

Ueber den
Brunnenfaden (*Crenothrix polyspora*)

mit

Bemerkungen über die mikroskopische Analyse des Brunnenwassers.

Von

Dr. Ferdinand Cohn.

Hierzu Tab. VI.

1. In seiner soeben erschienenen „Aetiologie und Statistik des Rückfallstypus und des Flecktyphus“ (Deutsches Archiv für klinische Medizin, Band VII. Heft 3—4) hat Lebert von Neuem die Aufmerksamkeit auf den Einfluss hingelenkt, welchen die Beschaffenheit der Trinkbrunnen auf den öffentlichen Gesundheitszustand, welchen insbesondere schlechtes, durch organische Bestandtheile verunreinigtes Trinkwasser auf die Entstehung und Verbreitung gewisser epidemischer Krankheiten ausübt. Indem Lebert seine Untersuchungen hauptsächlich an die Verhältnisse der Stadt Breslau anknüpfte, hat derselbe auch Bezug genommen auf eine Reihe von mikroskopischen Analysen, welche ich selbst mit den Trinkbrunnen dieser Stadt vorgenommen habe. Als in der Choleraepidemie des Jahres 1852 und dann wieder in der noch verheerenderen des Jahres 1866 der Verdacht erregt wurde, dass in den Trinkbrunnen der ganz besonders heimgesuchten Strassen und Häuser eine Quelle der furchtbaren Intensität dieser Epidemie vorhanden sei, wurden mir von Seiten des Stadtphysikus, Geheimen Medizinalrath Dr. Wendt, eine grosse Anzahl verdächtiger Brunnen zur mikroskopischen Untersuchung übergeben. Die Resultate meiner Analysen aus dem Jahre 1852 habe ich in der Günsburg'schen Zeitschrift für klinische Medizin, Band IV. Heft 3, p. 229, sowie in einem vor der Naturwissenschaftlichen Section der Schlesischen Gesellschaft am

30. März 1853 gehaltenen Vortrage „über lebendige Organismen im Trinkwasser“ (Jahresbericht d. Schles. Ges. 1853. p. 91) veröffentlicht; die Analysen des Jahres 1866 befinden sich in den Acten der Breslaner Polizeibehörde und wurden von mir in der Sitzung der Naturwissenschaftlichen Section der Schlesischen Gesellschaft vom 24. October 1866 zusammengestellt. Das sanitätspolizeiliche Interesse, welches sich an derartige Untersuchungen knüpft, ist von Liebert in seiner Eingangs citirten Abhandlung so ausführlich erörtert worden, dass ich diesen Gesichtspunkt nicht zu berühren brauche; dagegen scheint es mir zweckmässig, über die von mir befolgte Untersuchungsmethode und die aus ihr sich ergebenden naturhistorischen Thatsachen eine kritische Zusammenstellung zu geben, wobei ich von den lokalen Einzelheiten, welche in der Liebert'schen Arbeit theilweise aufgenommen sind, abstrahire; ich schliesse daran die specielle Untersuchung einer von mir in neuester Zeit im Brunnenwasser unterschiedenen Alge, welche in systematischer und entwicklungsgeschichtlicher Rücksicht vielfaches Interesse bietet, und zugleich den Beweis liefert, dass die mikroskopische Brunnenanalyse, wenn auch zunächst im Dienste der öffentlichen Gesundheitspflege unternommen, doch auch der reinen Wissenschaft manches werthvolle Material zu unterbreiten vermag.

2. Gegenüber den chemischen Analysen des Trinkwassers, deren Zahl und Genauigkeit sich von Jahr zu Jahr steigert, ist die Menge der mikroskopischen Untersuchungen, so weit sie mir bekannt geworden, noch eine ausserordentlich geringe. Seit Arthur Hill Hassal im Jahr 1850 in seiner Schrift (*a microscopic examination of the water supplied to the inhabitants of London and the suburban districts*) die zahllosen lebendigen und abgestorbenen Organismen im Londoner Trinkwasser abbildete und benannte, ist mir nur Radlkofer's mikroskopische Untersuchung der organischen Substanzen im Brunnenwasser (von München) in der Zeitschrift für Biologie, Band I., so wie die „Berichte über die Erhebungen der Wasserversorgungs-Commission des Gemeinderaths der Stadt Wien 1864“ zu Gesicht gekommen. Gleichwohl ist nicht zu bezweifeln, dass eine richtig geleitete mikroskopische Trinkwasseruntersuchung die chemische Analyse in den wesentlichsten Punkten unterstützt und ergänzt und über gewisse Fragen, gegen welche die Reagentien der Chemiker unempfindlich sind, allein Auskunft giebt.

In seiner von Zeit zu Zeit in offizieller Form publicirten Analysen des Londoner Trinkwassers vertheilt Frankland die Bestandtheile desselben in drei Haupt-Kategorien, die nachstehend characterisirt werden:

1) *soap destroying*, nämlich Kalk und Magnesiasalze, die den Härtegrad des Wassers bedingen und deren Quantität durch die Menge der zersetzten Seifenlösung bestimmt wird;

2) *Present sewage contamination*, d. i. stickstoffhaltige organische Verbindungen, von verwesenden Thier- und Pflanzenkörpern herührend, welche durch die Cloaken in das Wasser gelangt sind;

3) *Previous sewage contamination*, d. i. Salpetrig- und Salpetersaure, sowie Ammoniaksalze, von denen angenommen wird, dass sie von den organischen Stoffen ad 2 herkommen, welche nach längerer Anwesenheit im Wasser zu Kohlensäure, Ammoniakverbindungen und Nitraten oxidirt sind.

Diese drei Kategorien von Körpern im Trinkwasser vermag auch das Mikroskop nachzuweisen. Die im Wasser lebenden Pflanzen fallen durch ihre Vegetation die kleinsten Spuren kohlensauren Kalks zwischen ihren Fäden in Krystallen aus; so habe ich im Landecker Thermalwasser Kalkkrystalle unter dem Mikroskop erkannt, noch ehe die Anwesenheit minimaler Spuren von kohlensaurem Kalk in diesem Wasser zuerst durch Lothar Meyer nachgewiesen wurde. Auch der Eisengehalt des Wassers, sowie etwaiger freier Schwefelwasserstoff, macht sich sofort an den mikroskopischen Algen bemerklich. Vor allem aber giebt die mikroskopische Untersuchung über die Anwesenheit, selbst über die qualitativen und quantitativen Verhältnisse der stickstoffhaltigen Verbindungen im Brunnenwasser entschiedene und directe Auskunft, welche die chemische Analyse nur in ungenügender Weise zu ermitteln vermag.

3. Die von mir selbst während der Choleraepidemie von 1852 und 1866, sowie in zahlreichen Fällen auch ausser diesen Zeiten untersuchten Wasser-Proben waren von Polizeibeamten im Auftrage der Sanitätsbehörde aus Breslauer Trinkbrunnen, insbesondere in stark inficirten Häusern, auf gewöhnliche Art in vorher sorgfältig gereinigte Wein- oder Selter-Flaschen geschöpft und die Korke mit amtlichem Siegel verschlossen. Aus diesen Flaschen wurde zunächst das Wasser in eine Porzellانتasse gegossen, mit einer Glasplatte bedeckt und mehrere Stunden sich selbst überlassen; nach einiger Zeit wurde das Wasser abgegossen oder mit dem Heber abgezogen und die gebildeten Niederschläge unter das Mikroskop gebracht, wobei zugleich die Quantität und die äussere Beschaffenheit des Niederschlages — ob flockig, fädig, pulverig — notirt wurde. Die im Wasser lebenden Organismen suchte ich in einzelnen Tropfen, die auf's Gerathewohl, namentlich am Rande des Wassers herausgenommen wurden; man findet sie gewöhnlich in grösster Anzahl zwischen den Flöckchen des Niederschlages, von dessen Bestandtheilen sie sich ernähren. In neuester Zeit bediene

ich mich einer eigens dazu hergerichteten Glas-Pipette, um kleine Flöckchen direct aus den Original-Flaschen herauszuholen, ohne dass dieselben ausgegossen zu werden brauchen. Ich benutze eine 36 ^{cm}. lange dünne Glasröhre, die am unteren Ende offen und hakenförmig schwach gebogen ist, um auch in enghalsigen Flaschen mit demselben den ganzen Boden erreichen zu können; das andere Ende ist glockig erweitert und mit einer Kautschukkappe luftdicht verschlossen. Drückt man den Finger auf die Kautschuklamelle, ehe man die Röhre in die Wasserflasche einführt, und hebt denselben wieder, sobald man die Spitze der Röhre einem Flöckchen genähert, so kann man dieses leicht herausholen und indem man das Wasser durch den Druck des Fingers aus der Röhre tropfenweis her austreibt, das kleinste Flöckchen schliesslich mit einem einzigen Wassertropfen auf das Objectglas bringen.

