sich die Löcher im Käse in ähnlicher Weise, wie bei der Brodbereitung. Welche chemischen Vorgänge während der Käsegährung stattfinden, liegt ausser meiner Aufgabe zu untersuchen; nur die Vermuthung möchte ich aussprechen, dass es vorzugsweise die im Käselaiab zurück-

gehaltene Molkenflüssigkeit ist, deren Milchzucker zunächst durch die *Zymophyten* in Buttersäuregährung versetzt wird. Die Praxis lehrt, dass die Vertheilung, Grösse und Zahl der Löcher im Käse von der Pressung, d. h. wohl von der Menge der im Käselab zurückbleibenden Käsmilch abhängt, und dass die Fehler der Käse (zu viel oder zu wenig Löcher) hauptsächlich von unrichtiger Pressung herrühren. Die Erwärmung der Milch auf 55—60° während des Anrührens muss dazu beitragen, die etwa vorhandenen Fäulnissbakterien (*B. Termo*) zu tödten, und den eigentlichen Fermentorganismen der Käsegährung, welche, wie wir sehen werden, einer kurzen Erhitzung Widerstand leisten können, freien Spielraum zu lassen.

24. *Bacillen im Labauszug*. Taf. V. Fig. 10—12. Die Käsegährung wird durch ein organisirtes Ferment, d. h. durch gewisse Bacterienarten veranlasst, welche der Milch gleichzeitig mit der Labflüssigkeit zugefügt werden. Um diese Fermentorganismen kennen zu lernen, habe ich im Herbst 1873 aus Labmagen, welche ich von einer Schweizer Käserei bezogen, hier in Breslau zahlreiche Labaufgüsse dargestellt.

Als Labmagen benutzt man den Magen 5—7 Wochen alter Saugkälber, die noch keine feste Nahrung zu sich genommen; dieser wird 24—36 Stunden lang mit etwa dem 100fachen Gewicht reinen weichen Wassers bei einer Temperatur von 30—35° C. angesetzt; steigt die Temperatur bis 50°, so wird die Wirksamkeit des Labauszugs sehr unsicher; fällt sie, so wird er ganz unwirksam.

Der wässrige Labauszug ist trübe und besitzt einen eigenthümlichen nicht unangenehmen, nicht fauligen Geruch nach Käse (Buttersäure?), ähnlich wie ich ihn bei *Ascococcus* (siehe oben p. 153) erwähnt; er wimmelt von zahllosen, äusserst lebhaft bewegten, langen und dünnen Bacillen, deren Glieder meist paarweise, doch auch zu 4 und 8 zusammenhängend und in den Gelenken beweglich, umherschwimmen oder zu längeren beweglichen Fäden auswachsen (Fig. 10a.); auch bilden sie, dicht an einander gedrängt, Flocken in der Flüssigkeit; sie sind ohne Zweifel die charakteristischen wirksamen Organismen des Labaufgusses, in dem sie nie fehlen; *Bacterium Termo* und *Micrococcus*, die ich auch, wenn auch überwiegend erst in späteren Zuständen wahrnahm, halte ich für nebensächliche Begleiter; bei beginnender Fäulniss wird der Labauszug unwirksam und die Bacillen sind bewegungslos, todt.

Diese Bacillen sind höchst wahrscheinlich schon im Labmagen des lebenden Thieres vorhanden. R. Remak hat zuerst im

Magen der Haussäugethiere (Rinder, Schafe, Schweine) fadenförmige, gegliederte, unverästelte Pilze nachgewiesen¹⁾; Wedl hat diese Beobachtungen speciell für den Magen des Rindes bestätigt und erweitert²⁾. Im Labmagen der mit Pflanzenkost gefütterten Rinder fand er ausnahmslos „gestreckte, schmale, helle, farblose Zellen, einzeln, oder kettenartig zu 2—7 aneinandergereiht, 30—40 Mikr. lang, 1—3 Mikr. dick, deren Endglieder ein wenig keulenförmig angeschwollen, und die stark lichtbrechende fettig glänzende Körnchen enthalten; die Fortpflanzung geschieht durch diese Endtheile, die in dünne Fäden auswachsen.“ Diese Epiphyten, die Wedl *Cryptococcus Clava* nennt, fehlen jedoch im Labmagen der Saugkälber; in letzterem finden sich nur die schon von Remak gesehenen sehr schmalen, 1 Mikr. dicken Fadenalgen mit glänzenden Körnern (*Leptothrix? Bacillus*). Ich glaube aus den Beobachtungen Wedl's, die wohl erneuter Untersuchung bedürfen, den Schluss ziehen zu können, dass im frischen Labmagen der nur von Milch genährten Kälber bereits die Bacillen des Labauszugs vorhanden sind, während nach der Verabreichung von Pflanzenfutter anscheinend ein anderer *Zymophyt* auftritt.

Wahrscheinlich sind die Labbacillen identisch mit denen des Buttersäureferments Pasteur's (*B. subtilis*), welche wie ich im zweiten Hefte dieser Beiträge (l. c. p. 176) gezeigt, durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen höhere Temperaturen, so wie durch ihre Fermentthätigkeit in sauerstofffreier Luft von den übrigen Bacterien ausgezeichnet sind. Durch den Zusatz der Labflüssigkeit zur Milch werden in letzterer eine Unzahl Bacillen ausgesät, und durch die nachfolgenden Operationen des Umrührens gleichmässig vertheilt; selbstverständlich müssen diese Organismen daher auch im Käselaiß selbst reichlich vorhanden sein und ihre Fermentwirkung geltend machen.

Während in dem frischen Labaufguss nur die dünnen beweglichen Bacillusstäbchen vorkommen, findet man nach kurzer Zeit, sobald derselbe fortdauernd in einer Temperatur von 30^o C. erhalten wird,

1) Diagnostische und pathogenetische Untersuchungen 1845 p. 225. Im Magen der Kaninchen entdeckte Remak einen hefeartigen, sprossenden Pilz mit cylindrischen Zellen (*Cryptococcus guttulatus* Robin.).

