

# Von freilebenden Wasserbakterien und -spirochäten aus Weimars Umgebung.

Mit 62 Originalaufnahmen auf 9 Tafeln und 12 Sammelabbildungen  
mit vielen Einzelfiguren im Text.

Von Oberlehrer i. R. Edm. Reukauf, Weimar.

## Vorwort\*).

Bei meiner nunmehr über 40 jährigen eingehenderen Befassung mit den mikroskopischen pflanzlichen und tierischen Süßwasserbewohnern habe ich mich namentlich in der ersten Zeit nach dem Weltkrieg unter gleichzeitiger Anfertigung von zahlreichen Mikroaufnahmen und vielen hundert Zeichnungen besonders auch den obengenannten Kleinwesen gewidmet, und zwar schon deshalb, weil in den durch die Weltkriegsverhältnisse vielfach stark vernachlässigten Gewässern damals außergewöhnlich günstige Umstände für gesteigertes Auftreten und somit auch gute Gelegenheit zu leichter Beschaffung von Untersuchungsmaterial gegeben war. Wenn es mir nun auch zunächst nur wenig ratsam erschien, der wiederholten Anregung der Schriftleitung zu entsprechen, doch in den „Mitteilungen“ unsers Vereins in Wort und Bild über meine diesbezüglichen Beobachtungen ausführlicher zu berichten — weil mir für die doch wohl nur zu einem kleinern Teil mikroskopierenden Leser der Gegenstand nicht anziehend genug vorkam —, so habe ich mich zuletzt doch noch dazu entschlossen, muß aber gleich von vornherein um gütige Nachsicht bitten, wenn ich dabei nicht alle Erwartungen erfülle. Es soll nämlich in der Arbeit kein wissenschaftliches Bestimmungswerk geboten werden, für dessen Abfassung ich auch viel zu wenig Systematiker wäre, sondern ich werde in möglichst einfacher und auch den noch nicht weiter sachkundigen Lesern hoffentlich leicht verständlicher Weise in der Hauptsache nur über solche Formen berichten, die mich selbst in besonderem Maße gefesselt haben, und zwar weniger durch ihren feineren Innenaufbau, als vielmehr durch ihre Lebensäußerungen, weshalb denn auch die gebotenen mikroskopischen Aufnahmen und die

---

\*) Inhaltsübersicht siehe Seite 98.

zeichnerischen Darstellungen nicht nach umständlich und färbetechnisch kunstvoll hergestellten Dauerpräparaten, sondern nur möglichst lebenswahr nach im allgemeinen einfachst ausgeführter und das natürliche Aussehen der Objekte kaum oder gar nicht beeinflussender Zurichtung, wenn nicht direkt nach dem Leben angefertigt worden sind. Dabei dürfen aber auch die Zeichnungen trotz ihrer vielfach nur den Umriss andeutenden Einfachheit ebenso als „Natururkunden“ angesprochen werden wie die Photos, da sie sämtlich mittelst Zeichenapparats bei genauer Festlegung der jeweiligen Vergrößerung gewonnen wurden, so daß die wirkliche Größe der wiedergegebenen Objekte in Mikro- oder Tausendstelmillimetern — bezeichnet mit  $\mu$  — durch Division der gemessenen Figurenlänge bzw. -breite mit der dafür angegebenen Vergrößerungszahl (als solche wurde zur Erleichterung der Berechnung vorwiegend 1000 gewählt) jederzeit leicht bestimmt werden kann.

Um auch den „Nichtbakteriologen“ meine Darbietungen möglichst schmackhaft und gut verständlich zu machen, gebe ich zunächst an Hand der ersten drei Tafeln eine einführende Übersicht über die in Betracht kommenden bakteriellen Erscheinungsformen nebst einer Erklärung der gebräuchlichen Fachausdrücke, um dann erst zur Besprechung der Einzelobjekte überzugehen, wobei ich aber auch immer nur das besonders hervorheben werde, was vielleicht einigen Anspruch auf allgemeineres Interesse erheben darf; für die eine und andere der hierbei nur angeschnittenen Fragen behalte ich mir auf später noch eine eingehendere Behandlung an anderer Stelle vor. Auf die ersten 18 Photos (im Text bezeichnet als Bilder) brauche ich einzeln nicht ausführlicher einzugehen, da sie ja in der Zusammenstellung ihrer Erklärungen wohl schon hinreichend erläutert werden; die Textabbildungen (bezeichnet mit Abb.) aber bedürfen keiner besonderen Unterschriften, da sie in den Ausführungen ihre Erklärung finden und nur noch die Angabe der jeweiligen Vergrößerungen benötigen, die im allgemeinen meist übereinstimmen und nur für die hierzu gekennzeichneten Figuren noch besonders angegeben sind.

Das Untersuchungsmaterial haben mir neben der vor Einrichtung der neuen Kläranlage unterhalb Weimars überaus stark verschmutzten Ilm hauptsächlich die Belvederer und noch einige andere kleine Teiche sowie verschiedene Wiesengräben in Weimars näherer Umgebung geliefert, doch wurde es gewöhnlich nicht sofort verarbeitet, sondern meist erst nach tage- oder auch wochenlangem Stehenlassen in größeren und kleineren Konserven- oder Honiggläsern, also in „Rohkulturen“, ohne

irgendwelchen künstlichen Zusatz. Mit der Anlegung von „Reinkulturen“ habe ich mich dabei aus Mangel an der hierzu nötigen Zeit gar nicht erst befaßt. Meine Arbeit, die natürlich dem Kenner den Verfasser ohne weiteres als „Nurliebhaber“ verraten wird, mag deshalb manchem Leser vielleicht als nicht wissenschaftlich genug erscheinen; ich hoffe aber dennoch, daß sie auch für den Fachmann in der und jener Beziehung noch von einigem Interesse sein werde, zumal sie auch manche Angaben enthält, worüber meines Wissens bis jetzt nur wenig oder noch gar nichts Genaueres bekannt geworden ist. Allerdings habe ich die Fachliteratur der neueren Zeit leider nicht mehr in der wünschenswerten Weise verfolgen können.

### **Verschiedenartige Erscheinungsformen der Wasserbakterien im allgemeinen.**

Bei den für uns in Betracht kommenden Formen der nach ihrer Vermehrungsweise durch einfache Teilung oder „Spaltung“ so benannten „Schizomyzeten“ oder „Spaltpilze“ unterscheiden wir zunächst einmal Stäbchen und Kugeln, und unter ersteren wieder gerade („Bakterien“ oder „Bazillen“, Bild 1 u. 2) und längere („Spirillen“, Bild 3 u. 4) oder kürzere („Mikrospiren“ oder „Vibrionen“, Bild 5) schraubig gedrehte. Die Kugelformen oder „Kokken“ können auftreten als durch einfache Querteilung sich vermehrende Kleinkugeln oder „Mikrokokken“, die nun wieder einzeln oder doppelt als „Mono-“ und „Diplokokken“ oder aber auch in verschiedenartigen Verbänden vorkommen können, und zwar als „Trauben-“ oder „Staphylokokken“ (Bild 6), „Tafel-“ oder „Pediokokken“ (Bild 10), „Ketten-“ oder „Streptokokken“ (Bild 11 und 12) und paketartig zusammenliegende, durch Teilung in verschiedenen Richtungen entstandene „Sarzinaformen“ (Bild 13). — Die Stäbchen können auch zu kürzeren oder längeren Fäden vereinigt sein, die nun als „Fadenbakterien“ bezeichnet werden und dabei nackt (Bild 14 und 19) oder auch mit einem mehr oder weniger starken gemeinsamen Gallertmantel umhüllt sind (Bild 37 u. Abb. 6), in welchem Falle sie dann als „Scheiden-“ oder „Chlamydobakterien“ von den ersteren unterschieden werden. — Zeiten ungünstiger Lebensverhältnisse werden wohl von den meisten Spaltpilzarten dadurch überstanden, daß sie ihren plasmatischen Inhalt zu gewöhnlich länglichrunden Dauerformen zusammenziehen, den gegen Austrocknung wie auch gegen Hitze und Kälte sehr widerstandsfähigen „Sporen“ (Bild 15 u. Abb. 8), die dann bei Wiedereintritt günstiger Bedingungen bald wieder zu neuen

Bakterien auskeimen. — Einigen Schutz gewährt aber manchen Wasserbakterien auch schon eine dünnere oder dickere Gallerthülle, wodurch sie dann auch in verschiedenartig gestalteten größeren Verbänden zusammengehalten werden können, die mit der Bezeichnung „Zooglä“, das heißt Tierschleim, belegt worden sind (Bild 16 — 18), da man die Spaltpilze wegen der vielfach an ihnen zu beobachtenden Beweglichkeit ursprünglich dem Tierreich zugezählt hat.

## Schwefelbakterien.

### Farblose Formen.

Und nun wollen wir uns zunächst einem in gar mancher Hinsicht interessanten Fadenbakterium zuwenden, dessen reichliches Vorhandensein in unsaubern Gewässern auch schon jedem aufmerksamen Spaziergänger — besonders im Spätherbst und Frühjahr — in die Augen fallen muß, und zwar dadurch, daß es dann den dunkeln Schlammgrund oder die ihn bedeckenden faulenden Blätter vielfach mit einem weißen, spinnwebartigen Schleier überzieht. Es ist der sogenannte „Schwefelfaden“, dem vor etwa 100 Jahren in Vicenza lebenden Arzt *Beggiato* zu Ehren *Beggiatoa* benannt, wovon uns in Bild 19 ein paar ungleichstarke Stücke neben einem ihnen zwar auch ähnlichen, aber doch nicht gleichzustellenden Fadenteil einer farblosen Vertreterin der sonst in der Regel blaugrün gefärbten „Blualgen“ oder „Zyanophyteen“, wegen ihrer bakterienartigen Vermehrungsteilung auch „Spaltalgen“ oder „Schizophyteen“ genannt, in stärkerer Vergrößerung vorgeführt werden. (Es handelt sich bei der letztgenannten Form um einen wegen seiner pendelartigen Schwingungen sogenannten „Schwingfaden“ oder eine „Oszillatorie“, die zwar auch in geringem Maße Schwefel enthält und auch in ihren Bewegungen und der Art ihrer Vermehrung den Schwefelfäden gleicht, aber wegen ihres inneren Aufbaus doch nicht den Spaltpilzen, sondern eben den diesen gewiß sehr nahe verwandten Spaltalgen zugerechnet werden muß und wohl als ein Übergangsglied zwischen diesen beiden Lebensformen angesprochen werden kann.)