4. Der mikroskopischen Analyse geht stets eine vorläufige Untersuchung des Trinkwassers mit blossen Auge voraus. Das Brunnenwasser ist entweder

- a) klar und farblos,
- b) klar und gefärbt, meist gelblich,
- c) trübe.

a. Wasser, welches klar, farblos, krystallhell, bildet keinen oder doch erst in grösseren Quantitäten nach längerem Stehen einen unbedeutenden Absatz und zeigt unter dem Mikroskop gewöhnlich keine oder so gut wie gar keine mikroskopischen Beimengungen, namentlich weder Pilze noch Infusorien in irgend erheblicher Zahl. Solches Wasser, das in der Regel auch kohlensäurereich, daher sofort beim Eingiessen oder später an den Seitenwänden der Gläser Gasperlen ausscheidet, dabei nicht allzu kalkreich und daher bei längerem Stehen an der Luft sich nur mit unbedeutendem Kalkhäutchen bedeckt, scheint erfahrungsgemäss die zu einem wohlschmeckenden und gesunden Getränk erforderlichen Eigenschaften zu vereinigen. In Breslau sind Brunnen mit gutem Trinkwasser, namentlich in der innern Stadt, nicht ganz selten. In einem Theile der Schweidnitzer Vorstadt dagegen bilden selbst diejenigen Trinkbrunnen, welche normalen Anforderungen einigermaßen entsprechen, gewöhnlich nach kurzer Zeit ein weisses Häutchen an ihrer Oberfläche, welches die Innenseite der Trinkgläser trübt und aus Krystallen von kohlensaurem Kalk besteht. Es scheinen diese Brunnen allzuhart, einen übermässigen Gehalt an doppelt-kohlensaurem Kalk zu besitzen.

b. Klares aber gelblich gefärbtes Trinkwasser enthält Eisenoxydul in Lösung, welches sich nach einiger Zeit an der Oberfläche als ein

opalisirendes Häutchen, so wie am Boden als ein rothbrauner, rostfarbener, feinkörniger Niederschlag abscheidet; der letztere sammelt sich mit der Zeit in Flocken, welche oft sehr regelmässig auf dem Boden sich anordnen, ist aber amorph, nicht fädig, daher mit der Pinzette nicht herauszubekommen und bei jeder Bewegung des Wassers zerstiebend. Ist im Trinkwasser sehr viel Eisen ausgefällt, so erscheint dasselbe unmittelbar nach dem Schöpfen oder nach dem Schütteln schmutzig gelb, braun und trübe, wird aber nach kurzer Zeit durch Absetzen wieder klar mit gelblichem Schimmer. In Breslau sind mir namentlich in der Siebenhubener- und Sonnenstrasse Trinkbrunnen vorgekommen, die fast als Eisensäuerlinge betrachtet werden können. Gewöhnlich sind die eisenreichen Brunnen Breslau's auch reich an Kalk und freier Kohlensäure.

c. Trübes Wasser nimmt vor allem die mikroskopische Untersuchung zur Ermittlung der Ursache seiner Trübung in Anspruch.

Die Trübung rührt her von gelösten, meist organischen Substanzen, oder von einer masslosen Entwicklung von lebenden Organismen — Infusorien und Wasserpilzen, — in beiden Fällen tritt eine Klärung durch Absetzen gar nicht oder erst nach sehr langer Zeit ein.

Oder sie rührt von fremden im Wasser suspendirten Körnchen oder Flöckchen her, welche sich früher oder später als Niederschlag absetzen, worauf das Wasser wieder klar wird.

Der Niederschlag besteht aus 1) anorganischen, aus 2) Resten abgestorbener organischer und 3) aus lebenden Körpern und ist meist aus allen drei Kategorien gemischt.

1) Die unorganischen Niederschläge sind theils amorphes Eisenoxydhydrat, das wir bereits oben (ad b.) besprochen haben, theils kohlensaure Kalkkrystalle (vergleiche oben ad a) theils Fragmente von Russ, Quarz und anderen Mineralien, die durch den Staub ins Wasser gelangt sind.

2) Die Reste abgestorbener Thiere und Pflanzen stammen theils ebenfalls aus dem Staube (Leinen, Baumwolle, Wollfasern, Dannenstrahlen von Gänsefedern, Pflanzenhaare, Holz- und Strohpartikeln, Amylumkörnchen, viele Pilzsporen) theils aus Spülicht und Cloakenstoffen, die in die Brunnen gelangen (Mundepithel und Schleimkörperchen, *Faeces*, Reste von Nahrungsmitteln, Kartoffelzellen, Getreidezellen, Spiralgefässe, Fleischreste, Pilzsporen), theils von den Holztheilen der Pumpe (vermoderte Zellen von Laub- oder Kieferholz, Borkenzellen), theils von Thieren, die zufällig im Brunnen ertrunken sind (Rattenhaare, Schmetterlingsschuppen, Fliegen- und Spinnenbeine, Chititheile verschiedener Insekten), theils endlich von Thieren und Pflanzen, die im Brunnenwasser gelebt haben und noch darin lebend angetroffen werden.

3) Die im Trinkwasser lebenden Organismen sind zwar bei der noch

immer viel zu geringen Zahl sachverständiger Untersuchungen durchaus nicht vollständig gekannt und noch weniger vollständig erkannt; doch haben alle bisherigen Beobachter überall bis jetzt dieselben Species aufgefunden, so dass sich wohl annehmen lässt, dass in den eigenthümlichen Verhältnissen der Brunnen nur eine ganz bestimmte Klasse von Thieren und Pflanzen vorkommt.

Wir können diese Organismen in drei Kategorien theilen, welche einem verschiedenen Grade der Reinheit des Wassers entsprechen. Diatomeen und grüne Algen (*Conferven*, *Protococcus*, *Scenedesmus* etc.) setzen ein an organischen Stoffen armes Wasser, sowie Zutritt des Lichtes voraus, unter dessen Einfluss sie die Kohlensäure des Wassers zerlegen und zu ihrer Ernährung verwerthen. In faulendem Wasser gehen diese Algen bald zu Grunde; von ihnen ernähren sich gewisse grössere und schönere Arten der Infusorien, insbesondere viele Ciliaten (*Nassula*, *Loxodes*, *Urostyla* etc. etc.), von letztern oder direct von den Algen wieder Entomostraceen (*Daphnia*, *Cyclops*, *Cypris*) und die meisten Räderthiere, sowie Borstenwürmer (*Naiden*) und Mückenlarven. Ihre Gegenwart in geringer Zahl ist daher innerhalb gewisser Grenzen mit der Reinheit des Wassers durchaus nicht unvereinbar.

Brunnenwasser, das viel organische Reste in fester Form suspendirt enthält, ist der Boden für Wasserpilze, welche sich von jenen Ueberresten nähren. Von organischen Resten leben auch die carnivoren Infusorien (gewisse *Amoeben*, *Paramaecium Aurelia*, *Amphileptus Lamella*, *Oxytricha Pellionella*, *Epistylis spec.*, *Chilodon Cucullulus*, *Euplotes Charon* etc.), ferner *Anguillulae* und das Räderthier *Rotifer vulgaris*, sowie gewisse *Tardigraden* und Milben.

Brunnenwasser endlich, das organische Stoffe in grosser Quantität gelöst enthält, befindet sich in einem Zustande der Fäulniss oder Gährung, der sich oft durch übeln Geruch und Entwicklung von Gasen bemerklich macht, und wimmelt in Folge dessen von Gährungspilzen und den eigentlichen Fäulnissinfusorien, die mundlos, sich ausschliesslich von gelösten organischen Verbindungen ernähren und mit dem Aufhören des Fäulnissprocesses verschwinden. Es sind das Schizomyceten aller Art und die meisten *Infusoria flagellata*: *Bakterien* (*Zoogloea*), *Vibrionen*, *Spirillen*, *Monaden*, *Chilomonaden*, *Cryptomonaden* etc., gewisse *Amoeben*, *Peranema trichophorum*, auch wenige grössere bewimperte Infusorien (*Glaucoma scintillans*, *Vorticella infusionum*, *Colpoda Cucullus*, *Enchelys*, *Paramaecium putrinum*, *Cyclidium Glaucoma*, *Leucophrys pyriformis*), welche sich unter solchen Bedingungen am reichlichsten und zwar so massenhaft entwickeln, dass das Wasser von ihnen oft undurchsichtig milchähnlich getrübt, opalisirend

aussieht. Solches Wasser ist offenbar zum Getränk nicht geeignet; gleichwohl habe ich gefunden, dass einige breslauer Brunnen diesen Character an sich getragen haben.

5. In Bezug auf die Beziehungen des Trinkwassers zu einer Epidemie kann die mikroskopische Untersuchung entweder darauf gerichtet sein, in wiefern das Wasser im Allgemeinen eine der Gesundheit zuträglich oder nachtheilige Beschaffenheit hat, in welel letzterem Falle dasselbe die aus anderen Ursachen herbeigeführte Erkrankung beschleunigen oder auch zur Infection eine Gelegenheitsursache abgeben kann. In meinem vor 17 Jahren veröffentlichten Bericht über die breslauer Brunnen habe ich diesen Gesichtspunkt in den Vordergrund gestellt.

Die seitdem gemachten Entdeckungen über die durch Pilze veranlassten Epidemien im Thier- und Pflanzenreich nöthigen uns aber auch einen zweiten Gesichtspunkt nicht ausser Acht zu lassen, dass nämlich ein eigenthümliches Typhus- oder Choleragift, das selbst in geringer Quantität auf einen Menschen übertragen, dessen Infection veranlasst, möglicherweise im Trinkwasser enthalten sei. Ist dieses Gift eine nicht organisirte, gasförmige oder flüssige Substanz, so wird natürlich dessen Existenz im Wasser durch das Mikroskop nicht direct nachzuweisen und nur indirect der Verdacht seiner Anwesenheit gerechtfertigt sein, wo eine Communication des Trinkwassers mit notorischen Quellen von Contagien sich nachweisen lässt.

Entsteht insbesondere das Choleragift nach der gegenwärtig allgemein verbreiteten Anschauung wirklich aus den in Zersetzung begriffenen Dejectionen der Cholerakranken, so muss jede Verbindung der Brunnen mit Latrinen, Cloaken, Spülwässern dem Trinkwasser den Giftstoff unmittelbar zuführen. Eine solche Verbindung lässt sich nun durch das Mikroskop direct nachweisen, wenn im Trinkwasser Faecalmassen unter dem Mikroskop erkennbar sind oder indirect vermuthen, wo eine grosse Menge von organischer Substanz, resp. der von ihrer Zersetzung sich ernährenden Pilze und Infusorien im Wasser vorhanden ist.