2) Ueber ein in den Mägen des Rindes vorkommendes Epiphyt. Sitzungsberichte der Wiener Akademie Math. Naturw. Klasse 1858. 6. XXIX. p. 91 mit Holzschnitt. Wedl fand seinen *Cryptococcus Clava* constant und in grösster Menge auf dem schleimigen Beleg frischer Labmägen zwischen der obersten Schicht des Cylindrepithel.

in zahlreichen dieser Fäden das eine Ende köpfchenartig angeschwollen und mit einem ovalen oder rundlichen, stark lichtbrechenden Körperchen erfüllt, während die Bewegung fort dauert, und der Faden wie vorher abwechselnd vor- und rückwärts schwimmt (Fig. 10 b.). Die Zahl dieser Köpfchenbakterien, deren Form an die Spermatozoiden der Wirbelthiere erinnert, vermehrt sich fort dauernd; unter der Masse finden sich wohl auch solche, die an beiden Enden Köpfchen tragen (Fig. 10 c.), seltner solche, wo mehrere Köpfchen hintereinander im nämlichen Faden vorhanden sind; bald zeigte der grösste Theil der Fäden die köpfchenartigen Anschwellungen. Allmählich bildet sich ein Absatz in der Labflüssigkeit, der grösstentheils aus abgestorbenen Bacillen besteht; und zwar sind es die stark lichtbrechenden Köpfchen, welche übrig bleiben, wenn der Faden abbricht und zu Grunde geht. Lässt man die Labflüssigkeit etwa 4 Wochen stehen, so klärt sie sich allmählich, und der trübe Absatz besteht aus Detritus, *Micrococcus*haufen, vereinzelt, meist kurzen Stäbchen, und zahllosen, stark lichtbrechenden Köpfchen (Fig. 10 d. 12.).

Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass die Köpfchen in den Entwicklungskreis der Lab-Bacillen gehören; hält man die Entwicklung der so nahe verwandten *Oscillarineen* (*Nostoc*, *Spermosira*, *Cylindrospermum* etc.) daneben, so können die Köpfchen nur entweder als Grenzzellen (*Heterocysten*) aufgefasst werden, welche die Theilungsstelle der Fäden bezeichnen, oder, was weit wahrscheinlicher, als wirkliche Sporen, die den Vegetationsverlauf der Bacillen beschliessen und ihre Erhaltung unter ungünstigen Lebensbedingungen ermöglichen. Köpfchen, an denen ganz kurze und zarte Fäden hängen, schienen mir gekeimte Sporen, aus denen sich neue Bacillen zu entwickeln im Begriff sind (Fig. 10 d.). Ist diese Deutung richtig, so begreift sich der Bastian'sche Versuch ohne Schwierigkeit. Die Köpfchenbakterien der Labflüssigkeit werden der Milch zugesetzt und in dem Caseinbrei vertheilt; es ist anzunehmen und steht im Einklang mit den an trockenen *Penicillium*- und anderen Pilzsporen gemachten Erfahrungen, dass die in der festen, trocknen und schlecht Wärme leitenden Käsemasse eingeschlossenen Köpfchen oder Dauersporen selbst durch kurzes Kochen nicht sämmtlich ihre Keimfähigkeit verlieren, dass vielmehr einzelne von ihnen neuen *Bacillus*-Fäden den Ursprung geben, sobald sie in eine geeignete Nährflüssigkeit (Rübendecoct) gelangen.

Fassen wir die Gesamtheit der obigen Beobachtungen zusammen, so geben sie uns folgenden Ueberblick über die Vorgänge bei

der Käsebildung. Der Labauszug enthält ein flüssiges Ferment, welches die Coagulirung der Milch bewirkt, und Fermentorganismen (*Bacillus*), welche wahrscheinlich Buttersäuregährung einleiten und auch das langsame Reifen des Käse veranlassen; ihre Dauersporen sind es, welche von der trocknen Käsesubstanz eingeschlossen, der Siedehitze eine Zeit lang widerstehen, und in geeigneter Nährflüssigkeit sich wieder zu *Bacillus*stäbchen entwickeln können.

Schliesslich bemerke ich noch, dass die Bildung von Dauersporen nicht blos bei den *Bacillen* des Labaufgusses, sondern auch in zahlreichen andern Fällen von mir beobachtet worden ist; insbesondere in einem Aufguss destillirten Wassers auf gekochte Erbsen etc., welcher mehre Tage hindurch bei 45° erhalten wurde, entwickelte sich keine eigentliche Fäulniss, die durch *Bacterium Termo* charakterisirt ist, sondern Buttersäuregährung¹⁾; das getrübbte Wasser wimmelte von *Bacillus*fäden, in denen sich an den Enden, aber auch in Mitten des Fadens oft reihenweise hintereinander die stark lichtbrechenden Körperchen bildeten, die ich für Dauersporen halten muss; nach Zerstörung der Fäden blieben sie zurück und schienen auch zu keimen (Fig. 11). Ich behalte mir vor, im zweiten Theil dieser Abhandlung auf das besonders interessante biologische Verhalten dieser Gattung zurückzukommen.

25. *Spirochaete Obermeieri* (Taf. VI. Fig. 16). Wohl die wichtigste Thatsache, durch welche in letzter Zeit unsere Kenntniss vom Auftreten der Fermentorganismen bei Infectiouskrankheiten bereichert wurde, ist die von Otto Obermeier schon 1868 begonnene, aber erst im Jahre 1873 bekannt gemachte Entdeckung der sogenannten *Spirillen* im Blut der Kranken bei *Febris recurrens*²⁾. Bekanntlich zeichnet sich der Rückfallstyplus durch eine 6—7 Tage dauernde Fieberzeit aus, welcher eine ca. 8 Tage dauernde Remission und darauf ein zweiter 5 Tage anhaltender Fieberanfall, in seltenen Fällen nach einer fieberfreien Zwischenzeit von 9 Tagen ein dritter, seltner noch ein vierter und fünfter Anfall folgt. Obermeier erkannte nun im Blut der *Recurrens*kranken sehr zarte lange, äusserst rapid bewegte Schraubenfäden, jedoch blos in der Fieberzeit, nicht in der Remission oder kurz vor und nach der

1) Siehe den folgenden Aufsatz des Herrn Dr. Eduard Eidam p. 216.

2) Obermeier, Vorkommen feinsten eine Eigenbewegung zeigender Fäden an Blut von *Recurrens*kranken, Med. Centr. Bl. XI. 10. 1873; Derselbe, Sitzung der Berliner Medizinischen Gesellschaft vom 26. März 1873, Berliner klinische Wochenschrift 1873 p. 152 und 391.