Die hauptsächlich nach ihrer sehr unterschiedlichen Dicke in mehrere Arten eingeteilten „Schwefelfäden“, deren häufigste Form die mittelstarke *Beggiatoa alba* ist, haben ihre Bezeichnung — ebenso wie die „Schwefelbakterien“ überhaupt — daher, daß sie den aus unsauberen Gewässern — oder auch aus Schwefelquellen — aufgenommenen übelriechenden Schwefelwasserstoff zu Schwefel oxydieren und diesen in Gestalt kleinerer oder größerer Kügelchen mit dickflüssigem



Inhalt in ihrem Plasma aufspeichern, um hier die Oxydation zu schwefelsauren Salzen fortzusetzen und diese dann an das Wasser wieder abzugeben. Sie spielen also durch ihren höchst eigenartigen Stoffwechsel für die „biologische Selbstreinigung“ verschmutzter Gewässer eine sehr bedeutungsvolle Rolle. Steht ihnen nur wenig oder gar kein Schwefelwasserstoff mehr zur Verfügung, müssen sie also an „Schwefelhunger“ leiden, so ist die Folge davon, daß die eingelagerten Schwefeltröpfchen

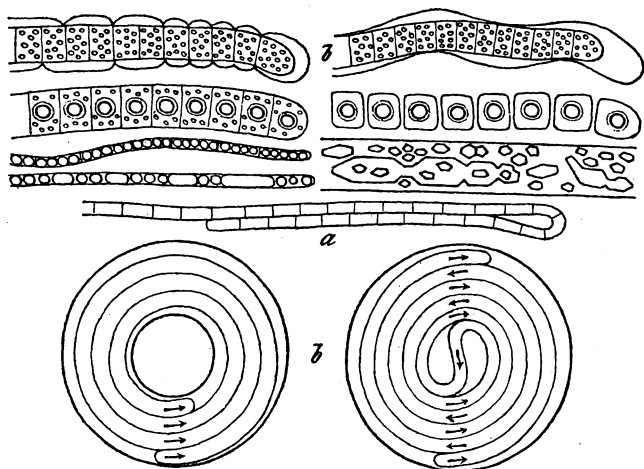


Abb. 1. Vergrößerung bei a = 600 $\times$ , b = 750 $\times$ , sonst = 1000 $\times$ .

mehr und mehr verkleinert und verringert werden und schließlich ganz verschwinden. Nunmehr erst läßt sich auch schon im Leben die innere Gliederung der Schwefelfäden in die sie zusammensetzenden Einzelzellen meist deutlich erkennen, was vorher, bei „Schwefelsättigung“, gewöhnlich nur schwer oder überhaupt nicht möglich war. Es können aber die Zellengrenzwände auch durch Farbstoffe sichtbar gemacht werden, so durch Zusatz von Karbolfuchsin oder auch Jodjodkalium, wodurch gleichzeitig der Plasmakörper infolge Wasserentzugs zum Schrumpfen gebracht oder „plasmolysiert“, die dabei sich aufblähende Membran aber mehr oder weniger abgehoben wird (Abb. 1, oberste Reihe).

In einer Winterkultur konnte ich nun aber anfangs Februar 1934 noch folgende gewiß bemerkenswerte Beobachtung machen: Da entwickelte sich in jeder Zelle von *Beggiatoa alba* bei allmählichem Schwund der Schwefeleinlagerungen innerhalb einer Flüssigkeitsvakuole eine größere farblose Kugel, die aber nicht aus Schwefel bestand und wie dieser durch Alko-

hol gelöst werden konnte, sondern sich nach voller Ausbildung als sehr widerstandsfähig erwies und bei Zerfall der Fäden (Abb. 1, zweite Reihe) frei wurde und dann in großer Zahl im Bodenbelag des Kulturglases zu finden war. Wenn ich mir auch über diese eigenartigen Gebilde keine volle Klarheit verschaffen und sie vor allem auch nicht zum Auskeimen bringen konnte, so glaube ich doch in der auffallenden Erscheinung nichts anderes als Sporenbildung vermuten zu dürfen, zumal es ja doch wohl außer Zweifel steht, daß auch die Schwefelbakterien imstande sein müssen, Dauerformen zu entwickeln. Leider ist mir ein derartiges Vorkommen später nicht wieder begegnet.

Wohl aber konnte ich — und zwar nun besonders im Frühjahr — an einer etwas dünneren *Begg.*-Art mit großer Spannung öfters einen sonderbaren Vorgang verfolgen, der durch die Bilder 27 u. 28 wie auch die beiden untersten Figuren in Abb. 2 veranschaulicht, aber erst dann ausführlicher beschrieben werden soll, nachdem vorher noch einiges über die Schwefelfäden im allgemeinen gesagt worden ist.

Wie schon erwähnt, sind sie von sehr verschiedener Stärke, und hienach hauptsächlich werden auch die einzelnen Arten, die uns aber hier nicht weiter beschäftigen sollen, gegeneinander abgegrenzt; die Menge und die Größe der Schwefeleinlagerungen spielen dabei heute nicht mehr, wie früher, eine ausschlaggebende Rolle. Namentlich in den dünneren Fäden wird oft soviel Schwefel aufgespeichert, daß sie geradezu wie damit vollgepfropft erscheinen und zuweilen sogar die Kugeln zu mehr oder weniger ausgedehnten Zusammenschlüssen vereinigt worden sind (siehe Abb. 1, Mitte links).

Wird einem Frischpräparat von dickeren Fäden verdünnter Alkohol zugeführt, so lassen sich im Mikroskop sehr gut die Lösung und das Auskristallisieren des Schwefels und dabei oft auch das Ansetzen der Kristalle an der Außenwand und ihr Wachsen beobachten (Abb. 1, Mitte rechts).

Die im allgemeinen ohne Gegensatz von Basis und Spitze gleichmäßig ausgebildeten Fäden (nur die starke Form *Begg. arachnoidea* macht hiervon zuweilen eine Ausnahme, siehe Bild 20) sind nach beiden Enden hin mehr oder weniger rasch beweglich, wobei sie, wenn nicht gerade ausgestreckt, sondern — wie gewöhnlich — gebogen, auch pendelartige Schwingungen auszuführen scheinen. Dies ist aber dann nur eine Folgewirkung ihrer mit der Fortbewegung in der Regel noch verknüpften schnelleren oder langsameren Achsendrehung, und zwar erfolgt diese stets im botanischen Sinne nach rechts, im physikalischen aber nach links

herum. (Dazu sei gleich hier noch bemerkt, daß im folgenden immer unter Rechtsdrehung bzw. -windung eine solche im physikalischen Sinne, also nach Art eines Korkziehers oder einer Holzschraube, unter Linksdrehung aber die entgegengesetzte verstanden werden soll.) Die Fortbewegung der jeglicher Bewegungsorganellen ermangelnden Fäden aber kann nur dadurch erfolgen, daß sie an ihrer Oberfläche einen klebrigen Schleim ausscheiden, der sich je nach Bedarf nach dem einen oder andern Ende hin verschiebt und dadurch den Faden in den Stand setzt, auf einer Unterlage oder in einer sonst genügend Widerstand leistenden Umgebung in entgegengesetzter Richtung fortzukriechen bzw. sich vor- oder auch zurückzuschrauben. Von der Verschiebung der nur dünnen und für gewöhnlich gar nicht erkennbaren oberflächlichen Schleimschicht aber kann man sich leicht durch den Zusatz biologischer, also ungiftiger Tusche überzeugen. Dann werden nämlich von deren winzigen Teilchen um den Faden Ringe oder auch Spiralen gebildet, die sich darauf abwechselnd hin und her verschieben; doch geschieht dies nicht etwa immer gleichmäßig in nur einer Richtung, sondern zwei solcher Tuscheringe können sich auch voneinander weg- oder zueinander hinbewegen, um sich im letzteren Falle auch schließlich zu vereinigen. So wird man denn zu der Annahme geführt, daß sich die Verschiebung der Gallerte nicht ohne Regelung vollzieht, und je nachdem nun die eine oder andere Richtung auf dem ganzen Faden oder auch nur auf größeren Teilstücken davon vorherrscht und also den meisten Widerstand findet, erfolgt die entgegengesetzte Fortbewegung bald nach der, bald nach jener Seite hin. Dadurch wird es aber auch ermöglicht, daß sich zum Beispiel ein zu einer schmalen Schleife umgebogener Faden, wie in Abb. 1 Mitte, nicht nur in seinen beiden Teilen gegeneinander, sondern auch in seiner Ganzheit abwechselnd vor- und zurückbewegen kann, ohne dabei die Öse irgendwie zu verändern. Aber nicht nur derartige einfache Schleifen werden gebildet, sondern — durch Umbiegen und Um-einanderschlingen — auch Einzel- oder Doppelzöpfe, wie solche in Bild 21 u. 22 zu sehen sind. Und nicht genug damit, können sogar sehr verwickelte Verschlingungen wie in den Bildern 23—26 zustande gebracht werden, die sich aber ebenso wie die „Zöpfe“ auch wieder ganz von selbst auflösen. Sie verschwinden allmählich dadurch, daß das eine, diesmal also vordere Fadenende sich in abweichender Richtung fortbewegt und damit den übrigen Teil, der aber dabei immer noch in seiner alten Form und Lage verharret, nach sich zieht, bis schließlich, also vom jetzigen Hinterende her beginnend, die ganze Verwicklung entwirrt ist.

Auch Ringspiralen, wie eine solche in Bild 22 mit wiedergegeben ist, werden häufig erzeugt, und an denen einer dünneren *Beggiatoa*-Art konnte ich nun — besonders im Frühjahr — nicht selten die überaus fesselnde Beobachtung machen, daß sie sich abwechselnd bald links-, bald rechtsherum in der angenommenen Form als Ganzes drehten und dabei sowohl nach außen als auch nach innen allmählich eine Schleimhülle von der Gesamtbeschaffenheit eines flachen Hohlringes ausbildeten, wie ein solcher in der ersten der beiden untersten Figuren in Abb. 1 dargestellt ist. Die Fäden kapselten sich also — doch offenbar zum Schutz gegen ungünstige Einflüsse — ein, oder sie „enzystierten“ sich, und wie häufig solche Kapseln oder „Zysten“ zuzeiten zu finden waren, mag aus Bild 27 entnommen werden, das uns solche zahlreich zwischen freien *Beggiatoen* und *Oszillatorien* eingestreut bei nur geringerer Vergrößerung zeigt. Doch auch in der schon fertig angelegten Kapsel konnte ich die wohl zur weiteren Verstärkung fortgesetzten Links- und Rechtsdrehungen manchmal noch mehrere Tage lang verfolgen, bis allmählich endlich Ruhe eintrat, wonach nun der eingelagerte Schwefel mehr und mehr in Lösung überging und schließlich ganz verschwand, um sich aber dann in Form von sehr verschiedenartigen Kristallen wieder auf der Oberfläche der Kapseln oder in deren Umgebung niederzuschlagen (Bild 28). Auch die Bilder 29 u. 30 führen uns noch von Schwefelbakterien herrührende Ablagerungen kristallinischen Schwefels vor Augen.

Nicht selten fanden sich aber unter den Zysten auch solche, die den Anblick der letzten der beiden untersten Figuren in Abb. 1 boten. Diese kommen offenbar dadurch zustande, daß sich ein umgebogener *Beggiatoa*-faden, mit der Schleife voran, zur Spirale aufgerollt hat, und wenn nun die Kapsel ordnungsmäßig, also auch mit Innenöffnung versehen, ausgebildet werden soll, so muß natürlich der Faden erst einmal in gleichmäßige Lage gebracht werden, und dies geschieht dadurch, daß die beiden Fadenenden sich solange aneinander entlang verschieben, bis die Mitte frei ist. Bis dahin aber herrscht in der Zyste noch eine Gegenbewegung, wie sie durch die in die Figur mit eingezeichneten kleinen Pfeile angedeutet ist. Eine solche zentrale Schleifenbildung kann ja aber auch vielleicht von Wert sein für eine anfängliche innere Aussteifung der Spirale bei der Herstellung der äußeren Kapselwand. Die Zysten scheinen übrigens vereinzelt auch ohne Mittelöffnung zu bleiben. Zuweilen vollziehen sich wohl auch Fadenteilungen innerhalb der Zysten, denn in einer vollendeten größeren Ringkapsel konnten auch einmal zwei konzent-

risch ineinanderliegende breite Spiralen von 10 und 12 Umgängen beobachtet werden, die einen ganz besonders fesselnden Anblick boten, wenn sie sich geschlossen in Gegenbewegung befanden. Am nächsten Tage war der eine Faden der bisher gemeinsamen Hülle entschlüpft und hatte sich in deren unmittelbarer Nähe neu enzystiert.