6. Aber wenn auch keine directe Communication der Brunnen mit den Cloaken stattfindet, giebt die mikroskopische Untersuchung noch über eine andere, in neuerer Zeit angeregte Frage Auskunft. Nach einer bekannten Theorie wird das Choleragift, nachdem es aus den Dejectionen der Kranken sich entbunden, in den oberen Bodenschichten durch das Grundwasser verbreitet, die mit organischen Stoffen übersättigt, in Folge der Bewegungen des Grundwassers zu einem Herde des Contagiums werden. Das Mikroskop giebt uns nun Mittel an die Hand zur Unterscheidung der Brunnen, welche aus tieferen Erdschichten ent-

springen, zu denen das Grundwasser keinen Zutritt findet und denen, die ihr Wasser nur oder doch zum Theil aus den oberflächlichsten Lagen der Erdrinde erhalten. Während die ersteren nur anorganische Bestandtheile und daher gar keine Pilze und Gährungsinfusorien, sondern, wenn überhaupt Organismen, nur braune und grüne Algen und von diesen sich nährenden Wasserthierchen enthalten, sind letztere an organischen Bestandtheilen bei weitem reicher; sind insbesondere bedeutende Quantitäten solcher Stoffe im Brunnnenwasser gelöst und dieses dadurch in Fäulniss gerathen, so ist als sicher anzunehmen, dass das Wasser Erdschichten durchsickert hat, welche mit gährungsfähigen Stoffen übersättigt waren; für solches Wasser wird daher stets die Vermuthung gestattet sein, dass dasselbe auch mit Contagien infiltrirt sei, selbst wenn specifische, optisch unterscheidbare Träger des Giftes nicht nachweisbar sind.

7. Indess darf doch die Möglichkeit nicht ausser Augen gelassen werden, dass unter den mikroskopischen Organismen des Trinkwassers auch solche vorhanden sind, welche zu den Epidemien in directer Beziehung stehen. Bekanntlich hat Klob angenommen, die sogenannten Reiswasserstühle der Cholera seien, verschieden von gewöhnlichem Darmschleim, Gallertmassen, welche die Organisation einer Zoogloea besitzen und aus zahllosen äusserst kleinen ($0,003 \text{ mm.}$), in Gallert eingebetteten farblosen Zellchen bestehen, die auch frei sich als Bacterien bewegen; diese Angabe ist meines Wissens noch nicht widerlegt worden. Andererseits hat sich aus den zahlreichen Verhandlungen in der Pariser Akademie und insbesondere durch die Versuche von Raimbert (Comptes rendus 11. October 1869) mit hoher Wahrscheinlichkeit herausgestellt, dass die von Davaine im Blute von milzkrankem Vieh kurze Zeit vor dem Tode in ungeheurer Menge beobachteten Bacteridien, durch Aasfliegen auf gesunde Thiere gebracht, die Ansteckung übertragen. Anscheinend sind diese Bacteridien den *corpusculus en chapelets* verwandt, welche nach Béchamp's und Pasteur's Beschreibungen im Blute der an der epidemischen *Flacherie* leidenden Seidenraupen gefunden werden; hieran reiht sich der durch Chauveau mit glücklichem Scharfsinn durch Diffusionsversuche geführte Nachweis, dass das Virus der Schafpocken, der Vaccine und Variola weder gasförmig noch flüssig sein kann, sondern dass es an geformte ausserordentlich kleine Körperchen gebunden sein müsse. Erwägt man alle diese Thatsachen, so lässt sich, wie ich bereits im Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für 1867 (Verhandlungen der botanischen Section vom 12. December p. 57) hervorgehoben, die Möglichkeit nicht in Abrede stellen, dass unter den Schizomyceten und farblosen Palmellen

(Bakterien, Zoogloeen etc.) des Brunnenwassers auch die mikroskopischen Träger specifischer Contagien vorhanden seien. In dieser Beziehung ist hervorzuheben, dass ich fast in allen von mir untersuchten Brunnen, die aus besonders stark von der Cholera infectirten Häusern herrührten, bewegliche Bakterien oder Zooglocagallert meist in grösster Menge beobachtet habe.

In den Brunnen der Mehlgasse und des Laurentius-Kirchhofs, wo 1866 die Seuche mit ganz besonderer Intensität wüthete, habe ich so zahllose Bakterien gefunden, dass dieselben den von mir oben pag. 114 geschilderten Character boten und dass ich in meinem amtlichen Bericht an den Stadtphysikus, Geh. Medizinalrath Dr. W e n d t im August 1866 die Vermuthung ausgesprochen habe, die sich mir durch den Anblick des mikroskopischen Befundes gewissermassen unwillkürlich aufdrängte, es möchten jene Bakterien vielleicht die unmittelbaren Träger des Choleragiftes sein. Wenn diese Beobachtungen noch zu keinen bestimmten Schlussfolgerungen berechtigen, so liegt dies an dem viel zu spärlichen und unsicheren Material der bisherigen Untersuchungen, namentlich darin, dass noch von keinem einzigen Brunnen regelmässige mikroskopische Analysen, welche längere Zeiträume umfassen und etwaige Unterschiede in normalen Zeiten und während einer Epidemie hervortreten lassen könnten, gemacht worden sind. Um so dringender scheint mir die Pflicht der Sanitätsbehörden, solche Beobachtungsreihen an möglichst zahlreichen Trinkbrunnen zu veranlassen, deren Ergebnisse, seien sie positiver oder negativer Art, in gleicher Weise der öffentlichen Gesundheitspflege zu Gute kommen würden.

8. Abgesehen von den Bakterien und Zoogloeen enthalten die Brunnenwässer eine grosse Menge von farblosen oder gelb oder braun gefärbten Fäden, welche ich früher geneigt war als eigenthümliche Species sogenannter Pilzalgen (Mycophyceae), zu betrachten, von denen es aber mir jetzt wahrscheinlicher ist, dass sie von wirklichen Fadenpilzen stammen, die im Wasser gekeimt und zu mehr oder minder abnormen Mycelbildungen entwickelt sind. Es ist bekannt, dass *Penicillium glaucum*, *Mucor Mucedo*, *Aspergillus*, *Fusisporium* und zahlreiche andere Pilze im Wasser ihr Mycel üppig entwickeln, ohne zu fructificiren, und ich zweifle nicht daran, dass unter den in allen Brunnen von mir und Anderen angetroffenen, meist als *Leptothrix*, *Hygrocrocis*, *Leptomitus* bezeichneten Fäden ein grosser Theil Mycelien von den oben erwähnten Arten, oder anderen vielleicht noch unbekannten Pilzen sind.

Auch sporenähnliche Zellen finden sich im Brunnenwasser in grösster Mannigfaltigkeit und oft in zahlloser Menge. Mag auch ein Theil der-

selben mit dem Staube oder verwesenden Stoffen ins Wasser hineingefallen sein, wie ich das von den zahlreich beobachteten Ustilago-, Puccinia-, Phragmidium-, Cladosporium- und Fusisporium-Sporen annehmen muss, so lassen doch viele dieser Formen sich durchaus nicht mit bekannten Sporen identificiren und mögen theils eigenthümliche Fructificationen (Sporen, Gonidien, Conidien) von Wasserpilzen, theils überhaupt gar keine Pilzkeime, sondern encystirte Monaden, Amoeben oder Myxomyceten-Formen sein.

Endlich ernährt das Brunnenwasser anscheinend eine Anzahl ihm eigenthümlicher Organismen, die bis jetzt noch gar nicht oder doch nicht genügend gekannt sind. Radlkofer hat in den Brunnen von München eine farblose Palmelle (*Palmellina flocculosa*) mit äusserst kleinen dicht gelagerten Zellchen gefunden, die dort die Hauptmasse des Brunnenschlamms darstellt, von mir selbst hier nicht sicher unterschieden worden ist. Ich selbst habe in den meisten Breslauer Trinkbrunnen braune Flöckchen beobachtet, oft in ausserordentlicher Menge, und habe dieselben stets als Anzeige eines reichlichen Eisengehalts betrachtet, da die braune Farbe vom Eisen herrührt. Aber die Flocken sind keineswegs immer anorganischen Ursprungs, vielmehr bestehen sie grösstentheils aus dünnen einfachen oder verästelten durcheinander gefilzten Fäden, zwischen denen oft amorphes Eisenoxydhydrat ausgefällt ist. Sind diese Fäden dicker und dichotom verästelt, so werden sie gewöhnlich als *Stereonemen* bezeichnet; d. h. es sind die Stiele von köpfchenbildenden Monaden (*Anthophysa vegetans*), welche sich später losreissen und als traubenartige Colonien (*Uvella*) im Wasser umher schwimmen; sie bezeichnen ausser dem Eisengehalt auch einen Zustand aufgehender Fäulniss im Wasser, an dessen Oberfläche sie oft dunkelbraune Häute bilden. Nicht minder häufig habe ich aber in braunen Flocken fädige Bildungen angetroffen, welche unverzweigt, farblos oder gelblich, von mir früher als Arten von *Leptothrix* oder *Hygrocrocis* betrachtet wurden, bis ich mich in neuester Zeit überzeugt habe, dass es eine bis jetzt nicht unterschiedene Gattung und Art sei, welche eine monographische Bearbeitung verdient.

9. Durch Herrn Geheimrath Professor Dr. Lebert erhielt ich am 3. März 1870 zwei Flaschen mit Wasser aus dem Brunnen Grosse Rosengasse No. 13, einer berühmten Typhusgegend von Breslau. Das Wasser war etwas trübe, wie dies stets der Fall ist, wenn in demselben Bacterien reichlicher entwickelt sind; ausserdem aber schwammen im Wasser eine nicht geringe Menge kleiner hellbraungelber Flöckchen von 1 — 2 mm. Grösse, die sich nach einiger Zeit am Boden absetzten und leicht zu grösseren Flocken zusammenballten. Die

Flöckchen waren von Bacterien und Vibrionen, Amöben und Monaden, von Glaucomen und Oxytrichen umschwärmt, sie selbst bestanden aber — abgesehen von zufällig eingestreuten Woll- und Leinwandfasern, Schmetterlingsschuppen und Milbenbälgen, sowie verschiedenen Wasserpilzen — aus den Fäden einer farblosen Alge, welche locker durcheinander gewirrt Räschen darstellten.