Krise. Diese Entdeckung ist von allen späteren Beobachtern¹⁾ ausnahmslos bestätigt worden. Schon am 15. März 1873 hatte Herr Dr. Carl Weigert die Güte, mir im Allerheiligen Hospital zu Breslau die Spiralfäden aus dem Blute der *Recurrrenskranken*, die in Folge einer damals ausgebrochenen Epidemie in grosser Zahl vorhanden waren, zu demonstriren. Hierbei constatirte ich, dass dieselben, nicht, wie dies gewöhnlich geschieht, zu den *Spirillen*, sondern zu der Gattung *Spirochaete* gehören, die sich von *Spirillum* durch ihre flexiblen, kräftiger Ringelungs- und Schängelungsbewegungen fähigen Schraubenfäden unterscheidet. Von der Gattung *Spirochaete* war bisher nur eine Species bekannt, welche Ehrenberg bei Berlin, ich selbst bei Breslau in Sumpfwasser entdeckt hatten; da die überaus charakteristische Gestaltung und Bewegung dieser Art ein Uebersehen und Verwechseln mit anderen Species unmöglich macht, so lässt sich mit aller Bestimmtheit behaupten, dass die *Spirochaete plicatilis* keineswegs in faulendem Wasser gemein ist, sondern dass sie nur ganz ausnahmsweise zur Beobachtung kömmt. Von der *Spirochaete* der Sümpfe ist, soviel ich mich erinnere — sie ist mir in jüngster Zeit nicht wieder vorgekommen — die im Blute der *Recurrrenskranken* lebende zwar weder in der Grösse noch in der Gestaltung noch in der Bewegungsweise verschieden; dennoch nöthigen uns das eigenthümliche Vorkommen, sowie die physiologischen Verhältnisse, insbesondere das abweichende Verhalten gegen Wasser, die letztere als eine selbstständige Art anzusehen, welche ich zum Andenken an den als Opfer wissenschaftlicher Forschung im Sommer 1873 an der Cholera verstorbenen Entdecker als *Spirochaete Obermeieri* aufführen will.

Die wichtigsten über die *Spirochaete* des *Recurrrens* durch die Untersuchungen von Obermeier, Engel, Bliesener, Weigert, Litten, Birch Hirschfeld und Laptschinsky mir bekannt gewordenen Thatsachen sind folgende: Die Fäden finden sich ausschliesslich im Blute der *Recurrrenskranken*, nie in deren Secreten, oder in andern Organen, ausnahmslos während der Paroxysmen, nie im fieberfreien Intervall, oder doch nur kurze Zeit nach den Anfällen (noch nach 2 Tagen, Birch Hirschfeld, und dann spärlich); sie werden mitunter erst 24 Stunden und selbst 2—3 Tage nach

1) Vergleiche die Zusammenstellung bei Birch Hirschfeld, Med. Jahrb. B. 166. Heft 2. p. 211, und Burdon Sanderson, *Report on recent researches on the Pathology of the Infective Processes: Reports of the Medical Officer of the Privy Council and Local Government Board, New Series No. III.* London 1874 p. 41.

dem Anfang der Temperatursteigerung wahrgenommen; freilich können sie wegen ihrer Zartheit und raschen Undulation leicht übersehen werden; oft wird man erst durch die Ortsveränderungen der Blutkörperchen, die sie in Bewegung setzen, auf sie aufmerksam gemacht. In der Leiche sind die Schraubenfäden nicht zu finden.

Ihre Zahl ist verschieden; sie verringert sich wahrscheinlich, wenn der Paroxysmus dem Ende sich nähert und sie verschwinden gänzlich vor der Krise; manchmal spärlich, wimmeln sie in andern Fällen im mikroskopischen Präparat; nach Engel muss man ihre Zahl im Blut nach Milliarden schätzen.

Die Schraubenwindungen der Fäden sind unveränderlich, durchaus gleichförmig in den verschiedenen Exemplaren; dagegen scheint die Länge der Fäden nicht constant; Obermeier bestimmte sie zu $1\frac{1}{2}$ bis 6, Engel bis zur 26fachen Länge der Blutkörperchen; Litten giebt an, dass sie sich mitunter in lange Ketten aneinander hängen, die über das ganze Gesichtsfeld reichen, ohne sich zu bewegen; mitunter brechen jedoch zwei so vereinigte Schraubenfäden auseinander, als ob sie sich theilten.

Die Schraubenfäden zeigen ausser ihrer Ortsveränderung Undulationen, die über die Fadenlänge wellig hinlaufen und sie eben, im Gegensatz zu den *Spirillen*, als *Spirochaeten* charakterisiren. In der Höhe des Fiebers erscheinen die Fäden steifer, gerade gestreckt; wird aber gegen das Ende des Paroxysmus ihre Bewegung langsamer, so zeigen sie mehr pendelartige Schwingungen; sie rollen sich auch ringförmig, oder wie eine 8 zusammen (Fig. 16*); die Wellenbewegungen dauern am längsten fort, wenn die Ortsveränderung schon aufgehört hat.

Die *Spirochaeten* behalten ihre Beweglichkeit auch ausserhalb des menschlichen Körpers im Blutserum längere Zeit (24 Stunden), ebenso in einer halbprocentigen Kochsalzlösung mehrere Stunden; in Glycerin, Quecksilbersalzen, so wie in destillirtem Wasser hört die Bewegung sofort auf; in Kali werden die Fäden aufgelöst. Dagegen erhält sich ihre Form in *Osmiumsäurepräparaten* unverändert (C. Weigert). Durch Erhöhung der Temperatur über 60—65° C. werden sie getödtet; nicht aber durch Sinken derselben bis auf 0° (Litten).

Zur Ergänzung ist noch hinzuzufügen, dass die Krankheit, welche durch *Spirochaete Obermeieri* in so merkwürdiger Weise charakterisirt ist, in Breslau erst seit März 1868 bekannt (Lebert), dass sie in temporären und lokalen Epidemien auftritt, welche höchst wahrscheinlich immer von auswärts eingeschleppt werden, dass sie in der Regel alle Bewohner einer Stube nach einander befällt (Stubenepidemien)

und durch persönliche Ansteckung, also offenbar durch ein Contagium, verbreitet wird. Im Uebrigen ist die Rolle, welche die *Spirochaete Obermeieri* in den pathologischen Vorgängen des *Recurrrens* spielt, noch eben so dunkel, als ihr periodisches Verschwinden und Wiedererscheinen im Blute der Kranken. Selbst das lässt sich noch nicht entscheiden, ob die *Spirochaete plicatilis* der Sümpfe und die *Sp. Obermeieri* des *Recurrrens*bluts specifisch verschieden, oder ob sie nicht vielleicht ein und das nämliche Wesen sind, und das Contagium möglicherweise aus der ersteren Form, etwa durch den Genuss *Spirochaete*haltigen Sumpfwassers primär erzeugt wird. Ebenso wenig lässt sich bis jetzt beurtheilen, ob die von mir ein einziges Mal im April 1872 in (meinem eigenen) Zahnschleim beobachteten *Spirochaetefäden* etwa eine Zwischenstation zwischen dem Vorkommen im Sumpfwasser und im Blute darstellen. (Vergl. meine Darstellung, Heft II. dieser Beiträge p. 180 und Nova Acta Ac. C. L. nat. cur. XXIV. I. p. 125.)