Über die eigentliche Aufgabe dieser Zysten habe ich mir leider keine volle Klarheit verschaffen können; denn wenn ich ja auch wiederholt beobachten konnte, daß der eingeschlossene Faden später in kürzere oder längere unbewegliche Stücke zerfiel, oder auch, daß von dem Faden selbst schließlich gar nichts mehr zu erkennen war und der Zysteninhalte dann nur noch aus ungeformtem körnigen Plasma zu bestehen schien — ähnlich wie bei der später noch etwas näher zu erwähnenden, von manchen andern Bakterienarten bekannten „Symplasma-bildung“ —, so vermag ich doch über das weitere Schicksal der eigenartigen Kapseln noch nichts Gewisses auszusagen. Doch über eine, allerdings nur einmal beobachtete, aber recht merkwürdige Erscheinung sei im Anschluß hieran noch kurz berichtet: Da hatte ein Beggiato-faden um ein abgestorbenes Wimperinfusor (*Holophrya*?) eine Spirale von zwei Umgängen gebildet und auch eine äußere Schleimhülle erzeugt, innerhalb deren sie sich langsam abwechselnd vor- und zurückdrehte, dabei zu jeder Runde 4 bis 5 Minuten benötigend. Bis zum nächsten Tage war der Faden fast auf das Anderthalbfache seiner ursprünglichen Länge angewachsen. Wieder einen Tag später aber war er seiner zurückgelassenen Hülle entschlüpft, und in dieser tummelten sich nun in großer Zahl kleine bewegliche Stäbchenbakterien um den noch vorhandenen Infusorienrest herum. Der Faden hatte also anscheinend geradezu eine „Ernährungs-“ oder „Verdauungszyste“ nach Art mancher Rhizopoden (Wurzelfüßler) oder auch Infusorien unter den einzelligen Tieren gebildet.

Außer den im allgemeinen gleichmäßig starken und freibeweglichen Beggiatoen gibt es nun auch noch eine andere sehr häufige, aber für gewöhnlich festsitzende fädige Form von farblosen Schwefelbakterien, die besonders in unsauberen fließenden Gewässern oft dadurch unsere Aufmerksamkeit erregt, daß sie untergetauchte Wasserpflanzen und Holzstücke oder Steine mit einem mehr oder weniger dichten weißen Rasen oder Filzüberzug bedeckt. Die durch ein kleines Gallertpolster an ihrer Unterlage befestigten und mit einer zarten Gallertscheide versehenen, meist ungleich dicken Fäden sind, ebenso wie die Beggiatoen, unter günstigen Lebensbedingungen auch so dicht mit Schwefeltröpfchen

erfüllt, daß ihre Gliederung in Einzelzellen im Leben kaum oder gar nicht zu erkennen ist. Die dünnen Stäbchen werden aber als solche dann deutlich sichtbar, wenn sie zum Zweck der Vermehrung und Weiterverbreitung am Ende der hier meist verdünnten Fäden langsam aus ihrer Scheide herauskriechen, um sich hierauf an geeigneten Gegenständen ihrer Umgebung — so auch schon an benachbarten Fäden — zuweilen in strahliger Anordnung anzusiedeln und nun durch fortgesetzte Teilung zu neuen Ketten auszuwachsen. Es handelt sich dabei um „Schwefelhaar“- oder *Thiothrix*-Arten, von denen wohl die Form *nivea* die verbreitetste ist. Näheres sei aber über die nicht weiter besonders interessante Gattung, die uns die Bilder 31 bis 33 veranschaulichen sollen, nicht gesagt.

Von den andern auch noch zu den farblosen Schwefelbakterien gerechneten Lebensformen soll aber doch ein etwas absonderliches und in Abb. 2 oben im gewöhnlichen und im Teilungszustande dargestelltes

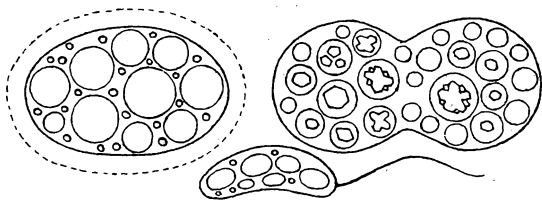


Abb. 2. Vergrößerung = 1000 ×.

Gebilde nicht übergangen werden, nämlich das neben Schwefel besonders auch noch oxalsauren Kalk führende *Achromatium* (= farbloses Wesen) *oxaliferum*, das ich ziemlich häufig mit andern Schwefelbakterien und Blaualgen zusammen gefunden habe. Das wohl eigentlich kaum als richtiges Bakterium anzusprechende, sehr verschieden große und von einer mehr oder weniger starken Gallerthülle umgebene ellipsoidische oder auch kugelige Kleinwesen besitzt zwar auch keine Fortbewegungsorgane, schiebt sich aber doch sehr langsam und schwerfällig wackelnd und dabei sich zuweilen etwas um die Längsachse drehend oder auch sich überschlagend meist ruckweise von der Stelle, und auch diese Bewegungsart kann doch wohl nur — wie bei den beweglichen Schwefel- und Blaualgenfäden oder auch den ortswechselnden Kieselalgen oder Diatomeen — durch oberflächliche äußere Plasmaströmungen in allerdings immer noch recht fragwürdiger Weise bewirkt werden. Die großen kugeligen Hohlräume in den beiden Figuren enthalten oxalsauren Kalk und nur die kleinen dazwischen im Plasma verstreuten Bläschen Schwe-

fel. Man findet aber auch völlig kalk- oder schwefelfreie Stücke, denn der Gehalt an diesen beiden Stoffen ist von dem zur Verfügung stehenden Sauerstoff abhängig. Ist dieser reichlich vorhanden, so sind die Kalkkörper gut, die Schwefeleinschlüsse aber nur mangelhaft entwickelt, während bei Sauerstoffentzug der umgekehrte Fall eintritt. In der zweiten Figur sind von dem Kalk nur noch kristallinische Reste in den großen Höhlungen, Schwefeltröpfchen aber gar nicht mehr zu sehen.

In Gemeinschaft mit der eben beschriebenen Form fand sich nun auch vielfach noch das darunter abgebildete, im Umriss gestreckt elliptische, aber meist etwas bohnenartig gekrümmte, mit einer kräftigen Geißel ausgestattete und dadurch lebhaft bewegliche farblose Kleinwesen vor, das im Innern auch neben kleinen Kügelchen stets noch mattglänzende und etwas bläulich schillernde größere Körper, ähnlich den Kalk-einschlüssen von jener, führt. Seiner ganzen Erscheinung nach möchte man es wohl für das von manchem Forscher vermutungsweise dem Entwicklungsgang von *Achromatium oxaliferum* eingereihte *Achrom. mobile* halten, wenn — ja wenn es nicht bei der Fortbewegung meist die Geißel nach Art der Geißelinfusorien nach vorn anstatt, wie die ähnlich geformten beweglichen rotfarbigen Schwefelbakterien, nach hinten gerichtet trüge. Eine Entscheidung über seine Zugehörigkeit vermag ich nicht zu treffen, da ich hierfür seine Entwicklung noch nicht hinreichend genug verfolgt habe.

#### Rote Schwefelbakterien.

Jetzt aber wollen wir uns doch einmal etwas eingehender mit den soeben erwähnten, sehr verschiedenartigen roten Schwefelbakterien beschäftigen, von denen wir ein buntes Gemisch in Bild 34 erblicken, und die mit noch andern roten, aber schwefelfreien Formen zusammen als „Rhodo-“ oder „Purpurbakterien“ bezeichnet werden. Auch sie, deren unter dem Einfluß des Lichts im Dienste des Stoffwechsels stehende Färbung durch eine „Bakteriopurpurin“ benannte Mischung von vorwiegend rotem „Bakterioerythrin“ und nur wenig grünem „Bakteriochlorin“ bewirkt wird, machen sich bei größerer Ansammlung an gut belichteten Stellen schon dem bloßen Auge mehr oder weniger auffallend bemerkbar, und zwar durch die dann von ihnen verursachte, jedoch in unterschiedlichen Abstufungen in Erscheinung tretende Rot- oder Violettfärbung des Gewässergrundes oder auch des Wassers selbst („rote Wasserblüte“).

Sehr verbreitet und wohl am meisten beteiligt an der eben genannten Erscheinung ist die durch die Bilder 6 bis 9 veranschaulichte Form

*Lamprocystis* (= Glanzblase) *roseo-persicina*, die ihren Gattungsnamen wohl daher hat, daß ihre zunächst in kleineren soliden Ballen vereinigten rundlichen Einzelzellen (Bild 6) später größere und oft zusammenhängende Hohlkugeln (Bild 7) oder Säcke bilden, die aber dann netzartig durchbrochen werden und schließlich in ganz ungleichmäßige durchlöchernte Lappen zerfallen (Bild 8 u. 9), aus denen nun die gewöhnlich noch zu kleineren Gruppen zusammengeschlossenen und durch Geißelausbildung schwärmfähig gewordenen Einzelbakterien frei werden. — Nicht selten ist auch das in Bild 9 u. 10 wiedergegebene „rote Schwefeltäfelchen“, *Thiopedia rosea*, das meist zu zierlichen, regelmäßigen 8-, 16- oder 32-köpfigen und in eine — in den Bildern nicht erkennbare — gemeinsame Gallerthülle eingebetteten Familien vereinigt ist, die aber auch später in ungleichmäßige Stücke und endlich in ihre Einzelzellen zerfallen, welche sich nun mit Hilfe einer inzwischen entwickelten Geißel durch das Wasser fortbewegen können.

Eine recht häufige Art ist auch die in Bild 35 wie auch in Abb. 3 links oben vereinzelt dargestellte, aber auch schon in den Bildern 14 und 34 mit vertretene „blutrote Schwefelschraube“, *Thiospirillum sanguineum*, die am Endpol (im Bilde unten) eine Anzahl meist zu einem dünnen „Schopf“ zusammengedrehter, zarter Geißeln trägt, welche aber, weil nicht erst besonders künstlich gefärbt, in der Aufnahme nicht zu sehen sind. Das Plasma der nach rechts (physikalisch) gedrehten Spirale ist erfüllt mit kleineren und größeren Schwefeltröpfchen, und zwar sind diese in der Regel im Vorderteil, wie ja auch das Bild deutlich zeigt, mehr angehäuft als im Hinterende, was wegen der dadurch dort bewirkten Gewichtssteigerung gewiß für die im Wasser gewöhnlich sehr rasch erfolgende Vorwärtsdrehung nur günstig ist. Es sei aber gleich hier erwähnt, daß sehr oft auch eine plötzlich einsetzende Rückwärtsbewegung zu beobachten ist, die jedoch meist nicht lange anhält. Doch nicht nur im freien Wasser, sondern auch in Gallerte (Zoogläa) vermag sich unser Spirillum nach Art eines Korkziehers gut vor- und zurückzuschrauben, wobei ihm dann freilich seine Geißeln kaum nennenswerte Dienste leisten dürften. Diese sind bei Gebrauch im Wasser während der Vorwärtsbewegung immer nach hinten gerichtet, aber dabei — zur Erhöhung des rückwärtigen Widerstandes — dem Körper und seiner Rechtsdrehung entgegengesetzt gewunden, also nach links. Bei Rückwärtsbewegung wird der von dem Entdecker des zuerst noch dem Tierreich zugewiesenen Kleinwesens als „feiner Rüssel“ bezeichnete Geißelschopf nach vorn umgeschlagen. Die



Strudelwirkung des mit scharfer Optik auch schon am lebenden Objekt (am besten im Dunkelfeld) erkennbaren „lokomotorischen Organells“ läßt sich sehr gut an der Bewegung der feinen schwarzen Körnchen beobachten, wenn man dem Frischpräparat etwas giftfreie biologische Tusche zugesetzt hat.