Seit dieser Zeit habe ich zum Zwecke weiterer Untersuchung bis Ende Juli sehr häufig Wasser aus diesem Brunnen holen lassen und ohne Ausnahme darin stets die nämlichen gelben Flöckchen bald in grösserer bald in geringerer Zahl gefunden. Auch in mehreren anderen Brunnen um und in Breslau beobachtete ich dieselbe Alge, so dass ich sie für eine im Brunnenwasser sehr verbreitete Form halten muss. Möglich freilich, dass der ursprüngliche Wohnort derselben nicht das Trinkwasser selbst, in welchem ich sie bisher allein beobachtet, sondern entweder der Grund oder die Seitenwände des Brunnens sind, und dass sie nur zufällig beim Anspumpen in einzelnen Räschen losgerissen werden. Indess spricht der Umstand, dass diese Alge bisher noch nie in offenem Wasser gefunden wurde, sowie ihre Farblosigkeit dafür, dass dieselbe für die von Licht abgeschlossenen Räume der Brunnen charakteristisch ist, und ich halte mich daher berechtigt, da sie einer meines Wissens noch nicht gekannten Gattung und Art angehört, sie als Brunnenfaden (*Crenothrix polyspora*) zu beschreiben.

10. Wie ich schon oben bemerkte, sind die gelben Flöckchen der Hauptsache nach gebildet durch dünne und lange, steife oder wenig gekrümmte, oder auch in einander geflochtene Algenfäden, welche im Wesentlichen die bekannte Structur der Oscillarien zeigen (Vgl. Tab. VI. Fig. 20); ein jeder Faden besteht aus einer einfachen Reihe gleichartiger Zellen und ist von einer starren Scheide eingeschlossen. Der Inhalt sämtlicher Zellen ist ein durchaus farbloses, homogenes oder feinkörniges Protoplasma ohne Spur von Phycochrom oder einem anderen Farbstoff; in stärkeren Fäden erkennt man, dass das dichte Protoplasma nur einen Wandbelag auf der Innenseite der Zellhaut bildet und dass die Zellhöhle von wasserhellem farblosen dünneren Zellsaft eingenommen ist, daher die Zellen wie hohl aussehen. (Fig. 1, 13, 15.)

Die Scheiden sind bei den dünnen Fäden unmessbar zart und nicht zu unterscheiden, in den dickeren Fäden dagegen sind sie stärker entwickelt, mit scharfer Doppelcontur, pergamentartig, von dem Gliederfaden selbst deutlich geschieden (Fig. 5, 6), in abgestorbenen Fäden als leere Hüllen zurückbleibend (Fig. 16); auch kann im Laufe der Entwicklung der Faden aus seiner Scheide ganz oder theilweise heraustreten. Ohne Zweifel entsteht die Scheide aus den äussersten

cylindrischen Lamellen sämtlicher Gliederzellen, deren einzelne Stücke, wie bei der Bildung der Cuticula, unter einander verschmelzen; diese Lamelle verdickt sich im Laufe der Entwicklung und scheint manchmal an ihrer Aussenfläche gallertartig aufzuquellen; wenigstens werden die Scheiden oft durch anhängende Körnchen trübe und so undurchsichtig, dass der eingeschlossene Gliederfaden kaum erkennbar ist (Fig. 17). Die Scheiden sind anfänglich farblos; werden aber später lebhaft gelb oder braun; diese Färbung rührt von Eisenoxydhydrat her, welches sich durch die Vegetationsthätigkeit der Zellen in ähnlicher Weise in der Membran der Scheiden ablagert, wie die Kieselerde in den Panzern der Diatomeen oder der kohlensaure Kalk in den Zellmembranen der Melobesiaceen. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man zu den gelben Crenothrixfäden ein Gemisch von Salzsäure und gelbem Blutlaugensalz hinzutreten lässt; es wird alsdann das durch die Säure ausgezogene Eisen noch in den Scheiden sofort wieder ausgefällt, so dass diese sich dann auf das Schönste blau färben. Die Zellen des Fadens selbst sind farblos und enthalten auch kein Eisen. Fügt man das Blutlaugensalz erst nach der Salzsäure zu, so bildet sich natürlich auch Berlinerblau, aber da das Eisenchlorid sich vorher in der Flüssigkeit vertheilt hat, in amorphen Flocken, ohne dass sich der Sitz des Eisens dadurch feststellen liess. Ich halte es für wahrscheinlich, dass die gelbe oder braune Färbung, welche auch in den Scheiden anderer Nostochineen und Scytonemeen und in den sogenannten Stereonema-Fäden (den Stielen der *Anthophysa vegetans*) beobachtet wird, ebenfalls von eingelagertem Eisen herrührt. Wenn die Crenothrix-Flocken übrigens schon dem blossen Auge sich bräunlichgelb gefärbt zeigen, so ist die Ursache davon nicht blos der Eisengehalt der Scheiden, sondern auch eine eigenthümliche, das Licht stark brechende, hell- oder dunkelgoldgelbe, oelartig aussehende, klare Substanz, welche die Fäden auf weite Strecken mehr oder minder gleichmässig oder in knotigen Anschwellungen einhüllt, in Salzsäure gelöst wird und durch Zusatz von Blutlaugensalz sich eisenhaltig erweist (Fig. 20). Ich vermag nicht anzugeben, was es mit dieser Substanz für eine Bewandniss hat.

11. Bei den Crenothrix-Fäden fällt zunächst deren ausserordentlich verschiedene Dicke auf, welche auf den ersten Blick es zweifelhaft macht, ob man es nicht mit verschiedenen Arten zu thun habe. Ich mass Fäden von 0.00525, 0.0040, 0.0036, 0.0033^{mm}. (5,25—3,3 Mikromillimeter); aber in demselben Filz treffen wir auch Fäden von 2, ja nur 1,5 Mikrom. (Fig. 17, 8, 7, 6, 1). Bei genauerer Untersuchung finden wir, dass die Breite in einem und demselben Faden zwischen den oben

angegebenen Extremen variiert. Die Fäden sind nämlich nicht gleichmässig cylindrisch, sondern sehr verlängert pfriemförmig, an dem einen Ende, das wir als die Basis bezeichnen können und das in der That oft als Anheftpunkt des Fadens dient, am dünnsten, verdicken sie sich ganz allmählich nach dem entgegengesetzten Ende, der Spitze, wo sie den grössten Durchmesser erreichen (Fig. 20, 9, 10). Ebenso verschieden ist das Verhältniss der Höhe der einzelnen Glieder des Fadens zu ihrer Breite. Bekanntlich vermehren sich die Fadenglieder der Oscillarieen durch beständige Quertheilung der Zellen, so dass wir bei allen Oscillarieen in einem und denselben Faden Zellen von einfacher bis doppelter Höhe finden, je nachdem die Quertheilung mehr oder weniger vorbereitet ist. Aber bei *Crenothrix* bewegen sich die Differenzen in der Höhe der Zellen innerhalb viel weiterer Grenzen. Bezeichnen wir die Zellenhöhe als die normale, welche ihrer Breite gleichkommt (quadratischer Contur, Fig. 1, 15), so finden wir nicht blos Fäden oder Fadenstücke mit halb so hohen Gliedern (Fig. 9, 10), sondern auch insbesondere dünnere Fäden, bei denen die Zellen umgekehrt doppelt, ja viermal so hoch als dick (Fig. 7, 17) sind (Höhe der Zelle von 2,1 bis 3,15 und 5,25 Mikrom.).

12. In vielen Fäden ist das Endglied bei weitem länger als die übrigen Zellen; ich mass in einem Faden von 3,67 Mikrom. Breite das cylindrische Endglied von 26,25 Mikrom., während die nächstfolgenden Zellen 5,25 Mikrom. Höhe massen, also fünfmal kürzer waren (Fig. 15). Mitunter ist dieses Endglied nicht blos länger, sondern auch breiter als die eigentlichen Fadenglieder und zeigt eine verlängert ellipsoidische Gestalt, erinnernd an die Sporen von *Cylindrospermum* (Fig. 13, 14). Ein solches verlängertes Endglied begrenzt stets das Wachsthum des Fadens in der Richtung seiner Achse, indem die Zelle zunächst unter dem Endglied durch eine schiefe Scheidewand sich theilt, verlängert sie sich zugleich seitlich unter dem Endglied und wächst in Folge wiederholter Quertheilungen zu einem nach der Seite ausbiegenden Aste aus, welcher an die Astbildung der Seytonemeen erinnert (Fig. 13, 14). Solche Fäden mit angeschwollenem Endglied und seitlichem Aste fand ich in verschiedener Dicke von 3 — 5,25 Mikrom. Die angeschwollenen Endglieder sind nicht mit klarem Saft, wie die sogenannten Grenzzellen der Nostocaceen, sondern mit feinkörnigem Protoplasma erfüllt, so dass sie den Manubrien der Rivularien gleichen und wie diese vielleicht als Sporen betrachtet werden können; doch habe ich ihre weitere Entwicklung nicht verfolgen können und vermute nur, dass aus der Membran (Scheide) des Endgliedes der Inhalt anscheinend als eine grosse Spore austritt; wenigstens beobachtete ich an mehreren Fäden entleerte Endglieder, die an der Spitze durchbohrt schienen (Fig. 13). Von die-

sen „Sporen“ stammen, wie ich glaube, farblose kurze Oscillarien-ähnliche Fäden, aus höchstens acht cylindrischen Gliedern bestehend, 5—6 Mikrom. breit und etwa doppelt so hoch, mit äusserst zarter, durchsichtiger Membran, scheidenlos und mit einer eigenthümlichen langsamen gleitenden Bewegung begabt, welche ich einige Mal in *Crenothrix*-Flöckchen beobachtete (Fig. 19). Nach ihrer Farblosigkeit muss ich annehmen, dass diese eigenthümlichen Fäden in den Entwicklungskreis von *Crenothrix* gehören und aus den „Sporen“ in ähnlicher Weise hervorgehen, wie sie de Bary für die Entstehung der Rivularien-Fäden aus den Manubrien (Beitrag zur Kenntniss der Nostocaceen, Flora 1863) und Thuret für *Cylindrospermum* (Ann. sc. nat. 3. ser. Tom. 2) beobachtet haben.