Dr. Burdon Sanderson hat in seinem oben citirten „Report“ einen Holzschnitt der *Spirochaete Obermeieri* nach einer ihm von mir mitgetheilten Skizze aufgenommen, die jedoch nur kleinere Exemplare darstellte; ich bringe deshalb hier (Taf. VI. Fig. 16) eine neue Zeichnung, welche Herr Dr. C. Weigert für mich anzufer-tigen die Güte hatte, und welche in 600facher Vergrößerung die steiferen Schraubenfäden in der Höhe des Fiebers, wie die absterbenden und zusammengerollten Formen gegen Ende des Anfalls (Fig. 16*) zugleich mit ein Paar Blutkörperchen darstellt, welche die Grössenverhältnisse veranschaulichen sollen.

26. *Bacillus Anthracis*. (Taf. V. Fig. 9.) Ich reihe hieran eine Abbildung der Milzbrandbakterien (*Bacillus Anthracis*) nach einem Präparat, welches Herr Prof. H. Koebner von einem frisch gefallenem Rind mir zu überlassen die Güte hatte. Bekanntlich unterscheiden diese *Bacillen* sich äusserlich nicht wesentlich von denen der Buttersäuregährung (*B. subtilis*); doch sind sie in der Regel kürzer und stärker und zeigen niemals Bewegungen. Bollinger¹⁾, der darauf aufmerksam macht, dass die Bakterien des Milzbrandbluts nicht erst, wie gewöhnlich angegeben wird, von Davaine (1863) sondern bereits von Pollender (1849, veröffentlicht 1855)²⁾ entdeckt und

1) Bollinger, Zur Pathologie des Milzbrandes. München 1872; Infectionen durch thierische Gifte in Ziemssen, Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie III. 1874 p. 450.

2) Mikroskopische und mikrochemische Untersuchungen des Milzbrandbluts. Casper's Vierteljahrschr. f. gerichtl. Medizin XIII. p. 103

schon von Brauell (1857)¹⁾ zum Gegenstande massgebender Untersuchungen und Versuche gemacht worden waren, beschreibt die Stäbchen als gerad, cylindrisch, 7—12 Mikrom. lang, von fast unmessbarer Dicke (0,8—1 Mikr.), in frischem Zustand anscheinend homogen; bei Berührung mit Wasser aber, oder wenn sie durch Fäule zersetzt zu werden beginnen, zeigen sie unter sehr starken Vergrösserungen (IX. Hartnack) einen gegliederten Bau, und erscheinen zusammengesetzt aus einer Reihe rundlicher oder kurz cylindrischer Zellen, deren jede einen dunkleren Plasmakern in einer durchsichtigeren Hülle einschliesst²⁾; sie zerfallen dann rasch in die einzelnen Kügelchen. Bollinger betrachtet deshalb die Stäbchen des Milzbrandes als eine Torulaform der Kugelbaacterien (Heft II. dieser Beiträge p. 147) und meint, dass die auch isolirt vorkommenden Kugelbaacterien sich durch Zweitheilung vermehren und als Gliederzellen zu Reihen vereinigt, die Stäbchen zusammensetzen. Ohne den gründlichen Forschungen Bollingers die meinigen gegenüberstellen zu wollen, kann ich doch nicht umhin zu bemerken, dass es mir nicht gelungen ist, in den mir zur Untersuchung gekommenen Milzbrandpräparaten eine rosenkranzähnliche Zusammensetzung der *Anthrax*-stäbchen wahrzunehmen, und dass ich nur Sonderung des Inhalts in stärker lichtbrechende Tröpfchen bei den abgestorbenen und im Präparat aufbewahrten Stäbchen zu finden vermoehte; aus diesem Grunde muss ich an meiner früheren Auffassung der Milzbrandbaacterien als einer *Bacillus*art festhalten, und lasse deren Zusammenhang mit Kugelbaacterien (*Micrococcus*) vorläufig dahingestellt sein. Vielleicht dürfen wir, da die *Bacillen*, wie oben erwähnt, sich in der Regel durch kugelige Dauersporen fortpflanzen, solche auch für die Stäbchen des Milzbrand erwarten, und in ihnen die Keime der Infection im scheinbar stäbchenfreien Blut, sowie in eingetrockneten Contagien vermuthen, durch welche, wie Bollinger gezeigt, die Ansteckung in der Regel auf dem indirecten Wege der Verschleppung übertragen wird. Dafür, dass die *Bacillen* selbst das Contagium enthalten und nicht die Blutflüssigkeit, hat Bollinger mit Recht einen schlagenden Beweis in der schon von Brauell gemachten Beobachtung gefunden, dass die Placenta einen physiologischen Filtrirapparat darstellt, welcher die Stäbchen nicht in den fötalen Kreislauf gelangen lässt; dem entsprechend erzeugt fötales Blut ohne Stäbchen keinen Milzbrand, während das *Bacillen*haltige mütterliche Blut mit positivem Erfolg geimpft wurde (l. c. p. 461).

1) Virchow's Archiv XI. p. 132, XIV. p. 432.

2) Ziemssen's Handbuch III. p. 465 Fig. 9.

27. *Micrococcus bombycis* (Taf. V. Fig. 13). Wirkliche Rosenkranzform besitzen die im Darm der Seidenraupen bei der höchst contagiösen Epidemie der Schlaffsneht (*flaccidezza*) auftretenden *corpuscules en chapelet* (Pasteur), welche ich als *Micrococcus bombycis* (Heft II. der Beiträge p. 165) aufgeführt und von denen ich nunmehr auf Taf. V. Fig. 13 eine Abbildung bringe. Es sind ovale Körperchen von höchstens 0,5 Mikr. Durchmesser, ähnlich denen der Harngährung (*Micrococcus ureae* Heft II. p. 158 Taf. III. Fig. 5), welche einzeln, paarweise oder zu 4—8 aneinander gereiht, selbst zu längeren geraden oder gekrümmten Ketten verbunden, in unzähligen Mengen den Magensaft der kranken Raupe in eine trübe Flüssigkeit umwandeln, und erst kurz vor dem Tode von Fäulnisbakterien begleitet werden. Eine ausführliche Besprechung dieser Krankheit und der bei ihr beobachteten *Zymophyten* gedenke ich im folgenden Hefte zu geben, für welches ich die Besprechung einiger die Bakterien betreffender biologischer Fragen vorbehalte; eine Untersuchung über die Abhängigkeit der Entwicklung von *Bacterium Termo* von der Temperatur, welche der Assistent am Pflanzenphysiologischen Institut, Herr Dr. Eidam, im Winter 1873/4 auf meine Veranlassung ausgeführt hat, habe ich am Schluss dieser Abhandlung aufgenommen.