Natürlich erscheinen die Körper der Einzelbakterien, deren Schwefeltröpfchen übrigens von dem oben erwähnten Entdecker noch als „Magenbläschen“ aufgefaßt wurden, im Mikroskop bei weitem nicht so stark rot gefärbt wie in der Massenansammlung dem bloßen Auge, sondern die Färbung verblaßt mit steigender Vergrößerung immer mehr und scheint schließlich sogar fast ganz zu verschwinden. Das im Bilde wiedergegebene Spirillum ist in „Opalblau“ (nach Prof. Breßlau) liegend aufgenommen worden, das sich auch sonst recht gut zur einfachen Schnellpräparation vieler Bakterien eignet, für die roten Schwefelbakterien aber doch den Nachteil hat, daß dann die Schwefeltröpfchen oft allmählich verschwinden, oder auch, daß sich die Höhlungen, in denen sie liegen, zuweilen mit dem aus dem Plasma austretenden Farbstoff füllen und der Körper dann ganz farblos wird, eine Erscheinung, die sich übrigens auch bei langsamer Erwärmung von Frischpräparaten an manchen der doch hierbei nur in Wasser liegenden Stücke (namentlich bei dem später noch zu besprechenden *Chromatium*) bemerkbar machen kann.

In den uns nun zunächst weiter zur Veranschaulichung dienenden Textabbildungen sind an den Figuren von beweglichen Formen zwecks Raumersparnis die übrigens auch in Wirklichkeit vielfach eingezogenen oder abgeworfenen und also fehlenden Geißeln meist ganz weggelassen oder doch nur in ihren Ansätzen angedeutet worden; ihr jeweiliges Vorhandensein oder Fehlen im Leben ist, wenn nicht besondere Umstände dabei in Betracht kommen, auch im allgemeinen ziemlich belanglos. Trägt aber ein sonst nur einpolig begeißeltes Spirillum, wie das für uns jetzt in Rede stehende, an beiden Enden einen Geißelschopf, so ist das ein Anzeichen bevorstehender Vermehrungsteilung, die natürlich auch hier, wie bei den Stäbchenbakterien, durch fortschreitende Mitteleinschnürung erfolgt. Dabei wird jedoch das ursprünglich keine Geißel führende, jetzt aber eine solche entwickelnde Vorder- zum Hinterende des vordern Teilstücks, und hierfür macht sich dann vorher in der Regel erst eine entsprechende Umlagerung des vorhandenen Schwefelvorrats und doch sicher auch des übrigen Plasmainhalts nötig.

Auch in Abbildung 3 ist, wie schon bemerkt, in der obersten Reihe links ein *Thiospirillum sanguineum* dargestellt, und man ersieht auch hieraus wie aus der Aufnahme in Bild 35, daß beide Enden etwa in Körperbreite abgerundet sind. Nun wird aber neben dieser meist noch eine andere, in der Mitte breitere und besonders an dem geißeltragenden Hinterende mehr oder weniger zugespitzte, zum Vergleich neben jener abgebildete Form unterschieden, die am 18. Sept. 1836 von dem Altmeister der pflanzlichen und tierischen Kleinweltkunde, Gottfried

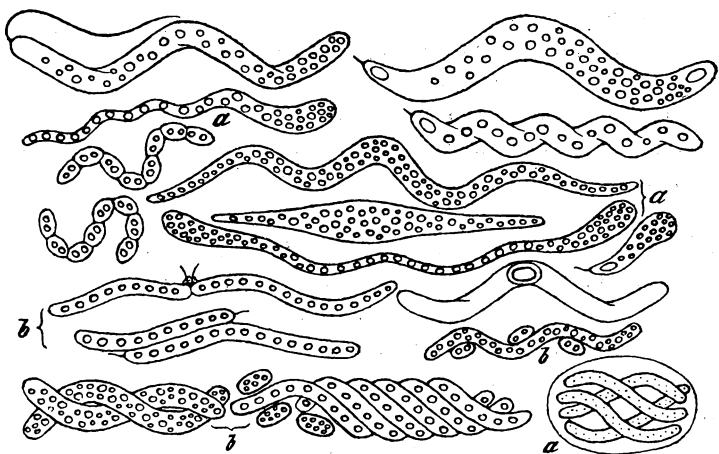


Abb. 3. Vergrößerung bei a = 600 $\times$ , b = 750 $\times$ , sonst = 1000 $\times$ .

Ehrenberg, in einem Bach in Ziegenhain bei Jena zuerst gefunden und zunächst *Ophidomonas jenensis* (= Jenaer „Schlangemonade“) benannt worden ist. Heute wird sie als *Thiospirillum jenense* bezeichnet und soll sich von *sanguineum* außer der etwas abweichenden Form mit ihrem gedrungenen Bau auch durch den Besitz einer nur an einem oder auch an beiden Enden liegenden länglichrunden „Vakuole“ und durch die Art ihrer etwas schwerfälligeren Fortbewegung unterscheiden. Nun, ich habe beide Formen oft nebeneinander vorgefunden und kann die obigen Angaben über *jenense* wohl bestätigen, muß aber doch auch sagen, daß bei der in Abb. 3 darunter durch nur ein paar weitere Figuren angedeuteten Veränderlichkeit es vielfach recht schwer ist, sie gegeneinander abzugrenzen, zumal auch unverkennbare Stücke von *sanguineum* zuweilen ein- oder auch beidpolig eine ovale Vakuole aufweisen können. In der Länge steht *sanguineum* hinter *jenense*, das gewöhnlich als das größte unter den „Mammutbakterien“ (wie man die besonders großen Formen scherzhafterweise genannt hat) an-

gegeben wird, durchaus nicht zurück, ja es scheint dieses darin manchmal sogar noch zu übertreffen; denn während ich als Höchstgrenze für letzteres in meinem Untersuchungsmaterial nur  $80\ \mu$  feststellen konnte, betrug zum Beispiel die Schraubenlänge eines ausgesprochenen *sanguineum* mit acht weiten Vollwindungen nicht weniger als  $175\ \mu$  und die eines andern von nur vier Umgängen auch schon  $120\ \mu$ . Solche Riesenformen entstehen aber wohl nur dadurch, daß einzelne in Gallerte eingelagerte Stücke an den rechtzeitigen Teilungen verhindert worden sind. Sie liegen dann auch meist still oder bewegen sich doch immer nur eine kleinere Strecke vor und zurück, wie denn überhaupt die Geschwindigkeit der Fortbewegung bei den vorliegenden Formen im umgekehrten Verhältnis zur Körpergröße zu stehen scheint.

Die in der Abbildung noch dargestellten Stücke mit auffallend verdickten Enden wie auch das mit wiedergegebene spindelförmige — übrigens vielfach nur unscharf umrissene — *Rhabdochromatium* (= Farbstäbchen) *fusiforme* sind meines Erachtens nichts anderes als durch verschlechterte Lebensbedingungen, wie zum Beispiel in älteren Kulturen, zustandegekommene krankhafte Entartungs- oder „Involutionsformen“, also Zerrgestalten, wie solche auch bei andern Bakterien nicht selten zu beobachten sind. Doch wir kommen später noch einmal hierauf zurück.

Ungünstige Lebensverhältnisse mögen wohl auch den in den beiden Figuren links angedeuteten Zerfall von *sanguineum* in kleine Teilstücke veranlaßt haben, wie ich ihn in länger aufbewahrten Wasserpräparaten beobachten konnte. Ob die besonders in der kalten Jahreszeit häufig vorgefundene auffallend kurze und keulig verdickte Form rechts Mitte etwa mit einem solchen Zerfall in Verbindung zu bringen ist, kann ich nicht sagen. Vielleicht handelt es sich dabei aber auch um einen Entwicklungszustand, der aus Sporen hervorgegangen ist, als welche ich die bei sonstiger Leere der Hülle einige Male in der Mitte normal geformter Stücke eingelagert gefundenen langlichrunden Gebilde anzusprechen geneigt bin, wie ein solches in der Schraube unter der Zwergform eingezeichnet ist. Darunter ist dann auch noch ein etwas kürzeres Stück wiedergegeben, an dem drei kleine ovale, auch rotgefärbte und schwefelführende Körperchen fest angeschmiegt liegen, die aber gewiß nicht als fortpflanzungsfähige „Knospen“, wie solche ähnlich bei manchen andern Bakterienarten vorkommen sollen, sondern nur als einfache „Überpflänzchen“ oder „Epiphyten“, also harmlose „Raumparasiten“ aufzufassen sind.

Während bei der Vermehrungsteilung der Spirillen die beiden Teilstücke meist von gleicher oder doch nur wenig unterschiedlicher Größe sind, traf ich vor zehn Jahren an einem schwülen Augustnachmittag in einer Frischkultur ziemlich viele ungleichgroße Stücke von *sanguineum* in der Verbindung an, wie sie in Abb. 3 links von der sporenführenden(?) Schraube dargestellt ist. Die beiden Partner schienen sich mit den geißeltragenden Hinterenden vereinigt zu haben, wobei an der Verbindungsstelle dann gewöhnlich auch noch äußerlich ein kleines Plasmaklumpchen bemerkbar war. Ob es sich aber dabei um einen Geschlechtsakt handelte, wie es fast den Anschein hatte, vermag ich nicht zu sagen. Sexuelle „Brückenbildung“, wie solche zum Beispiel von dem schwefelführenden Purpurbakterium *Chromatium* bekannt geworden ist, habe ich an *Thiospir. sanguin.* niemals feststellen können, wenn dieses auch öfters für längere Zeit in so engem seitlichen Zusammenschluß angetroffen wurde wie das unter der vorigen Figur dargestellte ungleiche Paar, wobei aber doch immerhin durch langsames Verschieben gegeneinander schließlich eine Verbindung der oben beschriebenen Art zustande gebracht werden könnte.

Durch verklebte Geißeln trotz allen Zappelns andauernd zusammengehaltene kleinere und größere Gruppen von *sanguineum* habe ich häufig gesehen, ebenso wie zopfartig engumschlungene Stücke in der Zweifert (unterste Reihe links) oder auch Mehrzahl, die mir aber nur als durch Vermehrungsteilung oder Zufall zusammengeführt erscheinen. Anders ist es bei solchen längeren Strängen wie in der Mittelfigur der untersten Reihe, worin eine Anzahl eng aneinandergeschmiegtter Spirillen zusammen mit noch einigen Chromatien bei der Verfolgung der Schleimspur eines vorausgegangenen Blaualgenfadens dargestellt sind. Nicht ganz ohne Interesse dürfte übrigens wohl auch die letzte Figur der Abbildung sein, die uns die gleichmäßige Anordnung mehrerer von einem „Pantoffeltierchen“ (einem als eifriger Bakterienvertilger bekannten Wimperinfusor) in einer „Verdauungsvakuole“ gesammelten Beutestücke von *sanguineum* zeigt.