13. Während die Bildung sporenähnlicher Endglieder bei *Crenothrix* seltener auftritt, finden wir eine andere Fortpflanzungsweise so überaus verbreitet, dass ich sie fast in allen Fäden zu den verschiedensten Beobachtungszeiten antraf und ihre ganze Entwicklungsgeschichte unter der feuchten Kammer verfolgen konnte. Die von mir zu diesem Zwecke im Pflanzenphysiologischen Institut benutzte feuchte Kammer ist aus dem von Prof. Nobbe construirten, im Tharander forstlichen Jahrbuch für 1869 beschriebenen Keimapparat hervorgegangen, den wir aus der Ziegelfabrik von J. M. Pröhl in Chemnitz bezogen haben; sie besteht aus einer unglasirten, gebrannten, porösen Thonplatte von 5 Cm. Höhe und 10 Cm. Seite; an ihrer Oberfläche befindet sich eine flache uhrglasartige Aushöhlung von 2 Cm. Tiefe, zur Aufnahme der Objectgläser, die mit einer dicht aufliegenden Glasplatte bedeckt werden kann. Wird diese Thonplatte in einen Glasnapf mit Wasser gestellt, so saugt sie sich voll und das Präparat auf dem Objectglas befindet sich innerhalb der mit der Glasplatte verschlossenen Aushöhlung in einer mit Wasserdampf stets gesättigten Atmosphäre, so dass der das Präparat umgebende Wassertropfen, vom Deckglas bedeckt, nach 24 Stunden nur äusserst wenig durch Verdunstung verliert; wurde alle Tage ein Tröpfchen destillirtes Wasser zugefügt, so konnte das Präparat wochenlang unversehrt erhalten und seine Entwicklung bequem verfolgt werden. Zu dem gleichen Zweck benutzen wir mit Vortheil Glas- oder glasirte Thonnäpfe, welche mit einer Glasplatte zugedeckt und mit Moos, das sich im Wasser vollgesogen, gefüllt sind. Werden die Objectgläser auf das feuchte Moos gelegt, so widerstehen die Wassertropfen mit den Präparaten sehr lange Zeit der Verdunstung.

Die Fortpflanzung von *Crenothrix* beginnt damit, dass sich der farblose Inhalt in den einzelnen Zellen von der Zellwand etwas abhebend, zu sphäroidalen Plasmamassen verdichtet. In Folge dessen

erscheint der in der Fortpflanzung begriffene Faden rosenkranzförmig gegliedert, an die Fäden von *Nostoc* erinnernd (Fig. 6, 8), während der sterile Faden die gewöhnliche Structur der *Oscillarien* mit cylindrischen Zellen repräsentirt (Fig. 7, 14). Die Fortpflanzung tritt ein bei Fäden des verschiedensten Durchmessers, dünnen wie dicken; sie verfolgt zwei, übrigens nicht scharf getrennte Modificationen, die ich als *Macro-* und *Microgonidienbildung* unterscheiden will.

14. Die *Microgonidien* sind die häufigste Fortpflanzungsweise; ich habe sie stets bei den dickeren Fäden beobachtet. Die Zellen solcher Fäden dehnen sich zuerst etwas in die Breite und indem sie sich gleichzeitig der Quere nach theilen, nehmen sie dadurch die Gestalt niedriger Scheiben an, die kaum halb bis ein Viertel so hoch als breit sind. Alsdann theilt sich ihr Inhalt vermittelt einer durch die Längsachse gelegten Scheidewand zunächst in zwei, darauf durch eine zweite ebenfalls durch die Längsachse gehende und auf der ersten senkrecht stehende Scheidenwand in vier keilförmige Stücke; durch mehrfach wiederholte Theilung, die sich im Speciellen wegen ihrer Kleinheit nicht gut verfolgen lässt, zerfallen endlich die Zellen des Fadens, jede in eine grosse Zahl, mindestens 16 sehr kleiner Plasmakugeln, welche von mir als *Microgonidien* bezeichnet werden (Fig. 9). Dieser Vorgang beginnt an dem einen Ende des Fadens, das hierdurch als ein oberes bezeichnet und gewöhnlich frei aus dem Rasen hervorragt, und schreitet mehr oder weniger weit nach abwärts fort. Die einzelnen Gonidien sind anscheinend membranlose Primordialzellen, die in ihrer Anordnung anfangs den ursprünglichen Fadengliedern entsprechen, aber sich bald zwischen einander verschieben, indem die Zellstoffquerwände, welche die Glieder trennten, von ihnen durchrissen oder resorbirt werden. Die Scheide nimmt an den Theilungsvorgängen keinen Antheil; sie umhüllt vielmehr als Sporangium die Gonidien, welche bald einen grösseren oder kleineren Theil der oberen Fadenhälfte einnehmen, in der Regel eine Röhre von 200 Mikrom. Länge dicht erfüllen. Während der Entwicklung der Gonidien dehnt sich gleichzeitig die Scheide mehr oder weniger, bisweilen selbst auf das Doppelte und Dreifache ihres früheren Durchmessers aus und nimmt dadurch eine fast keulen- oder bandförmige Gestalt an, indem sie eine Dicke von 6,3—7,3—9 Mikrom. erreicht (Fig. 9, 10, 11). In einem Falle bildet das gonidienführende Ende eine Keule von 14,7 Mikrom., das sich ganz allmählich in den sterilen, nur 5,25 Mikrom. breiten Faden verjüngte und von zahllosen kugeligen, farblosen Gonidien vollgestopft war (Fig. 12).

Die Gonidien streben nunmehr aus der Spitze des Sporangium oder der Fruchtkeule auszutreten und schieben sich an einander nach vorn,

etwa wie die Zoosporen von *Achlya*, wenn dieselben im Ausschwärmen begriffen sind. Aber die Gonidien von *Crenothrix* bewegen sich nur langsam gleitend der Spitze zu, vor der sie sich allmählich zu vielen Tausenden anhäufen, um bald durch nachgleitende Gonidien verdrängt zu werden. So entleert sich allmählich die Fruchtkuile von den Gonidien vollständig, so dass jene eine leere Hülse darstellt, in welcher höchstens vereinzelte Gonidien, die den Ausweg nicht finden konnten, zurückbleiben (Fig. 12), während in den tieferen Gliedern des Fadens die Gonidienbildung weiter fortschreitet (Fig. 10). In der Regel kann man in der Länge des Fadens alle Stufen der Gonidienbildung beobachten; oft folgt nach einer Anzahl von ungetheilten Zellen wieder mitten im Faden eine Gruppe von solchen, die sich zur Gonidienbildung anschicken. (Fig. 9.)

Die ausgetretenen Gonidien haben eine kugelige oder verlängert-rundliche Gestalt, so dass sie in dem einen Querschnitt kreisrund, im anderen mehr cylindrisch aussehen (Fig. 3); sie sind vollständig farblos und lassen mit der Immersionslinse Gundlach VIII. Protoplasma und Zellsaft (eine centrale Vacuole) oft deutlich, eine Membran dagegen nicht sicher unterscheiden; ihr kürzerer Durchmesser beträgt höchstens 2 Mikrom. und mag bis auf 1 Mikrom. herabsinken; dagegen sind sie oft um das Doppelte länger, alsdann der Quere nach in der Mitte eingeschnürt. Sehr viele Gonidien sind völlig quergetheilt und besitzen semmelförmige Gestalt. Sie sind anscheinend unbewegt; betrachtet man sie aber sorgfältig durch einige Zeit in Wassertropfen, so findet man, dass viele derselben eine langsam rollende gleichsam sich wälzende Bewegung haben, die der Molecularbewegung ähnlich sieht, aber nach einem gewissen Zeitraum nicht unbedeutende Ortsveränderungen zur Folge hat.

15. Die Bildung der Macrogonidien, die fast nie gleichzeitig an demselben Faden mit der der Microgonidien vorkommt, unterscheidet sich von den hier geschilderten Vorgängen zunächst nur dadurch, dass die einzelnen Zellen des Fadens sich nur in zwei, höchstens in vier Stücke theilen, die dem entsprechend eine relativ bedeutendere Grösse, von 3—5 Mikrom. im Durchmesser, besitzen, im Uebrigen aber in derselben Weise sich zwischen einander hin schieben und aus dem vorderen Ende der Scheide hervordrängen (Fig. 1). Im Wasser bleiben die ausgetretenen Macrogonidien ebenfalls in kleinen Häufchen verbunden vor dem offenen Ende des Fadens liegen, welcher keine keulenförmige Anschwellung zeigt (Fig. 1), bis sie sich allmählich mit gleitend-wälzender langsamer Bewegung zerstreuen. Einige Mal beobachtete ich einen vor der Oeffnung der Scheide liegenden Haufen von Macro-

gonidien, die an einander haftend als Ganzes langsam rotirten, etwa wie der Embryo einer Rotifere innerhalb seiner Eischale umherrollt. Ihrer bedeutenderen Grösse gemäss lässt sich die Beschaffenheit der Macrogonidien als kurz cylindrische Zellen mit wandständigem Protoplasma und wässrigem Zellsaft noch besser erkennen; auch sind dieselben meist in Quertheilung begriffen und demnach in der Mitte eingeschnürt oder zu Doppelgonidien paarweis verbunden (Fig. 2).