28. *Anordnung der Bacteriaceengattungen nach ihrer natürlichen Verwandtschaft*. Die hier beschriebenen Organismen haben der von mir aufgestellten, und gegenwärtig wohl allgemein anerkannten These, dass die Bakterien zu den Pflanzen, und zwar nicht sowohl zu den Pilzen, als zu den Algen gehören, neue Unterstützung gewährt; ihre Verwandtschaft mit den *Phycochromaceen* erweist sich sogar als eine so enge, dass es vom rein systematischen Standpunkte aus kaum möglich ist, die *Bacteriaceen* als eine selbstständige Familie abzutrennen; dies tritt am klarsten hervor, wenn man die Gattungen der Bakterien unter die ihnen am nächsten stehende Genera vertheilt. Da die Bakterien keine Pilze sind, so scheint der durch Naegeli eingeführte Ausdruck *Schizomyceten* für sie ebensowenig bezeichnend, als der von mir für die ganze Gruppe früher vorgeschlagene Name der *Schizosporeae*, da ja Sporen nur bei einem Theile der hier vereinigten Organismen beobachtet sind. Vielleicht möchte sich die Bezeichnung *Schizophyten* für diese erste und einfachste Abtheilung lebender Wesen empfehlen, die mir, den höheren Pflanzengruppen gegenüber, natürlich abgegrenzt erscheint, wenn auch die Merkmale, durch welche sie charakterisirt ist, mehr negativer als positiver Art sind. Die Zellen der *Schizophyten* sind entweder stets frei oder in mehr oder minder zahlreiche Zellfamilien vereinigt;

letztere sind entweder in einer Ebene oder in einer Kugelfläche oder in Zellkörpern angeordnet, welche entweder formlose Haufen oder einen von einer gemeinschaftlichen Hülle umgebenen bestimmt geformten Körper darstellen; sie sind endlich auch in einfachen Zellreihen zu Fäden aneinander gereiht, welche meist einfach oder durch falsche Astbildung verzweigt sind; diese Fäden leben entweder frei oder verfilzt, oder zu Schleimfamilien oder Bündeln vereinigt. Die gewöhnliche Vermehrung beruht auf binärer Zelltheilung, bei *Synechococcus*, *Bacterium*, *Aphanothece*, *Gloeothece* und den *Nematogenen* liegen alle Theilungsebenen parallel; bei *Merismopedia*, *Clathrocystis*, *Coccolosphaerium* liegen sie über's Kreuz, bei den übrigen sind sie nach allen drei Dimensionen gerichtet. Auch die Zellfamilien und Fäden theilen sich durch Querfurchung oder netzartige Durchbrechung. Geschlechtliche Fortpflanzung ist unbekannt. Dauersporen, welche aus vegetativen Zellen durch Umbildung ihres Inhalts hervorgehen, sind vielfach beobachtet. Spontane Bewegung wird bei freien Zellen oder in den Zellfamilien wenigstens zeitweise beobachtet. Die farblosen und die gefärbten Arten, und unter letzteren wieder die durch das chlorophyllhaltige *Phycochrom* und die durch andere Pigmente gefärbten, schliessen sich so eng an einander, dass die auf die Färbung begründeten Gattungen zum Theil nur einen conventionellen Werth besitzen; ebenso variirt die Gestalt der Zellen, von der Kugel bis zur Cylinderform, und es zeigen sich alle möglichen Grössenunterschiede von den unmessbar kleinen *Micrococcus* zu den 50 Mikrom. im Durchmesser erreichenden Zellen des *Chroococcus macrococcus*. In dem nachfolgenden Versuch einer Uebersicht der *Schizophyten* habe ich nur diejenigen Gattungen berücksichtigt, welche zu den Bacterien in näherer Beziehung stehen; die vielfach an die Bacterien erinnernden starren mundlosen Monaden, habe ich ausser Acht gelassen, da deren Verwandtschaft noch dunkel ist; dass eine lineare Aneinanderreihung der Gattungen nicht den vielseitigen Berührungspunkten gerecht werden kann, welche zwischen diesen einfachen Lebensformen nach sehr verschiedenen Richtungen hin erkennbar sind, ist ein Mangel, der sich freilich leichter erkennen als beseitigen lässt:

S c h i z o p h y t a e.

Tribus I. Gloeogenae.

Zellen frei oder durch Intercellularsubstanz zu Schleimfamilien vereinigt.

A. Zellen frei oder binär oder quaternär verbunden.

Zellen kugelig *Chroococcus*. Naeg.

Zellen cylindrisch *Synechococcus*. Naeg.

B. Zellen im Ruhezustand zu amorphen Schleimfamilien vereinigt.

- a) Die Zellmembranen mit der Intercellulärsubstanz zusammenfliessend.
- ° Zellen nicht phycochromhaltig, sehr klein.
 - Zellen kuglig *Micrococcus*. Hall. emend.
 - Zellen cylindrisch *Bacterium*. Duj.
 - °° Zellen phycochromhaltig, grösser.
 - Zellen kuglig *Aphanocapsa*. Naeg.
 - Zellen cylindrisch *Aphanothece*. Naeg.
- b) Intercellulärsubstanz aus in einander geschachtelten Zellhäuten gebildet.
- Zellen kuglig *Gloeocapsa*. Kg. Naeg.
 - Zellen cylindrisch *Gloethece*. Naeg.