Eine noch viel reichhaltigere Vielgestaltigkeit — „Poly-“ oder „Pleomorphismus“ — als an *Thiospirillum sanguineum* und *jenense* aber konnte ich mehrere Jahre lang in der damals noch sehr unsauberen Ilm unterhalb des Tiefurter Parks bei der dort nach Kleinkromsdorf führenden Holzbrücke verfolgen, und zwar diesmal an einem großen *Chromatium* (= farbiges Wesen), ähnlich dem gleichfalls vom alten Ehrenberg mit *Thiospir. jen.* zusammen in dem schon erwähnten

Ziegenhainer Bach zuerst aufgefundenen und von ihm unter dem Namen *Monas* (= einfaches Wesen) *Okenii* beschriebenen *Chrom. Ok.*, welches letzteres zum Vergleich mit der für uns jetzt in Betracht kommenden Form in Abb. 4 rechts unten im gewöhnlichen Zustand und in beginnender Teilung wiedergegeben ist. An der betreffenden Stelle befand sich eine kleine flache Uferausbuchtung von nur etwa anderthalb Meter Durchmesser, die mir schon immer durch ihren Reichtum an Purpurbakterien aufgefallen war und mich dadurch auch bestimmte, ihr wiederholt Untersuchungsmaterial zu entnehmen und in Rohkulturen weiter-

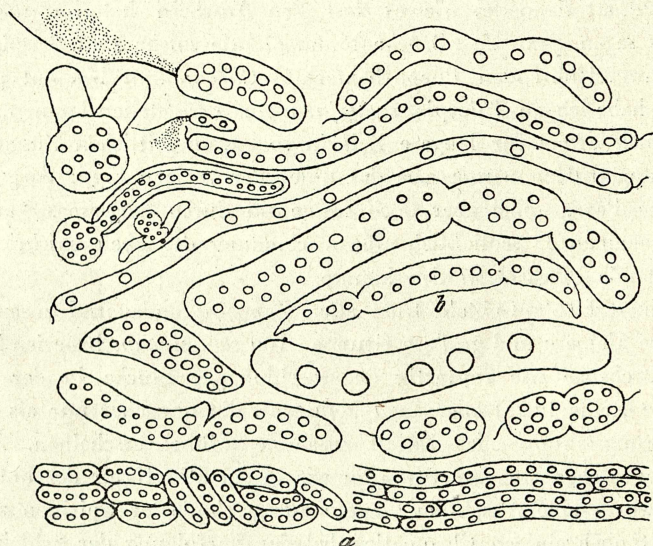


Abb. 4. Vergrößerung bei a = 750 $\times$ , b = 850 $\times$ , sonst = 1000 $\times$ .

zuzüchten, und der Erfolg meiner Bemühungen war ganz überraschend. Da fanden sich die verschiedenartigsten Gestalten, wie sie mir größtenteils bis dahin überhaupt noch nicht begegnet waren, und gerade die auffallendsten unter ihnen, von denen nur einige wenige in Abbildung 4 zusammengestellt sind, erwiesen sich als nichts anderes denn als Umwandlungsformen des links oben wiedergegebenen, meist etwas bohnenartig gebogenen oder wohl besser leicht schraubig gekrümmten Chromatiums, welches man wohl auf den ersten Blick für *Chrom. Okenii* halten konnte, das sich aber doch von diesem schon durch seinen im allgemeinen zwar längeren, jedoch nicht so kräftigen und deshalb im Leben nicht so leicht erkennbaren Geißelschopf unterschied, neben

dem in der Figur auch noch der bei der Einbettung in Opalblau ausgestoßene Schleimstrahl mit angedeutet ist, der aber auch bei der darunter im Teilungszustande mit dargestellten kleinsten *Chromatium*-Art, *Chr. minutissimum*, zu beobachten war. Die übrigen, mehr oder weniger langgestreckten schmälere und dabei oft wellig gebogenen, zum Teil aber auch stark verdickten Gebilde sind alle nur Involutions- oder Zerrformen, von denen die fädigen ohne nähere Untersuchung wohl gar als „rote Beggiatoen“ — freilich ohne innere Zelleinteilung — angesprochen werden könnten, als welche sie denn auch von dem Bakterienforscher Zopf schon im Jahre 1882 wahrscheinlich aufgefaßt worden sind. Ich denke wenigstens, daß es sich dabei um dieselben Erscheinungen handelt, die er damals als *Beggiatoa roseo-persicina* bezeichnet und deren Herkunft er neben *Rhabdochromatium* und noch andern roten Formen auch schon auf *Chromatium* zurückgeführt hat, welche Annahme allerdings von späteren Forschern wieder stark bestritten worden ist. Ich selbst kann also auf Grund eigener Beobachtungen in dieser Beziehung Zopf nur zustimmen und möchte das Zustandekommen der auffallend langen und übrigens auch oft mit zwei Geißeln versehenen Gebilde auch hier, ebenso wie bei *Thiospir. sanguineum* bzw. *jenense*, einfach aus einer Behinderung rechtzeitiger Teilungsmöglichkeit erklären. Sollte sich nun aber die Ausgangsform der von mir in zahlreichen Abänderungen zeichnerisch festgehaltenen „Modifikationen“ wirklich, wie ich es von ihr vermute, als besondere Art feststellen lassen, so würde sie jedenfalls mit vollem Recht Anspruch auf die Bezeichnung als *Chromatium variabile* oder auch *polymorphum* erheben dürfen.

Die drei Figuren oben links in Abb. 4 sollen uns nur einige Beispiele von anscheinend freiwilligem Plasmaaustritt aus den Bakterienhüllen („Plasmoptyse“) vor Augen führen, wie ich ihn zuweilen in aufbewahrten Frischpräparaten von der betreffenden Fundstelle beobachtete, ohne aber Näheres über die Bedeutung dieses Vorgangs sagen zu können. — In der zweituntersten Reihe links ist ein häufig angetroffener Zusammenhang zweier Stücke dargestellt, der wohl als ein Teilungszustand betrachtet werden könnte, wenn nicht der eigentümliche Verlauf der Querwand dagegen spräche und wenn sich nicht wiederholt gezeigt hätte, daß die beiden Partner, anstatt sich schließlich völlig zu trennen, ihre plasmatische Verbindung noch verbreiterten, was am Ende einen geschlechtlichen Vorgang bedeuten könnte, sonst aber doch nur durch ein nachträgliches Wiederauflösen der schon fast vollendeten Teilungsscheidewand sich erklären ließe. Eine Entscheidung hierüber kann ich

wegen unzureichender Weiterverfolgung der eigenartigen Erscheinung nicht geben. Die von *Chrom. Okenii* und auch noch einer andern Chromatiumart bekannte geschlechtliche „Brückenbildung“ konnte ich bei der in Rede stehenden Form nicht beobachten. — Zuunterst endlich erblicken wir in der Abbildung links ein im chromatien- und rechts ein im spirillenähnlichen, jedoch nicht schraubig, sondern nur leicht wellig gebogenen Zustand gebildetes Band des vielgestaltigen Bakteriums auf der Schleimspur eines Oszillatorienfadens, wie derartige dicht gedrängte Zusammenschlüsse auch in den bereits entleerten Scheidenstücken unmittelbar hinter den auskriechenden Fäden beobachtet werden konnten.

Solche, uns ja auch schon von *Thiospirillum sanguineum* bekannte Vorkommnisse könnten eigentlich geradezu als natürliche „Bakterienfallen“ betrachtet werden, die sich übrigens — besonders für *Chromatium* — künstlich auch in anderer Weise leicht herstellen lassen: Man braucht nur durch ein dem Tragglass untergelegtes Stückchen schwarzen Papiers, in dem man ein kleines Loch angebracht hat, das mikroskopische Gesichtsfeld eines bakterienreichen und durch Wachs oder Paraffin abgeschlossenen Frischpräparates so zu verdunkeln, daß die noch belichtete Öffnung in die Mitte zu liegen kommt, so werden sich hier — besonders bei Abschirmung der Oberbeleuchtung — bald die sehr lichtempfindlichen und -bedürftigen Chromatien aus der dunkeln Umgebung vereinigen und die Sammelstelle rot erscheinen lassen, und das erklärt sich folgendermaßen: Die durch das Licht angelockten Bakterien können aus der beleuchteten Stelle gar nicht wieder heraus, da sie bei jedem Versuch, die Grenze nach dem Dunkel hin zu überschreiten, durch die hierbei sofort reflektorisch nach rückwärts wirkende sogenannte „Schreckbewegung“, wie sich im Mikroskop gut beobachten läßt, wieder in das Helle zurückgeworfen werden. Andererseits lassen sich — auch ohne Zuhilfenahme des Mikroskops — aber auch „Schattenfiguren“ erzeugen, indem auf die Mitte des Präparats etwa ein kleines Kreuzchen aus Stanniol oder schwarzem Karton gelegt wird. Dann wird die bei Oberbeleuchtung dadurch verdunkelte Stelle bald von Bakterien frei und also hell, während die ganze belichtete Umgebung noch davon belebt und hierdurch rötlich gefärbt bleibt.

Daß nun gerade die erwähnte — heute allerdings nicht mehr vorhandene — kleine Ausbuchtung des Ilmufers zu einem „Dorado“ für rote Schwefelbakterien werden konnte, erkläre ich mir aus dem Umstande, daß sie bei gewöhnlichem ruhigen Wasserstand nur eine geringe Tiefe hatte und dabei den größten Teil des Tages günstig belichtet war,

daß aber auch durch das auf dem Grunde liegende faulende Laub und den dabei durch die Fäulnisbakterien erzeugten Schwefelwasserstoff eine gute Ernährungsmöglichkeit gegeben war, die gewiß noch dadurch gesteigert wurde, daß, wie eine nähere Untersuchung ergab, am Innenrande ein wohl von einer Bau- oder Schuttstelle herrührender Gipsklumpen lag, der auch selbst an der vom Wasser bespülten Seite einen dichten roten Überzug von verschiedenartigen „Thiorhodobakterien“, also schwefelführenden Purpurbakterien aufwies.

Nun habe ich aber auch an verschiedenen Stellen in kleineren oder größeren massiven kugeligen oder ellipsoidischen Verbänden dicht zusammengelagerte rote Schwefelbakterien gefunden, die von einer mehr oder weniger starken widerstandsfähigen und meist gelblich gefärbten Gallerthülle umschlossen waren, und die bei nur oberflächlicher Betrachtung vielleicht auch mit wohlgefüllten „Verdauungszysten“ von nackten „Rhizopoden“ (das sind nur aus einem formlosen Plasmaklumpchen bestehende tierische Kleinwesen, die neben mancherlei Wimperinfusorien auch eifrig auf Purpurbakterien Jagd machen) verwechselt, bei genauerem Zusehen aber doch unschwer ihrem wahren Wesen nach erkannt werden konnten. In der obersten Reihe von Abbildung 5 ist aus den ersten sieben Figuren die Art des engen Zusammenschlusses in verschiedenen solchen Schleimkapseln zu ersehen, während die letzte Figur einen der auch zuweilen beobachteten Klumpen zeigt, die der Gallert-hülle noch ermangeln. Da ich nun auch mehrfach derartige Zysten vorfand, deren Inhalt nur aus einer völlig gleichmäßigen und bloß von kleinen Körnchen durchsetzten roten Plasmamasse bestand, so neige ich zu der Ansicht, daß es sich bei diesen Erscheinungen um Beispiele für die bei *Beggiatoa* schon einmal erwähnte und auch von vielen andern Bakterien bereits bekannte „Symplasmabildung“ handelt, einen etwa dem Puppenstadium in der Insektenverwandlung mit völliger Auflösung und Wiederneubildung der Zellen zu vergleichenden Vorgang, der vielleicht notwendig in den normalen Entwicklungskreis der betreffenden Formen gehört. Doch habe ich das weitere Geschick der vorgefundenen Zysten aus Zeitmangel leider nicht näher verfolgen können.