Bei schmälere Crenothrix-Fäden (von 3 Mikrom. oder weniger im Querdurchmesser) entsteht in jeder Fadenzelle nur eine einzige Macrogonidie, indem sich der Inhalt derselben zu einer freien Primordialzelle abrundet, die meist durch eine mehr oder minder tiefe Quereinschnürung in der Mitte den Beginn der Theilung anzeigt. Diese Macrogonidien drängen sich unter Durchbrechung der Querscheidewände des Fadens aus dem vorderen Ende der nicht erweiterten Scheide in einfacher oft unterbrochener Reihe heraus, und unterscheiden sich im Wasser durchaus nicht von den aus der Zwei- oder Viertheilung in dickeren Fäden hervorgegangenen Gonidien (Fig. 1, 5, 8). Auch kommt es vor, dass am selbem Faden sich Reihen von Macrogonidien aus dem Vollinhalt neben solchen aus getheilten Zellen bilden. Wo immer die Fäden die Rosenkranzform von Nostoc zeigen, sind dieselben in Macrogonidienbildung begriffen, wie sich dies bei längerer Beobachtung unter der feuchten Kammer durch allmähliche Entleerung der Scheiden herausstellt.

16. Auf diese Weise lassen die Crenothrix-Fäden im Laufe der Zeit ihre sämtlichen oder doch einen grossen Theil ihrer Zellinhalte ins Wasser austreten, welche sich als Gonidienhaufen an der Spitze der Scheide lagern, dann unter langsamen Gleitbewegungen im Wasser zerstreuen oder in zahlloser Zusammenhäufung Palmellenähnliche Massen bilden und in der That, wie die Zellen der Palmellen, durch eine schleimige Zwischensubstanz lange Zeit verbunden bleiben (Fig. 18).

Die weitere Entwicklung der Gonidien ist nicht ohne Schwierigkeit festzustellen. Ich habe unter der feuchten Kammer oft die in den Scheiden eingeschlossenen oder ins Wasser ausgetretenen Gonidienhaufen drei und mehrere Tage auf dem Objectglase verfolgt, ohne dass eine Veränderung sich zeigte. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, dass unter günstigen Verhältnissen die ausgetretenen Gonidien, und zwar ebenso gut die grösseren Macrogonidien als die kleinen Microgonidien zu neuen Crenothrix-Fäden auskeimen. Sehr häufig finden sich an den alten Scheiden, insbesondere an der Oberfläche der Fruchtkulen anhaftend, dünne Crenothrix-Fäden, welche offenbar aus gekeimten Gonidien hervorgegangen sind (Fig. 1). Oft bilden diese dünnen Fäden wahre Bündel, die strahlig an einem oder mehreren Punk-

ten eines alten Fadens festsitzen und durch ihre Feinheit und Zartheit als junge Entwicklungszustände, durch ihr allmähliches Anschwellen nach dem entgegengesetzten Ende und durch die Vorbereitung zur Gonidienbildung als wirkliche *Crenothrix* sich erweisen (Fig. 20). Mehrere Male beobachtete ich auch auf einem Objectglase, auf welchem ich einen Rasen gonidienführender *Crenothrix*-Fäden, nebst zahllosen Haufen entleerter Microgonidien durch mehrere Tage in der feuchten Kammer cultivirte, nach circa 42 Stunden im Wassertropfen eine ausserordentlich grosse Menge kurzer farbloser Nostocähnlicher Zellschnüre oder Stäbchen, welche alle Zwischenstufen ihrer Entwicklung aus den einfachen und doppelten Microgonidien darboten (Fig. 4). Diese nur 1—2^m. dicken Stäbchen bestanden aus zwei, vier oder acht kurz cylindrischen Gliedern, jedes wieder in seiner Mitte mit einer mehr oder minder tiefen Einschnürung als Zeichen beginnender, oft schon weit fortgeschrittener Quertheilung versehen. Diese kurzen Stäbchen scheinen sich in normalen Verhältnissen an irgend einer Unterlage (meist einer älteren Scheide) festzuheften und durch successive Quertheilung in sämtlichen Zellen, sowie durch allmähliche Anschwellung am freien Ende in die gonidienbildenden Fäden fort zu entwickeln. Die Microgonidien scheinen sich von den Macrogonidien nur dadurch zu unterscheiden, dass sie zunächst dünneren Fäden Ursprung geben.

17. Es bleibt uns noch übrig, die systematische Stellung von *Crenothrix* zu bestimmen. Ich habe dieselbe oben als Alge bezeichnet, weil sie mit unzweifelhaften Algengattungen nächst verwandt ist; wenn freilich der Mangel des Chlorophylls allein eine Pflanze als Pilz kennzeichnet, so müssten wir *Crenothrix* unter die Pilze einordnen; doch ist, wie ich selbst anderwärts gezeigt und auch in diesen Blättern Schroeter (über *Synchytrium* pag. 46) ausführlich erörtert hat, die Anwesenheit oder der Mangel des grünen Farbestoffs nur ein vegetatives Merkmal, dem bei der Feststellung der Verwandtschaft nur secundäre Bedeutung zukommt; denn exclusiv und consequent durchgeführt, würde es auch *Monotropa* oder *Lathraea* unter die Pilze verweisen. Nach der Beschaffenheit der kurz gegliederten, von einer hyalinen Scheide umhüllten Fäden schliesst sich offenbar *Crenothrix* an die Oscillarien, die freilich in der Regel blaugrünes Phycochrom enthalten; aber wir finden unter den Oscillarieen auch farblose Gattungen, vor allem *Beggiatoa* und *Spirochaete*; ich reihe hieran noch *Hygrocrocis*, insoweit dieser Namen wirklich eine besondere Gattung und nicht wie zweifellos bei den meisten sogenannten *Hygrocrocis*-Arten blos die Wasser-Mycelien von *Penicillium* und anderen Faden-Pilzen umfasst. Nach ihrer besonders reichlichen Vermehrung im Wasser mit organi-

schen Stoffen zu schliessen, sind die Nährstoffe der farblosen Oscillarien, wie bei allen chlorophyllfreien Pflanzen, nicht blos anorganische sondern auch organische Verbindungen; in der *Hedwigia* 1865 habe ich gezeigt, dass insbesondere die *Beggiatoen* sich im Meerwasser vorzugsweise in der Nähe verwesender Thiere und Pflanzenkörper entwickeln; auch scheinen dieselben, nach ihrem Vorkommen in Schwefelquellen zu schliessen, Sulphate zu ihrer Ernährung zu bedürfen und Schwefelwasserstoff zu entbinden. In ihrer Ernährungsweise schliessen sich daher die farblosen Gattungen *Beggiatoa*, *Spirochaete*, *Hygrocrocis*, *Crenothrix* etc. an die Wasserpilze, während ihre Organisationsverhältnisse vollständig mit den phycochromhaltigen Oscillarien übereinstimmen. Unter diesen zeichnet sich *Crenothrix* durch die nicht gleichmässigen, sondern nach der Spitze sich verdickenden Fäden, durch die Theilung der Zellen in der Richtung der Längsachse des Fadens bei der Fortpflanzung und vor allem durch die von zahllosen freien Gonidien dicht gefüllten oft keulenförmigen Sporangien aus.

Die Oscillarien nehmen im Allgemeinen eine durchaus isolirte Stellung im Pflanzenreich insofern ein, als sie unserer bisherigen Kenntniss nach aller Fortpflanzungszellen und zwar ebensowohl der geschlechtlichen wie der ungeschlechtlichen entbehren, und ihre Vermehrung ganz allein, wie bei den Schizomyceten, auf der Theilung der Zellen und dem gelegentlichen Zerbrechen der Fäden beruht. Ich habe jedoch schon bei der von mir im Meerwasser aufgefundenen *Beggiatoa mirabilis* hervor gehoben, dass zwischen den Fäden dieser farblosen Oscillariee überaus zahlreiche farblose, kugelige oder eirunde Zellen vorkommen, die oft der Quere nach eingeschnürt oder mehr oder minder vollkommen zweigetheilt, eine kräftige, langsam rollende oder sich wälzende, gleichsam taumelnde Bewegung besitzen und nach der ganzen Beschaffenheit ihres Inhalts sich als zum Entwicklungskreis von *Beggiatoa* gehörig anzeigen, obwohl es mir nicht gelang, die Entstehung derselben aus den *Beggiatoa*-Fäden direct zu beobachten. (Beiträge zur Physiologie der Phycochromaceen und Florideen in Max Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie, Band III. 1867. Tab. II. Fig. 6.) Die Uebereinstimmung dieser Zellen in Form und Bewegung mit den Gonidien unserer *Crenothrix* macht es mir jetzt wahrscheinlich, dass dieselben als Gonidien von *Beggiatoa* zu deuten sind.

Es giebt noch eine zweite Gattung der Oscillarien, welche noch mehr mit *Crenothrix* übereinstimmt, nämlich der von Braun und Grunow aufgestellte *Chamaesiphon*, welcher mir allerdings nur aus der Beschreibung und Abbildung (Fig. 28) in Rabenhorst *Flora europaea Algarum aquae dulcis* etc. Band II. p. 148 bekannt ist. Die

äusserst kurzen 0,008 — 0,04 ^{mm}. langen, einzeln oder in dichten Bündeln auf anderen Algen schmarotzenden, blaugrünen oder violetten, kurzgliedrigen Fäden der *Chamaesiphon*-Arten, verdicken sich keulen- oder birnförmig nach der Spitze und stecken in einer gestielten hyalinen Scheide; die durch succedane Quertheilung nach Art der Oscillarien sich vermehrenden Zellen isoliren sich schliesslich an der Spitze des Fadens, runden sich ab und treten aus der sich öffnenden Scheide als ruhende Sporen heraus, welche ohne Befruchtung keimen.