C. Zellen zu begrenzten Schleimfamilien vereinigt.

- c) Zellfamilien einschichtig, in eine Zellfläche gelagert.
- ° Zellen quaternär geordnet, in einer Ebene. *Merismopedia*. Meyen.
 - °° Zellen ungeordnet, in eine Kugelfläche gelagert.
 - Zellen kuglig; Familien netzförmig durchbrochen.
 - Clathrocystis*. Henfr.
 - Zellen cylindrisch keilförmig, Familien durch Furchung getheilt.
 - Coelosphaerium*. Naeg.
- d) Zellfamilien mehrschichtig, zu sphaeroidischen Zellkörpern vereinigt.
- ° Zellenzahl bestimmt.
 - Zellen kuglig, quaternär geordnet, farblos.
 - Sarcina*. Goods.
 - Zellen cylindrisch keilförmig, ungeordnet, phycochromhaltig.
 - Gomphosphaeria*. Kg.
 - °° Zellenzahl unbestimmt, sehr gross.
 - Zellen farblos, sehr klein *Ascococcus*. Billr. emend. (p. 154.)
 - Zellen phycochromhaltig, grösser *Polycystis*. Kg.
 - Coccochloris*. Spr.
 - Polycoccus*. Kg. u. a.

Tribus II. Nematogenae Rab.**Zellen in Fäden geordnet.****A. Zellfäden stets unverzweigt.**

- a) Zellfäden frei oder verfilzt.
- ° Fäden cylindrisch, farblos, undeutlich gegliedert.
 - Fäden sehr dünn, kurz *Bacillus*. Cohn.
 - Fäden sehr dünn, lang *Leptothrix*. Kg. em.
 - Fäden stärker, lang *Beggiatoa*. Trev.
 - °° Fäden cylindrisch, phycochromhaltig, deutlich gegliedert, Fortpflanzungszellen nicht bekannt *Hypheothrix*. Kg.
 - Oscillaria*. Bosc u. a.

- 000 Fäden cylindrisch, gegliedert, Gonidien bildend.
 Fäden farblos *Crenothrix*. Cohn.
 Fäden phycochromhaltig *Chamaesiphon* u. a.
- 0000 Fäden schraubenförmig,
 ohne Phycochrom.
 Fäden kurz, schwach wellig *Vibrio*. Ehr. em.
 Fäden kurz, spiralig, starr *Spirillum*. Ehr.
 Fäden lang, spiralig, flexil *Spirochaete*. Ehr.
 phycochromhaltig.
 Fäden lang, spiralig, flexil *Spirulina*. Link.
- 00000 Fäden rosenkranzförmig.
 Fäden ohne Phycochrom *Streptococcus*. Billr.
 Fäden phycochromhaltig *Anabaena*. Bory.
Spermosira. Kg. u. a.
- 000000 Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt.
Mastigothrix u. a.
- b) Zellfäden durch Intercellularsubstanz zu Schleimfamilien
 vereinigt.
 0 Fäden cylindrisch farblos *Myconostoc*. Cohn¹⁾.
 00 Fäden cylindrisch phycochromhaltig *Chthonoblastus*, *Limno-
 chlide*. Kg. u. a.
 0000 Fäden rosenkranzförmig *Nostoc*, *Hormosiphon* u. a.
 00000 Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt.
Rivularia. Roth.
Zonotrichia. Ag. u. a.

B. Zellfäden durch falsche Astbildung verzweigt.

- 0 Fäden cylindrisch farblos *Cladothrix*²⁾. Cohn.
*Streptothrix*³⁾ ?
- 00 Fäden cylindrisch phycochromhaltig *Calothrix*. Ag.
Scytonema. Ag. u. a.
- 000 Fäden rosenkranzförmig *Merizomyria*. Kg.
Mastigocladus. Cohn.
- 0000 Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt.
Schizosiphon. Kg.
Geocyclus. Kg. u. a.

1) *Myconostoc* n. g. *filamenta tenerrima achroa implicata convoluta mucosa inclusa in globulos perparvos congesta.*

M. gregarium sp. unic. *globuli gregarii in superficie aquae putridae natantes.*

2) *Cladothrix* n. g. *filamenta leptotrichoidea tenerrima achroa non articulata stricta vel subundulata pseudodichotoma.*

Cl. dichotoma sp. unic. *in aqua putrida.*

3) *Streptothrix* n. g. *filamenta leptotrichoidea tenerrima achroa non articulata stricta vel anguste spiralia, parce ramosa.*

Str. Foesteri sp. unic. *filamenta in Micrococco mucoso nidulenta, concretionis in canaliculo lacrimali hominis raro repertas componentia.*

Erklärung der Abbildungen.

Tafel V.

Fig. 1. Apparat zum Waschen der Luft und zur Entwicklung der in der Atmosphäre suspendirten lebensfähigen Keime. (Vgl. p. 148.)

Ascococcus Billrothii (p. 151).

Fig. 2. Grosse knollige Zellfamilie, umgeben von kleineren, und in *Micrococcus* eingelagert; Fig. 3. zwei, Fig. 4. drei Zellfamilien von gemeinschaftlicher Gallertkapsel umhüllt; Fig. 5. acht grössere und kleinere Colonien in einer Hülle. Vgr. 65.

Myconostoc gregarium (p. 183).

Fig. 6. Gallertkugeln mit eingelagerten unregelmässig zusammengerollten Zellfäden; a. und b. einfache Kugeln; c. Theilung der Kugel, beginnt mit der Zweitheilung des Fadens; d. ein grösserer Fadenknäuel in Zweitheilung begriffen; e. der Faden rollt sich auseinander, unter Auflösung der Gallerthülle; f. der Faden zerfällt in ringförmige Stücke. Vgr. 600.

Streptothrix Foersteri (p. 186).

Fig. 7. Verzweigte und schraubig gelockte Fäden aus einer talgartigen Masse im Thränenkanälchen eines Menschen; a. Fäden mit *Micrococcus* eingebettet, die übrigen durch Auswaschen des *Micrococcus* isolirt; *ein diekerer Mycelartiger Faden. Vgr. 600.

Cladothrix dichotoma (p. 185).

Fig. 8. Dichotome Fäden bilden weisse Schleimmassen an der Oberfläche faulender Flüssigkeiten. Vgr. 100; a. falsche Dichotomien deutlich erkennbar. Vgr. 600.

Bacillus anthracis (p. 199).

Fig. 9. Bacillen aus dem Blute eines am Milzbrand gestorbenen Rindes, nach dem Tode untersucht. Vgr. 600.

Bacillus subtilis (p. 194).

- Fig. 10. a. Fadenbakterien aus dem Labaufguss lebhaft bewegt; b. mit Sporen an einem; c. an beiden Enden; d. Sporen mit kurzen Fäden (gekeimte Sporen?).
- Fig. 11. Fadenbakterien aus einem Aufguss von gekochten Erbsen, in dem Buttersäuregährung eingetreten war, Sporenbildung in Reihen. Vgr. 600.
- Fig. 12. Absatz aus dem Labaufguss, *Micrococcus* mit eingelagerten *Bacillus*-sporen.