In der zweiten Reihe von Abb. 5 ist vorn noch eine ziemlich häufige, an der eigentümlichen polaren Ansammlung der Schwefeltröpfchen und an ihrer schwachen Färbung leicht erkennbare Chromatienart (*Chrom. Warmingii*?) im gewöhnlichen und im Teilungszustand wiedergegeben und darunter ein Randstückchen des zierlichen „roten Schwefelnetzes“, *Thiodictyon elegans*, nebst einigen Zellen einer besonders großen



Form dieser Art, deren Vermehrung man auf den ersten Blick eigentlich eher auf Aussprossung nach Art der „Sproß-“ oder „Hefepilze“ als auf Querteilung zurückführen möchte, während sich aber die Zellen bei näherer Untersuchung doch als richtige Spaltpilze entpuppen. Die übrigen von mir noch vorgefundenen und in Abb. 5 mit dargestellten, teils nackten, teils mit deutlicher dünnerer oder dickerer Gallerthülle ausgestatteten roten Schwefelbakterien getraue ich mir nicht genauer zu bestimmen. Die im „Zentroplasma“ mancher Formen liegenden ganz ungleichmäßigen und bei tiefer mikroskopischer Einstellung scharf rot

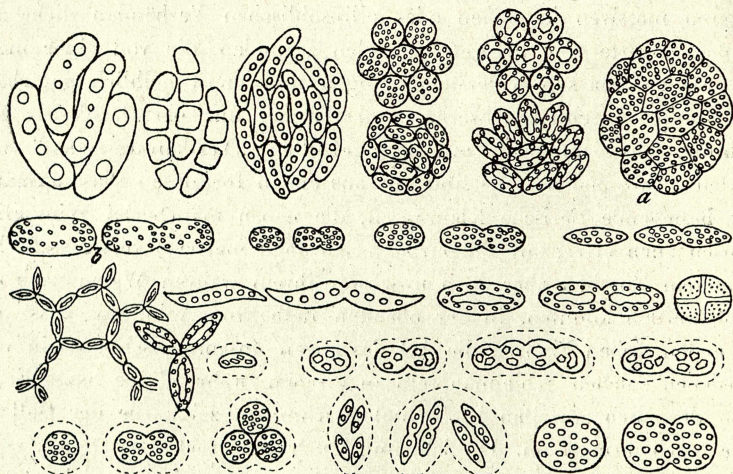


Abb. 5. Vergrößerung bei a = 750 $\times$ , b = 1500 $\times$ , sonst = 1000 $\times$ .

umgrenzten Gebilde, wie sie ähnlich auch bei gewissen Zyanophyceen vorkommen, sind sogenannte „Pseudovakuolen“, also — mit Gas oder Flüssigkeit gefüllte — Scheinhöhlungen, über deren eigentliche Bedeutung aber wohl noch nichts Sicheres bekanntgeworden ist.

### Eisenbakterien.

Außer der durch schwefelführende oder auch -freie Purpurbakterien bewirkten Rotfärbung kann auch durch zahlreiches Auftreten gewisser Spaltpilze eine ebenfalls schon dem bloßen Auge sich auffallend bemerkbar machende, jedoch auf sonst meist saubere Gewässer beschränkte Gelb- oder Braunfärbung des Wassers oder des Schlammes erzeugt werden, nämlich durch die sogenannten „Eisenbakterien“, die ihren Namen dem Umstande verdanken, daß sie das in eisenhaltigem

Wasser vorhandene Eisenoxydhydrat aufzuspeichern und dadurch einen wesentlichen Beitrag zur Bildung des in Sumpfigegenden häufigen und für die Eisengewinnung bedeutungsvollen „Raseneisensteins“ zu liefern vermögen. Und bringen wir eine Spur des braunen Schlammelags oder auch nur des auf der Wasseroberfläche dann oft schwimmenden schillernden Häutchens unter das Mikroskop, so erblicken wir eine große Zahl dünner rostgelber Stäbchen und neben diesen oder auch ihnen ansitzend noch eine Menge ebensolcher Körnchen, wie sie uns in Bild 36 vorgeführt werden. Es handelt sich bei den in Wirklichkeit feine Röhrchen darstellenden Stäbchen nicht eigentlich mehr um die Bakterien selbst, sondern nur noch um die mehr oder weniger von Eisenhydroxyd durchsetzten oder auch damit inkrustierten und dadurch ockergelb gefärbten leeren

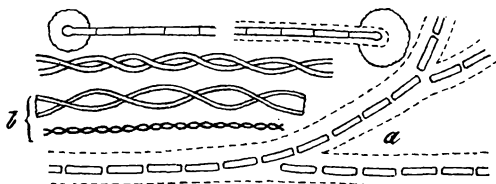


Abb. 6. Vergrößerung bei a = 600 $\times$ , b = 1500 $\times$  sonst = 1000 $\times$ .

und starren Scheidenstücke der zu den „Chlamydo-“ oder „Scheidenbakterien“ gehörigen Form *Leptothrix* (= Dünghaar) *ochracea*, deren Aussehen im Leben uns durch Bild 37 veranschaulicht wird. Aber nicht nur in den Gallertscheiden, sondern auch in den schleimigen Fußplatten der im Jugendzustand festsitzenden *Leptothrix*fäden wird Eisenhydroxyd aufgespeichert, wie durch die oberen beiden Figuren in Abb. 6 angedeutet ist, die uns links einen noch unbescheideten, ganz jungen Keimfaden, rechts aber ein schon mit Scheide versehenes, etwas älteres Grundfadenstück mit der im Leben nur schwer oder gar nicht erkennbaren Abgrenzung der Einzelzellen von *Lept. sideropous*(?) vor Augen führen. Manche der eisenspeichernden Chlamydobakterien haben auch recht dicke Scheiden, innerhalb deren sie dann auch „falsche Verzweigungen“ aufweisen können, wie die unterste Figur in Abb. 6 zeigt, in der ein Fadenstück des „braunen Zweighaars“, *Clonothrix fusca*(?), wiedergegeben ist. Doch nicht nur in den schleimigen Fußplatten gewisser Bakterien, sondern auch in denen verschiedener festsitzender Algen kann Eisen angesammelt werden, und es ist dann oft nur schwer zu entscheiden, welchem Urheber eine derartige Erscheinung zuzuschreiben ist. So dürften wohl die zur Aufnahme von der Wasseroberfläche ge-

wonnenen beiden aneinanderliegenden eisenhaltigen breiten Schleimhöfe in Bild 38 durch das im Innern der farblosen Gallertkapseln in der Mehrzahl vorkommende (im Bild aber nicht erkennbare) winzige Kugelbakterium *Siderocapsa* (= Eisenkapsel *Treubii*(?)) verursacht worden sein; sie sind aber auch in ganz ähnlicher Form oft zahlreich auf der Oberfläche untergetauchter Wasserpflanzen oder auch kleiner tierischer Wasserbewohner (Rädertierchen oder Muschelkrebse u. dgl.) anzutreffen und können hier sowohl dem genannten Bakterium als auch gewissen im Jugendzustand da angesiedelten, später aber abgelösten Kleinalgen ihre Entstehung verdanken.

Nun sind in der Mitte von Abb. 6 noch ein paar Gebilde mit dargestellt, die auch zu den Eisenbakterien gezählt werden, in Wirklichkeit aber gar keine Spaltpilze sind, sondern nur Bruchstücke von durch Eisenhydroxyd gelb oder braun gefärbten und erhärteten Gallertsträngen, wie solche ähnlich von verschiedenerlei Kleinwesen des Wassers abgeschieden werden. Man hat sie mit dem gemeinsamen Namen *Gallionella* (nach Gaillon, einem früheren Zolleinnehmer in Dieppe) *ferruginea* belegt, unterscheidet aber neuerdings auch seitens mancher Forscher von der den alten Namen noch weiterführenden oberen und nur aus zwei sonst getrennt umeinander gewundenen Fäden bestehenden die beiden darunter wiedergegebenen und aus einem gedrehten zarten Band mit verdickten Randleisten gebildeten, in der Breite sehr unterschiedlichen Formen, die dann als *Spirophyllum* (= Spiralblatt) *ferrugineum* bezeichnet worden sind. Die beiderlei besonders in eisenhaltigem Grundwasser von Quellen und Wasserleitungen vorkommenden und dann oft geradezu verfilzten starren und leicht brüchigen Gebilde, die aber auch gar nichts von lebenden Bakterien in sich erkennen lassen, haben den Forschern seit jeher viel Kopfzerbrechen verursacht, bis sie in neuerer Zeit endlich als völlig leblose, durch eingelagertes Eisenhydroxyd gefärbte Gallertstiele eines winzigen, etwa nieren- oder bohnenförmigen und an sich farblosen Kleinwesens erkannt worden sind, das, mit der Wölbung nach vorn gerichtet, sich langsam vorwärtsbewegt (oder vielmehr geschoben wird) und dabei an seinen etwas verdickten Polen nach hinten zwei einzelne oder auch bandartig verbundene Gallertfäden ausstößt, die durch die gleichzeitige seitliche Drehung ihres Erzeugers spiralig umeinander gewunden werden. Bei Vermehrungsteilungen des eigenartigen Wesens werden dann auch Stielverzweigungen gebildet. Die betreffenden starren schraubigen Zöpfe oder Bänder stellen also nichts anderes vor als eisenführende Stielstücke der je nach dem Alter ungleichgroßen oder viel-

leicht auch verschiedenartigen Wesen und sind hinsichtlich ihrer Entstehung etwa dem Zustandekommen der seilartig gedrehten Stiele des zu den Geißelinfusorien gehörenden und in köpfchenartigen Gruppen zusammensitzenden „Blütentierchens“, *Anthophysa vegetans*, zu vergleichen. Doch auch durch vielzellige Kleintiere können — in entsprechend größerem Ausmaße — ganz ähnliche Bildungen erzeugt werden, wie zum Beispiel durch ein von mir unter umrandetem Deckglas tagelang lebend beobachtetes „Rädertierchen“ (eine *Coelopus*-Art), das bei seiner unter Drehung um die Längsachse erfolgenden Vorwärtsbewegung auch die von ihm aus den beiden am Hinterleibsende befindlichen, etwas gebogenen und als Ausführungsröhrchen von Schleimdrüsen dienenden „Fußzehen“ ausgeschiedenen und sich dann auch bald braun färbenden Schleimstränge in ganz entsprechender Weise umeinanderwand.

Neben dem Nutzen, den uns gewisse Eisenbakterien dadurch bringen, daß sie wesentlich mit zur Bildung des für die Eisengewinnung wirtschaftlich recht bedeutungsvollen „Sumpf-“ oder „Wiesenerzes“ beitragen, soll aber auch der Schaden nicht unerwähnt bleiben, den sie bei starker Entwicklung am unrechten Platze durch manchmal vollständiges Verstopfen der Wasserleitungsröhren oder auch durch Entwertung des Wassers anrichten können, wenn dieses nicht hinreichend „ent-eisent“ worden ist, was übrigens schon durch ein starkes Durchlüften erreicht werden kann.

### Verschiedenerlei farblose Formen.

In Abbildung 7 seien nun noch einige farblose, jedoch außer einer nicht näher bestimmte Bakterienformen aus unsauberem Flußwasser

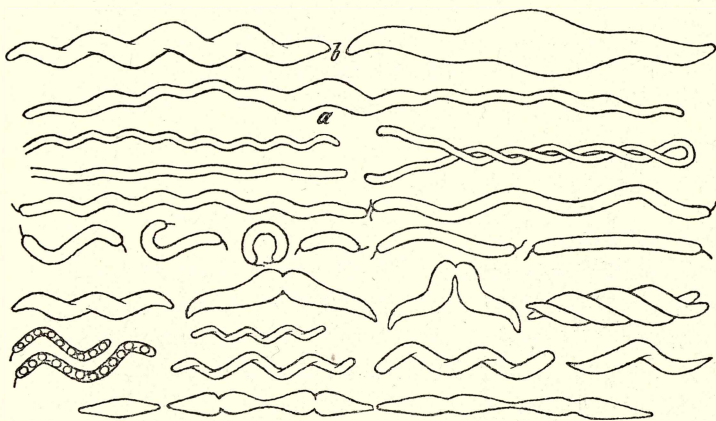


Abb. 7. Vergrößerung bei a = 600 $\times$ , b = 800 $\times$ , sonst = 1000 $\times$ .