Hiernach stimmen *Crenothrix* und *Chamaesiphon* überein in dem Bau der Scheiden und der Fortpflanzungsweise durch Gonidien; unser Brunnenfaden unterscheidet sich nur durch die langen oscillarienähnlichen, farblosen, zu Räschen verflochtenen Fäden und die Bildung von zahllosen Macro- und Microgonidien in oft keulenartigen Fadenenden. Auf alle Fälle gehört *Crenothrix* in die unmittelbare Nähe von *Chamaesiphon*, zwischen diesen und *Lyngbya*. Auch bei letzterer Gattung findet, wenn ich nicht irre, nach den mehr oder weniger vollständig entleerten Scheiden bei *L. semiplena*, *Nemaeonis* etc. zu schliessen, eine Gonidienbildung statt; vermuthlich wird auch noch bei anderen Oscillarien die Fortpflanzung durch Gonidien gefunden werden, welche sich von den Zoosporen der Chlorophyll-grünen Algen (*Chlorosporeae*) durch den Mangel der Geisseln unterscheiden, gleichwohl aber nach Art der Diatomeen und Oscillarien eigenthümlicher Gleitbewegungen fähig sind. Die bei *Nostoc* von Thuret 1844 entdeckte Fortpflanzung (*Ann. sc. nat. 3e Sér. Tom. 2. p. 319; Observ. sur la reproduction de quelques Nostochineés. Mém. Soc. imp. sc. nat. Cherbourg V. Aug. 57*) beruht bekanntlich darauf, dass die in einer gemeinschaftlichen Gallert eingebetteten Fäden mittelst contractiler Bewegungen aus dieser auswandern; die Gallert selbst ist nichts weiter als die zu formloser Substanz aufgequollenen Scheiden der Fäden und man erkennt durch Erhärtung einer *Nostoc*-Kugel in Alcohol leicht deren Zusammensetzung aus dicht an einander gepressten Gallert-Cylindern, welche die einzelnen Rosenkranz-Fäden umhüllen; ebenso ist die Gallert von *Rivularia* aus den vorzugsweise am oberen Fadenende aufgequollenen Scheiden hervorgegangen. In den aus ihren Gallert-Scheiden ins Wasser herausgetretenen *Nostoc*-Fäden dehnen sich die einzelnen Glieder zuerst der Quere nach scheibenförmig, theilen sich dann mittelst einer oder zweier durch die Längsachse gelegter, rechtwinklich sich kreuzender Scheidewände, jedes in 2 — 4 Stücke, welche sich bald zu kuglichen Gonidien abrunden; schliesslich ordnen sich alle Gonidien in eine Reihe und vereinigen sich zu einem einzigen gewundenen *Nostoc*-Faden. Der einzige Unterschied dieser Entwicklung von der unserer

Crenothrix beruht, abgesehen von dem Mangel der Grenzzellen, hauptsächlich auf der völligen Isolirung der Gonidien bei letzterer Art, bei welcher die Fäden erst nachträglich aus der successiven Quertheilung der Gonidien hervorgehen.

18. In meinen „Beiträgen zur Physiologie der Phycochromaceen und Florideen“ habe ich die Ansicht ausgesprochen, dass die ersteren, gewöhnlich als Chroococcaceen, Oscillarineen oder Nostocaceen bezeichnet, sich als niedrigste Stufe zunächst an die Florideen anschliessen, mit denen sie als auszeichnendes Merkmal Fortpflanzungszellen ohne bewegliche Geisseln — im Gegensatz zu den Zoosporen der Chlorosporeae und Phaeosporeae — gemein haben. Unsere Gattung *Crenothrix* bietet ein neues Verbindungsglied zwischen den beiden Klassen, indem sie zunächst an die Florideen-Gattung *Bangia* sich anreihet. In meinem oben citirten Aufsatze (Archiv f. mikrosk. Anat. Band III. Tab. II. Fig. 5) habe ich gezeigt, dass die aus einreihigen Zellen gebildeten Fäden einer marinen *Bangia* (*B. subaequalis* Kg.) durch Aufschwellen der Scheide zu einem keulenförmigen Sporangium sich umbilden, während die Zellinhalte, ungetheilt oder durch succedane Längsscheidewände verdoppelt und vervierfacht, zu kugligen oder eiförmigen Gonidien sich abrunden und aus der Scheide heraustretend, im Wasser sofort zu einem neuen Faden auskeimen, der oft mit dem einen Ende sich an den Mutter-Faden anheftet. Die Analogie dieser Entwicklungsgeschichte mit der von *Crenothrix* leuchtet ohne Weiteres ein. Wenn Solier und Derbès in ihrem preisgekrönten *Memoire sur la Physiologie des Algues* (Supplem. aux Compt. rend. de l'Acad. de scienc. I. p. 64, Tab. 16. Fig. 13—19 und Tab. 23. Fig. 1—3) von *Bangia lutea* und *fusco purpurea* berichten, dass diese Algen sich noch auf eine zweite Weise fortpflanzen und zwar durch eine Theilung der Zellen in sehr zahlreiche kleine Kügelchen, so sind diese letzteren zwar von den Autoren selbst als lebhaft beweglich und mit einer Geissel versehen beschrieben und für Antherozoiden einer männlichen Pflanze angesehen worden; mir selbst scheinen diese Körperchen, welche auch Thuret als bewegungslose Spermatien betrachtet — da die angebliche hüpfende Bewegung wohl auf eine Verwechslung mit Monaden oder Chytridien-Zoosporen zurückzuführen ist — mit den Microgonidien von *Crenothrix* die grösste Analogie zu zeigen. Die Gattungen *Oscillaria*, *Lyngbya*, *Crenothrix*, *Bangia* bilden, wie ich glaube, eine natürliche Reihe, welche die Oscillarieen mit den Florideen verknüpft.

19. Noch muss ich schliesslich eine auffallende Aehnlichkeit, wenn auch vielleicht nicht Verwandtschaft, der Gonidien von *Crenothrix* mit gewissen Schizomyceten und farblosen Palmellen hervorheben, durch

welche die sichere Feststellung ihrer Entwicklungsgeschichte in eigenthümlicher Weise erschwert wird. Bekanntlich werden unter dem Namen Bacterien eine Menge von farblosen, meist ausserordentlich kleinen, kugligen ovalen oder kurz cylindrischen Zellen zusammengefasst, welche vermuthlich zu verschiedenen Gattungen und Arten gehören, aber mit unseren optischen Hilfsmitteln nicht sicher unterschieden werden können, sich in gährungsfähigen Flüssigkeiten oder auch in der Luft an der Oberfläche faulender Körper entwickeln und offenbar sich auf Kosten dieser Substanzen, deren Zersetzung sie veranlassen, ernähren und oft in unendlicher Zahl vermehren.

Wir finden diese Bacterienformen in gewissen Entwicklungszuständen zu Palmellenartigen farblosen Gallertmassen (*Zoogloea*) verbunden, aus denen sie durch Lösung der Zwischenzellsubstanz als freie Zellen wieder austreten können. Solche Zoogloeagallert ist nicht nur bei der gemeinsten und kleinsten Bacterienform beobachtet, welche als *Bacterium Termo Duj.* bezeichnet wird; ich habe auch in dem nämlichen Brunnenwasser, in welchem ich die *Crenothrix* auffand, farblose Gallertmassen beobachtet, wo stabförmige, 5,25 Mikrom. lange und etwa den vierten Theil so breite, einfache oder zu Doppelstäbchen verbundene Zellen mit dunkelkörnigem Inhalt in wasserheller Gallert ziemlich locker eingelagert waren; während der Beobachtung fingen zu meiner Ueberraschung einzelne dieser stabförmigen Zellen innerhalb der Gallert an sich zu drehen, in ununterbrochener, gewissermassen bohrender Rotation; plötzlich schwammen sie aus der umhüllenden Gallert eine kurze Strecke heraus, kehrten dann um und schwammen wieder zurück; nunmehr zeigten sie die bekannte Form und Bewegung der von Ehrenberg als *Vibrio Lineola* bezeichneten Körperchen; hierdurch wurde festgestellt, dass auch *Vibrio Lineola* einen Zoogloea-zustand besitzt. Die als Bacterien hier zusammengefassten Zellen sind in freiem Zustande zwar meist in eigenthümlicher Weise und oft ausserordentlich lebhaft bewegt; es fehlt aber auch nicht an unbeweglichen oder doch sehr langsam bewegten Zuständen (Bacteridien); charakteristisch ist aber für alle diese Formen, dass sie stets in Quertheilung angetroffen, und daher in der Mitte eingeschnürt auch wohl zu 2, 4—8 aneinander hängend angetroffen werden. Die isolirten Microgonidien unserer *Crenothrix* ähneln nun gewissen grösseren unbeweglichen Bacterienzellen, welche sich gleichzeitig in dem Brunnenwasser fanden, um so mehr, als dieselben, wie ich oben bemerkte, auch meist in der Quertheilung begriffen und daher eingeschnürt sind. Die Microgonidienhaufen endlich, welche oft zu Millionen in der Umgegend eines *Crenothrix*räschen zusammengelagert und anscheinend auch durch Zwischensubstanz

verbunden sind (Fig. 18 unserer Tafel), zeigen eine so überraschende Aehnlichkeit mit den Zoogloeaformen der Bakterien, oder wenn man will mit farblosen kleinzelligen Palmellen, dass eine Verwechselung leicht ist, ohne dass ich deshalb einen entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang dieser Formen behaupten will.

Es könnte schliesslich noch die Frage aufgeworfen werden, ob der *Crenothrix*, die wir, wenn auch nur spärlich, in verschiedenen zum Theil sehr verderbten Brunnen aufgefunden haben, ein Einfluss auf den Gesundheitszustand zugeschrieben werden darf. Ich kann darauf nur erwiedern, dass mir keine Thatsache bekannt ist, welche zu einer Antwort auf diese Frage berechtigte.