Micrococcus Bombycis (p. 200).

- Fig. 13. Aus dem Magensaft lebender Seidenraupen, die an Schlaffsucht (*flaccidezza*) erkrankt sind; ovale Zellen, paarweise oder in längeren und kürzeren Ketten aneinander gereiht. Vgr. 600.

Tafel VI.

Clathrocystis roseo-persicina (p. 157).

- Fig. 1. a. Einzelne Zellen, in 2 oder 4 getheilt; b. junge Zellfamilien von einer Gallerthülle eingeschlossen; Fig. c. eine etwas ältere Zellfamilie, beide beweglich; Vgr. 600.
- Fig. 2. Junge Hohlkugeln; 3 eine Zwillingfamilie. Vgr. 65.
- Fig. 4. Eine junge Hohlkugel; 5 eine unregelmässige sackförmige Zellfamilie, beide in rotirender Bewegung begriffen. Vgr. 600.
- Fig. 6. Aeltere Hohlkugeln mit halbkugligen Protuberanzen. Vgr. 65.
- Fig. 7. Ein Stück desselben stärker vergrössert. Vgr. 300.
- Fig. 8. Eine Hohlkugel durch Ablösen der Protuberanzen netzförmig durchbrochen. Vgr. 200.
- Fig. 9. Eine netzförmige Zellfamilie in Auflösung begriffen, mit zahlreichen Protuberanzen, die zu selbstständigen Hohlkugeln sich gestalten. Vgr. 65.
- Fig. 10. Eine netzförmige Zellfamilie von besonders zierlicher Ausbildung. Vgr. 65.

Monas Warmingii (p. 167).

- Fig. 11. Bewegte Monaden mit Geissel; * beginnende, ** weiterfortgeschrittene Quertheilung; Vgr. 600.

Monas Okenii (p. 164).

- Fig. 12. Lebhaft bewegte Monaden; * beginnende Quertheilung; ** mit Alcohol entfärbt. Vgr. 600.

Monas vinosa (p. 162).

- Fig. 13. Lebhaft bewegte und in Quertheilung begriffene Monaden; die Geisseln wurden nicht deutlich erkannt. Vgr. 600.

Rhabdomonas rosea (p. 167).

- Fig. 14. Langsam bewegte Monaden, * in Quertheilung begriffen. Vgr. 600.

Ophidomonas (Spirillum) sanguinea Ehr. (p. 169).

Fig. 15. Monaden mit Geißel an einem, *an beiden Enden, Beginn der Quertheilung; ** halbe Windung. Vgr. 600.

Spirochaete Obermeieri (p. 195).

Fig. 16. Schraubenfäden zwischen ** Blutkörperchen lebhaft bewegt; * kurz vor dem Abfall des Fiebers. Vgr. 600.

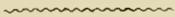
Bacillus ruber Frank. (p. 181).

Fig. 17. Stäbchen, auf Reis rothe Flecke bildend.

Micrococcus fulvus (p. 181).

Fig. 18. Colonien, rostrote Schleintropfen auf Pferdemit bildend.

Sämmtliche Abbildungen sind mit Hartnack'schen Objectiven, die Figuren 2, 3, 6—10 von Herrn Dr. Kirchner, 16 von Herrn Dr. Weigert, die übrigen von mir gezeichnet.



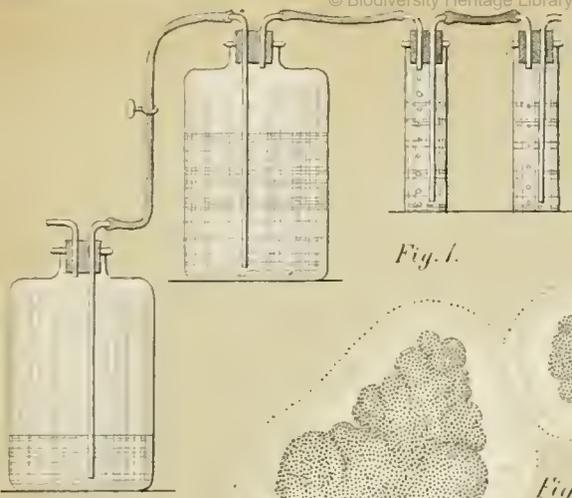


Fig. 1.

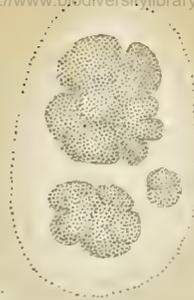


Fig. 2.

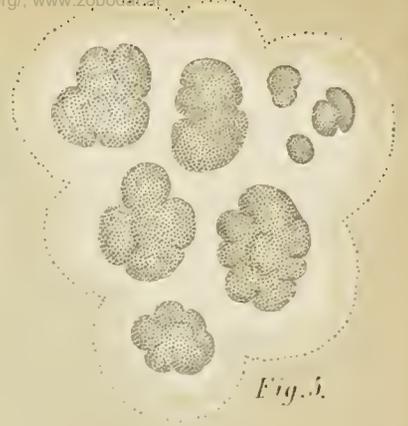


Fig. 3.

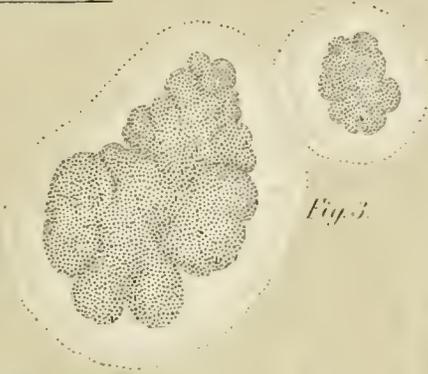


Fig. 4.

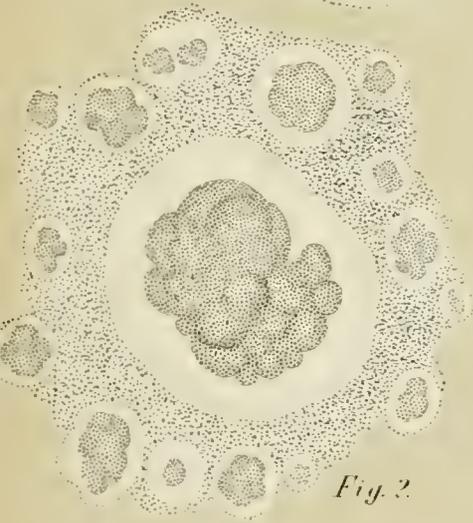


Fig. 5.



a



Fig. 6.