(Ilm) zusammengestellt, die mein besonderes Interesse gefunden haben, und zwar zunächst die in den oberen vier (bzw. drei) Reihen durch ihre auffallende Größe und Veränderlichkeit — auch mit Zopfbildung der ganz außergewöhnlich langen Spirillenform dieser Art — und darunter in der fünften und sechsten (bzw. vierten und fünften) Reihe eine hauptsächlich in ihrer Windungsweise und Länge sehr unterschiedliche Form (*Spirillum serpens*?), die also beide auch wieder deutliche Beweise für die Vielgestaltigkeit mancher Bakterienarten und die dadurch bedingte Schwierigkeit ihrer genaueren Bestimmung nach der äußeren Erscheinung liefern. Das Plasma beider Arten war von vielen helleren Kügelchen durchsetzt, die sich aber nicht als Schwefeileinschlüsse erwiesen, sondern vielleicht aus Volutin bestanden. — Weiter ist ein beiderseits zugespitztes Spirillum im normalen Zustande und in zwei Teilungsstadien sowie auch in einer jedenfalls bei der Vermehrung zustande gekommenen Zopfbildung wiedergegeben, und hierunter sind mehrere im Gegensatz zu den meisten sonstigen Arten links gewundene Schraubenbakterien dargestellt, von denen nur die untereinanderliegenden ersten beiden Stücke mit Sicherheit als Vertreter des ungemein lebhaft beweglichen farblosen Schwefelbakteriums *Thiospira* (= Schwefelspirale) *agilis* bzw. *agilissima* bestimmt werden konnten. — Zuunterst endlich ist noch ein vielleicht nur als Involutionsform aufzufassendes spindelartiges, dem *Rhabdochromatium fusiforme* ähnliches, jedoch eben farbloses und auch viel kleineres Bakterium in verschiedenen Erscheinungsformen angefügt.

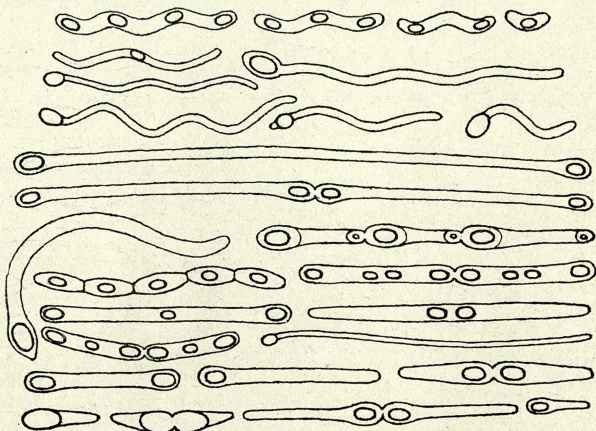


Abb. 8. Vergrößerung = 1000 ×.

## Sporenbildung bei verschiedenartigen Wasserbakterien.

Abbildung 8 führt uns eine Anzahl der vielen von mir in Sporenbildung vorgefundenen, aber nicht näher bestimmten Stäbchen- und Schraubenbakterien vor Augen, worüber jedoch nichts Weiteres ausgesagt werden kann.

## Bakterien als „Epiphyten“ auf anderen Spaltpilzen.

In Abbildung 9 sind in der Mitte auf gemeinsamer Grundlage einmal die verschiedenartigen Bakterien oder doch solchen ähnlichen Gebilde angeordnet, die ich alle auf anderen lebenden Spaltpilzen, namentlich Fadenbakterien, angetroffen habe, und zwar manche von ihnen zahlreich nebeneinandersitzend, andere wieder mehr vereinzelt vorkommend. Die kleine Kügelchen führenden Stücke sind rote Schwefelbakterien, die übrigen farblos. Die Frage, inwieweit die einen oder anderen von ihnen

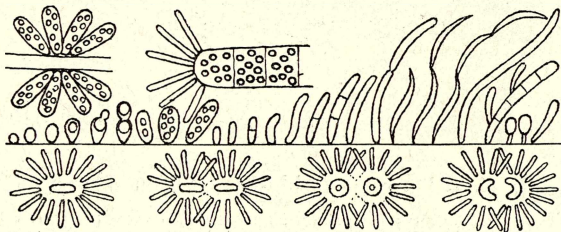


Abb. 9. Vergrößerung = 1000 ×.

vielleicht als nachteilige Parasiten oder auch als der Fortpflanzung dienende „Knospen“ gedeutet werden könnten, soll uns dabei nicht weiter kümmern; ich selbst halte sie sämtlich nur für harmlose, die Gelegenheit zur Ansiedlung benutzende und ja auch schon bei *Thiospirillum sanguineum* kurz erwähnte Überpflänzchen oder kleine Epiphyten, die übrigens in manchen Fällen ihren Trägern sogar zur Zierde gereichen können, wie zum Beispiel das oft in strahliger Anordnung zusammensitzende rote Schwefelbakterium *Chromaticum gracile* (oben links) oder die zuweilen vom Ende eines Beggiatoafadens gleichmäßig abstehenden zarten Stäbchen (daneben rechts), die freilich einen noch viel fesselnderen Anblick gewähren, wenn sie der Gallerthülle anderer Kleinpflänzchen strahlig aufsitzen, die ich bei ihrem Aussehen und ihrer Farblosigkeit auch nur als Bakterien deuten kann (untere Reihe), wie sie mir aber in dieser durchaus nicht etwa geschmeichelten, sondern naturwahren Ausschmückung nur in einer einzigen Kultur entgegengetreten sind.



## Das „grüne“ Bakterium *Chlorochromatium aggregatum*.

Im Anschluß an das Vorige sei aber nun auch noch kurz der sogenannten „grünen“ oder „Chlorobakterien“ gedacht, das sind neuerdings mehr den Blaualgen oder Zyanophyteen zugerechnete grünliche Formen, die — meist im Verein mit Schwefelbakterien — sowohl in den verschiedenen Arten der Kokken- als auch in Stäbchen- und Netzform vorkommen, wovon uns jedoch nur die eine, besonders merkwürdige und durch Abb. 10 veranschaulichte Art hier noch etwas beschäftigen soll. Es handelt sich dabei um *Chlorochromatium* (= grünfarbiges Wesen) *aggregatum*, ein ganz winziges länglichrundes gelbgrünes Gebilde, das gewöhnlich in großer Zahl und meist gleichmäßig

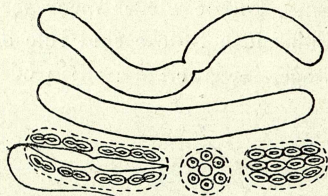


Abb. 10. Vergrößerung oberste Reihe = 1500  $\times$ , sonst = 1000  $\times$ .

der Gallerthülle eines längeren farblosen, geraden oder etwas gebogenen spindelförmigen Stäbchens eingelagert ist und dieses also mit einem grünen Mantel umkleidet, wie aus der obersten Reihe der Abbildung ersichtlich ist, die uns ein kürzeres Stück einer solchen Verbindung in Außenansicht und im Querschnitt und sodann auch noch ein größeres und zur Teilung sich anschickendes im Längsschnitt vor Augen führen soll.

In der mittleren und untersten Figur sind zwei längere mehr oder weniger gebogene Stücke — das letzte im Teilungszustande — nur im Umriß wiedergegeben. Beide übertreffen mit mehr als  $35\mu$  (ich sah aber auch welche von fast doppelter Länge) an Größe die gewöhnlichen, für die ich sonst nur eine Höchstgrenze von  $12\mu$  angegeben finde, ganz beträchtlich, dafür waren sie aber auch wieder — ganz wie die übermäßig langen Thiospirillen — weniger beweglich als die kürzeren. Die bei kurzen Stücken ziemlich rasche, bei längeren und mehr gebogenen hingegen nur schwerfällige und anscheinend wackelnde, in Wirklichkeit jedoch wohl mehr drehende Fortbewegung aber wird bewirkt durch eine längere Geißel des „zentralen Stäbchens“, dessen wahre Natur nur wenig aufgeklärt ist, und das gewöhnlich als eine *Pseudomonas*, das ist eine falsche Monade (ganz einfaches Wesen) auf-

gefaßt wird. Den geschilderten Zusammenschluß der beiden doch eigentlich grundverschiedenen „Komponenten“ hat man als „Synzyanose“ bezeichnet. (Vgl. die zwischen gewissen Pilzen und Algen bestehende Lebensgemeinschaft oder „Symbiose“ bei den Flechten.)

### Verschiedenerlei Wasserspirochäten.

Und nun kommen wir zu einer besonderen Art von Kleinwesen, deren systematische Stellung immer noch umstritten ist, und die eben wegen dieser Unsicherheit sowohl von Botanikern als auch Zoologen für ihr Gebiet in Anspruch genommen oder auch dem andern Teil zugewiesen werden, und das liegt hauptsächlich daran, daß der Gattung der *Spirochäten*, um die es sich hierbei handelt, auch eine ganze Reihe von — großenteils krankheitserregenden — Lebensformen zugerechnet werden, die vielfach nur wenig mit dem vom alten Ehrenberg 1838 aufgestellten und von ihm deutsch als „Schlingentierchen“ bezeichneten Urtyp der Gattung, der *Spirochaete* (= Spiralhaar) *plicatilis*, gemein haben. Mit dieser Grundform der eigentlichen oder echten Spirochäten aber wollen wir uns zunächst einmal etwas eingehender befassen.

Sie ist durchaus nicht so selten, wie man gewöhnlich annimmt, und findet sich zum Beispiel meist recht zahlreich in den auf der Oberfläche nicht ganz sauberer Gewässer oft schwimmenden dunkel- oder grau-, nicht aber hellgrünen und in der Hauptsache aus Blau- und Kieselalgen wie auch Beggiatoen bestehenden schlüpfrigen Watten oder auch auf dem hiervon bedeckten Wassergrunde. Wie viele von den überaus beweglichen und biegsamen, langgestreckten und dabei schraubig gewundenen Wesen man da bei näherer Untersuchung einer Probe gleichzeitig im mikroskopischen Gesichtsfeld haben kann, mag aus Bild 39 ersehen werden, während uns die Bilder 40 bis 43 die bei ihnen öfters zu beobachtende und uns ja auch von längeren Spirillen wie auch von Beggiatoafäden schon bekannte Zopfbildung vor Augen führen. — Nicht selten sieht man unter den längeren Stücken des nach meiner Erfahrung bis zu 300, gewöhnlich aber nur 100 bis 200  $\mu$  messenden, an sich physikalisch rechts, also korkzieherartig gedrehten und auch dementsprechend sich vorwärtsschraubenden Wesens nun auch solche, die außerdem noch eine wechselnde Anzahl größerer, nach hinten zu meist sich verflachender Windungen — ich zählte ihrer bis zu zehn — aufweisen, wie dies durch die oberste Figur in Abb. 11 angedeutet ist. Diese „sekundären“ größeren Windungen sind aber nun nicht rechts, wie die „primären“ kleineren, sondern links gedreht, was uns ja auch



durch die „photographische Natururkunde“ in Bild 44 bestätigt wird, und sie dienen dem jedes äußeren „lokomotorischen“ oder Fortbewegungsorganells ermangelnden und hauptsächlich nur auf das Einbohren in das es umgebende „Medium“ angewiesenen Geschöpf offenbar nur dazu, den rückwärtigen Widerstand besonders im freien Wasser zu erhöhen, wie das ja auch bei den Spirillen dadurch geschieht, daß bei ihrer Fortbewegung die endständigen Geißeln in der der Drehung des Körpers entgegengesetzten Richtung in Schwingungen versetzt werden. Wie gering unter Umständen aber doch auch ihre Wirkung im Wasser sein kann, ist daraus zu entnehmen, daß man zuweilen längere Stücke mit mehreren größeren Windungen sich ganz rasch um die Hauptachse

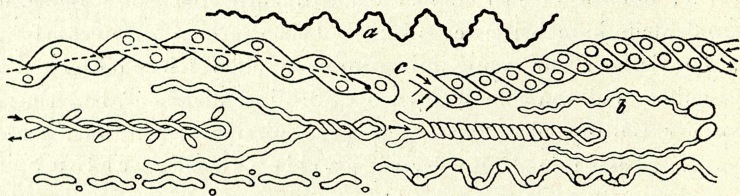


Abb. 11. Vergrößerung bei  $a = 450\times$ ,  $b = 1500\times$ ,  $c = 2500\times$ , sonst  $= 1000\times$

der weiten Spirale drehen sieht, ohne dabei ein merkliches Vorwärtskommen feststellen zu können. Doch bildet das freie Wasser ja auch gar nicht eigentlich den gewohnten Aufenthaltsort unserer Spirochäte, sondern die von den erwähnten Begleitorganismen abgesonderte Gallerte ist es, worin denn auch die Fortbewegung nicht nur viel gleichmäßiger und sicherer, sondern auch schneller erfolgt, und die auffallenden Zappelbewegungen im Wasser sind nicht etwa — wie vielleicht angenommen werden könnte — als Zeichen des Wohl-, sondern vielmehr des Mißbehagens aufzufassen.