20. Die Diagnose der neuen Gattung und Art, mit welcher dieser Aufsatz sich beschäftigt, habe ich folgender Massen gefasst:

***Crenothrix* n. g.**

Trichomata plus minus stricta arcuata vel contorta in caespitulos libere natantes intricata libera vel alia aliis affixa, in modum Oscillariarum cylindrica elongate filiformia basi tenuissima sursum paulatim incrassata subulata vel subclavata divisione transversa succedanea articulata vaginata hyalina, cellularum plasmate homoganeo intus saepe cavo non granuloso, vagina tenerrima hyalina demum indurata nec non ferro intussuscepto flava.

Sporangia terminalia apice trichomatum vagina intumesciente elongato-claviformia, gonidiis subglobosis numerosissimis densissime repleta; gonidia duplicis generis, saepissime in filis diversis formata:

1) *Microgonidia, e serie cellularum divisione longitudinali et transversa succedanea multi-partitarum orta, rotundata et diaphragmatibus ruptis in sporangium terminale densissime congesta, demum ex apice vaginae erumpentia, in aqua motu lento circumvoluta secedentia vel in cumulos gelatinosos Zoogloeis consimiles coacervata, ciliis destituta globosa ovalia elliptica tranverse plus minus constricta vel divisa, demum in trichomata evoluta.*

2) *Macrogonidia, singula e cellulae contento toto indiviso, vel bi-vel quadripartito orta rotundata, ex apice vaginae vix inflatae erumpentia secedentia, motu forma microgonidiis similia sed majora et minus numerosa, demum germinantia.*

Sporae?, ex articulo trichomatis terminali elongata aucto formata plasmate denso repleta, quod e vagina erumpere et in trichoma Oscillariaeforme evolvi videtur.

Genus inter Lyngbyam et Chamaesiphonem intermedium nec non ad Bangias accedens Oscillarieas cum Florideis connectit.

C. polyspora n. s. caespitulis minutissimis flavo-brunneis in aqua libere natantibus, trichomatibus hyalinis longissimis, 0,0015—0,005^{mm}. crassis, articulis aequi-longis vel duplo longioribus vel dimidio brevioribus, sporangiis subclavatis 0,006—0,009^{mm}. crassis, microgonidiis 0,001—0,002^{mm}., macrogonidiis ad 0,005^{mm}. latis, sporis terminalibus ad 0,026^{mm}. longis.

Observ. in aqua puteali Wratislaviae et ad fontes Cudovanos. 1870.

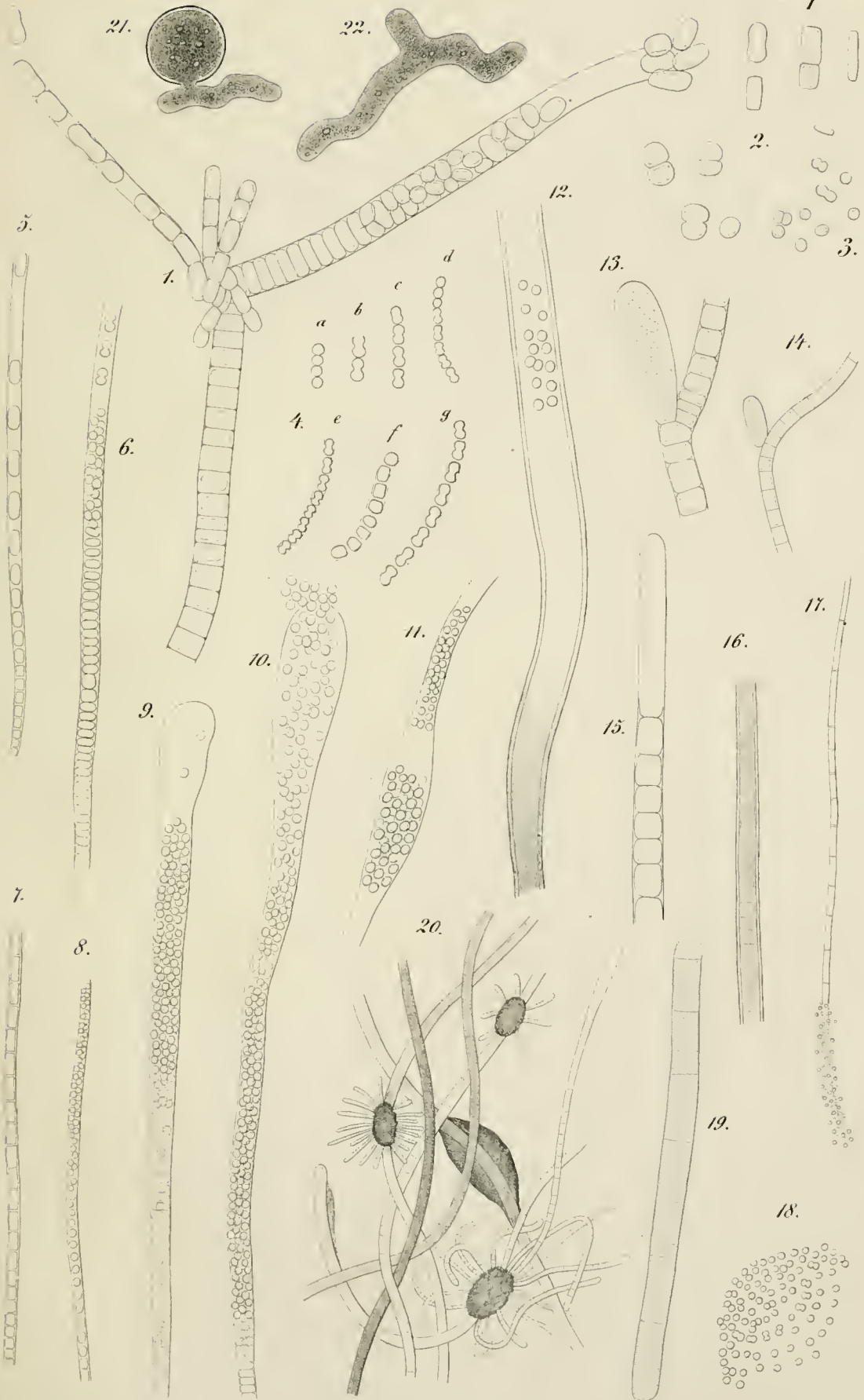
Erklärung der Abbildungen.

Tab. VI.

Fig. 1—20. *Crenothrix polyspora*.

Vergrosserung von Fig. 1. 2. 13. 15. 800, der übrigen Figuren 500.

- Fig. 1. Ein Faden mit Macrogonidienbildung durch Theilung der Zellen in 2—4; in mehreren anhaftenden dünneren Fäden beginnt zum Theil auch Macrogonidienbildung aus dem Vollinhalt der Zellen.
- Fig. 2. Ausgetretene Macrogonidien, zum Theil in der Mitte eingeschnürt oder quergetheilt.
- Fig. 3. Ausgetretene Microgonidien; einzelne quergetheilt.
- Fig. 4. Kurze Fäden aus rundlichen quergetheilten farblosen Zellen, anscheinend aus keimten Gonidien hervorgegangen.
- Fig. 5. Ein dünner *Crenothrix*faden, dessen Zellen einzeln als Macrogonidien austreten.
- Fig. 6. Ein ebensolcher, mit Zweitheilung im obern Ende, während tiefer die ungetheilten Zellen als Macrogonidien austreten.
- Fig. 7. Ein dünnes Fadenstück, steril, mit ungleicher Länge der Zellen.
- Fig. 8. Ein ebensolches, aber in Gonidienbildung begriffen ohne Anschwellung der Scheide.
- Fig. 9. Ein Faden, dessen Scheide nach oben keulenförmig verdickt zu einem Sporangium wird, das mit Microgonidien erfüllt, an der Spitze bereits entleert ist. Im untern Theile des Fadens bilden sich einzelne Zellreihen durch Theilung zu Gonidien um, während andere ungetheilt bleiben.
- Fig. 10. Ein anderer *Crenothrix*faden mit stark aufgeschwollener Scheide, die sich bis in grosse Tiefe mit Microgonidien gefüllt hat.
- Fig. 11. Ein Sporangium in der Mitte bandförmig verbreitert.
- Fig. 12. Eine keulenförmige Scheide, mit dickerer Membran, am Grunde gelb gefärbt.
- Fig. 13. Ein stärkerer *Crenothrix*faden mit einer grösseren eiförmigen seitlich ansitzenden Zelle (Spore?).
- Fig. 14. Ein eben solcher aber schwächerer Faden.
- Fig. 15. Ein Faden mit sehr verlängerter Endzelle (Spore?).
- Fig. 16. Eine leere gelbe Scheide, aus welcher der Faden ausgetreten.
- Fig. 17. Ein sehr dünner Faden, nur am Grunde von einer gallertartig aufgequollenen Scheide umgeben.
- Fig. 18. Microgonidienhaufen, anscheinend durch schleimige Intercellularsubstanz nach Art von *Zoogloea* zusammengehalten.
- Fig. 19. Ein oscillarienartig bewegter farbloser kurzer Faden, vielleicht aus einer Spore (Fig. 13—15) hervorgegangen.
- Fig. 20. Ein kleiner Rasen von *Crenothrix*, dessen Scheiden zum Theil gelb gefärbt und von einer goldgelben klaren öartigen Substanz stellenweise eingehüllt; an einzelnen Stellen sprossen strahlige Bündel von dünnen *Crenothrix*fäden, welche aus keimten Microgonidien hervorgegangen sind.



F. Cohn ad nat. del.

Crenothrix polyspora C.

A. Assmann lith.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1870

Band/Volume: [1_1](#)

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

Artikel/Article: [Ueber den Brunnenfaden \(Crenothrix polyspora\) 107-131](#)