Fig. 7.

a
Fig. 10.

Fig. 8.

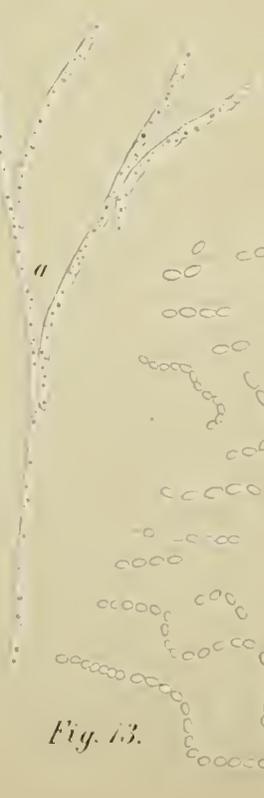


Fig. 13.



Fig. 9.

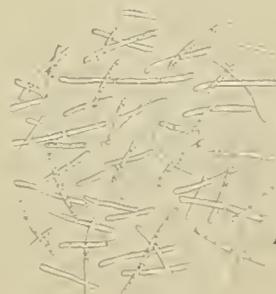
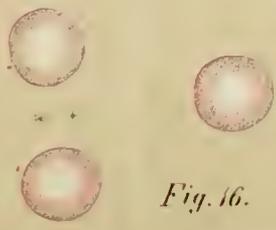
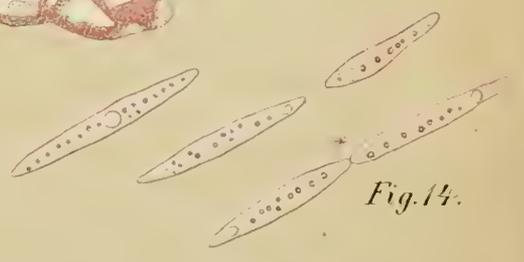
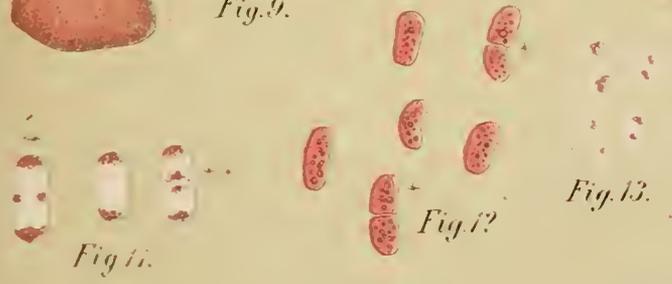
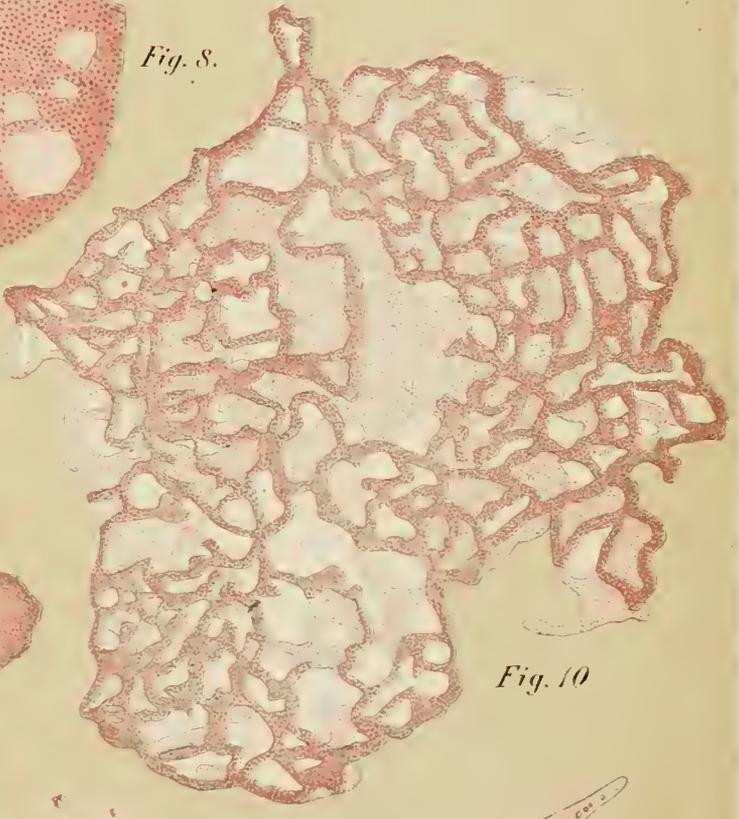
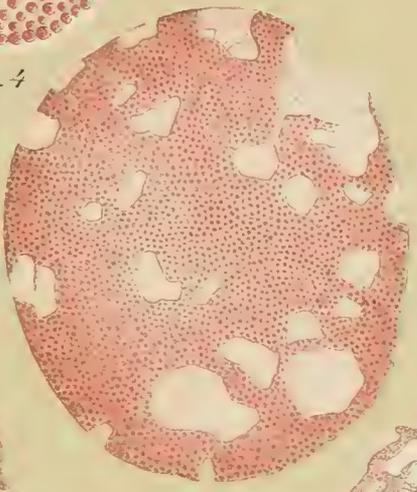
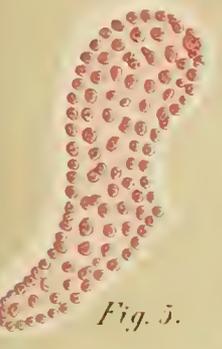
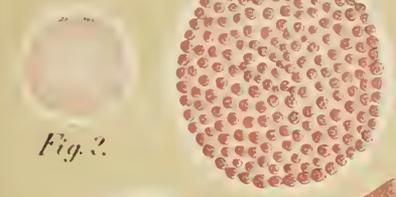
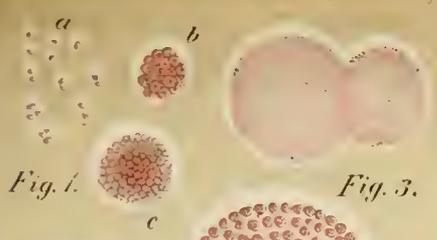


Fig. 11.



Fig. 12.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1875

Band/Volume: [1_3](#)

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

Artikel/Article: [Untersuchungen über Bacterien 141-207](#)