Wodurch aber wird der Spirochäte die erstaunliche Vielfältigkeit der meist noch sehr lebhaften und größte Biegsamkeit voraussetzenden Bewegungen bei doch im allgemeinen gleichbleibender Grundform der kleinen Spiralwindungen ermöglicht? — Das kann nur auf ein den ganzen Körper durchziehendes stab- oder vielmehr fadenförmiges inneres Organell zurückzuführen sein, das als formerhaltendes und stützendes Element anzusehen ist, als „Achsenfaden“ bezeichnet wird und auch zum Beispiel in Bild 48 einigermaßen deutlich zu erkennen ist. Dieser im Leben heller als das Plasma erscheinende, aber beim Präparieren sich leicht färbende Strang verläuft jedoch nicht, wie aus seiner Benennung

etwa geschlossen werden könnte, in der Mitte des an sich drehunden Körpers, sondern exzentrisch an der Innenseite der Spirale entlang, so wie etwa die „Muskelfibrille“ in dem gleichfalls korkzieherartig geformten, jedoch auch gerade austreckbaren Stiel der zu den Wimperinfusorien zählenden „Glockentierchen“ oder Vortizellen. Sein Verlauf ist angedeutet in Abb. 11 in der ein Endstück unserer Spirochäte darstellenden Figur oben links, worin auch gleichzeitig noch die aus „Volutin“ — einem besonders auch bei *Spirillum volutans* (Bild 4) vorkommenden und hiernach benannten Eiweißstoff — bestehenden stark lichtbrechenden Kügelchen mit eingetragen sind, die in fast ganz gleichmäßigen Abständen neben noch andersartigen kleineren Körnchen im Körperplasma liegen.

Es ist nun überaus anziehend, mit guter Optik und bei günstiger Beleuchtung im Mikroskop das Mittelteil einer solchen nur langsam in gleichbleibender Einstellebene — zum Beispiel in der Adhäsionszone eines mit eingeschlossenen Luftbläschens — sich fortbewegenden Spirochäte zu beobachten: Da glaubt man eine spiralig gedrehte Glasröhre vor sich zu haben, worin in gleichen Abständen helle Glaskugeln in der Bewegungsrichtung dahinrollen, bis es unserm abwechslungsreudigen Beobachtungsobjekt gefällt, den Rückweg anzutreten, womit natürlich nun auch eine entsprechende Bewegungsänderung der Kugeln verbunden ist. Das Plasma scheint dabei geradezu an dem hellen Achsenstrang entlang und gleichzeitig um ihn herum zu fließen, was tatsächlich auch von mancher Seite angenommen worden ist, aber doch nur auf Täuschung beruht, da sich in Wirklichkeit nicht etwa bloß der plasmatische Inhalt der Spirale von der Stelle bewegt — was man sich übrigens auch kaum recht vorstellen kann —, sondern sie selbst in ihrer Gesamtheit sich dreht und uns dies bei der Gleichmäßigkeit der Windungen nur nicht zum Bewußtsein kommt. — Noch fesselnder ist unter den angegebenen Bedingungen der Blick auf die Mitte eines Zopfes, dessen beide Stränge, wie es sehr häufig geschieht, sich in Gegenbewegung befinden, die sich natürlich nun auch an den Volutinkugeln bemerkbar macht (siehe in Abb. 11 die Figur oben rechts). Durch solche abwechselnde Verschiebung der beiden Enden gegeneinander wird übrigens bei längeren Zöpfen, wie etwa in Bild 43, auch oft eine Zweiteilung der Spirochäte eingeleitet, die das Spiel dann solange fortsetzt, bis an der zuletzt gebildeten Öse, die gewöhnlich schon durch eine dortige Fadenverdünnung vorbereitete völlige Durchschnürung erfolgt; denn alle hier zu besprechenden echten Spirochäten vermehren sich nur durch Querteilung wie

die Bakterien und nicht durch Längsteilung etwa nach Art der Geißelfusorien oder Flagellaten und stehen also, zumal sie auch kernlos sind wie sie, den Spaltpilzen und somit dem Pflanzenreich viel näher als dem Tierreich. Die anscheinend die Zweiteilung begünstigende Zopfbildung, die bei besonders langen Zöpfen manchmal sogar auch noch zu Verschlingungen führt, tritt zuweilen so zahlreich auf, daß man dann geradezu von „Zopfbildungsepidemien“ sprechen möchte. — Recht reizvoll ist es auch, einen Zopf mit nur kleiner Schlinge dabei im Mikroskop zu verfolgen, wenn er sich in seiner Ganzheit an Ort und Stelle oder auch bei nur geringer Vor- und Wiedezurückverschiebung abwechselnd nach der einen und der andern Seite um seine Längsachse dreht. Dann wird hierdurch allemal der Zopf selbst entsprechend verlängert (bei der Rechtsdrehung) oder durch Wiederauflösen verkürzt (bei der Rückdrehung), ohne daß aber hierbei jeder der beiden Fadenteile im Wechsel eine Verkürzung und Verlängerung erfährt (siehe die beiden mittleren Figuren in Abb. 11), wie es bei der vorerwähnten Zopfbewegung natürlich immer geschieht. — Neben der gewöhnlichen Vermehrung durch einfache Zweiteilung läßt sich nun manchmal in üppigen Kulturen auch noch eine Vielteilung längerer Fäden beobachten, wobei diese innerhalb kurzer Zeit in mehrere ungleichgroße Stücke zerfallen, die sich nach allen Seiten hin zerstreuen und also auch lebensfähig zu bleiben scheinen. Diese demnach gleichfalls im Dienste der Vermehrung stehende Vielfachteilung darf aber nicht verwechselt werden mit dem das Absterben einleitenden langsameren Zerfall in kürzere Stücke (Bild 45), wobei im Wasser oft auch noch an den Teilungsstellen kleine Kügelchen (Volutin?) zutage treten, wie dies durch die Figurenreihe unten links in Abb. 11 angedeutet ist. — Während in aufbewahrten Frischpräparaten das Absterben der dann gewöhnlich nahe dem Deckglasrande sich ansammelnden Spirochäten meist viel früher erfolgt als das der obengenannten Begleitorganismen, halten sie bei langsamer Erwärmung umgekehrt wieder länger stand als diese. Sie gehen aber dann auch bald zugrunde und nehmen dabei unter ruckweisem Zusammenziehen gewöhnlich Formen an, wie eine solche zum Beispiel durch die unterste Figur rechts veranschaulicht wird. Bei allmählicher Auftrocknung im lebenden Zustande streckt sich unsere Spirochäte unter Verflachung ihrer Windungen oft ganz oder auch nur teilweise gerade aus, oder sie nimmt auch ähnliche Gestalt an wie in Bild 46. Wie aus Bild 47 hervorgeht, kann sie aber auch im Leben hinsichtlich ihrer Stärke und der Weite ihrer Windungen, deren Richtung übrigens in manchen andern Beschrei-

bungen verkehrt dargestellt ist, verschiedenerlei Formen aufweisen, so daß man fast geneigt wäre, diese als besondere Unterarten gegeneinander abzugrenzen.

Größere Ansammlungen — manchmal in dichten Schwärmen — kann man übrigens auch in unmittelbarer Umgebung von in Frischpräparaten mit eingeschlossenen Luftbläschen oder abgesondert liegender noch lebender und auch schon abgestorbener Blau- und Kieselalgen oder auch grüner Infusorien beobachten. Ebenso findet man nicht selten die bereits leeren Hüllen solcher Kleinwesen wie auch die übriggebliebenen Häute mehrzelliger Wassertierchen zahlreich von ihnen bewohnt, so daß man dann wahre „Spirochätenfallen“ vor sich zu haben glaubt. — Recht fesselnd ist es auch zu verfolgen, wie das doch überaus flinke und gewandte Wesen ungeachtet seiner Länge von manchen Infusorien bewältigt und als Nahrung aufgenommen werden kann: Da wird es an dem einen Ende gepackt und nun trotz lebhaftester Abwehrbewegungen allmählich hinuntergewürgt, wobei der verschluckte Teil zu einer engen flachen Spirale aufgerollt wird, die aber immer noch etwa eine Viertelstunde lang Leben zeigt, bis sie endlich in kleinere Teilstücke zerfällt und nun in aller Ruhe verdaut werden kann. — Als recht widerstandsfähig erwies sich unsere Spirochäte auch in manchen unter umrandetem Deckglas aufbewahrten Naturpräparaten, worin ich sie — freilich immer nur in wenigen Stücken — zuweilen wochen- und sogar monatelang am Leben erhalten konnte.

Bild 48 zeigt uns noch einmal ein Stück von *Sp. plicatilis* mit durch Färbung sichtbar gemachtem Achsenfaden, daneben aber (links) auch noch eine andere gleichfalls sehr häufige und mit dieser oft vergesellschaftete, jedoch viel zartere Form mit sehr kleinen und engen Windungen, die deshalb die Artbezeichnung *stenogyra* oder auch *stenostrepta* erhalten hat, und in der von mancher Seite ursprünglich männliche Stücke von *plicatilis* vermutet worden sind. Diese Annahme hat sich aber doch bald als Irrtum erwiesen, wie denn von einer „sexuellen Differenzierung“ und entsprechenden geschlechtlichen Verbindungen bei den zwei bisher genannten Spirochäten meines Wissens überhaupt noch nichts bekannt geworden ist. Auch die zarte und enggewundene, in den Bildern 49 bis 51 noch einmal gesondert vorgeführte, ebenfalls äußerst bewegliche Art ist mit einem Achsenfaden ausgerüstet und führt auch im Innern Volutinkörnchen, was aber beides bei der so geringen Stärke des Objektes nur schwer sichtbar gemacht werden kann. Auch Zopfbildung ist bei ihr, die eine Länge von 150  $\mu$  erreichen kann und auch oft größere sekundäre

Windungen wie in Bild 50 oben bildet, zu beobachten (Bild 51), wenn auch nicht so häufig wie bei *plicatilis*. Auch sie ist weniger im freien Wasser als vielmehr in allerlei von andern Organismen herrührender Gallerte zu finden, und dann auch — gleichzeitig mit *plicatilis* — zuweilen noch in Gemeinschaft mit einer dritten Form, wie in Bild 52 erkennbar ist, das aus der Gallerthülle eines nicht näher bestimmten Insektengeleges gewonnen wurde und ein ganzes Kleeblatt verschiedenartiger Spirochäten in sich vereinigt.

Die letzterwähnte, wie Bild 53 zeigt, ganz eng gewundene und dadurch ziemlich breit erscheinende, aber dennoch ungemein bewegliche und biegsame Art, an der ich Längen bis zu 100  $\mu$  mit über 120 Windungen beobachten konnte, möchte man auf den ersten Blick wohl für die unter dem Namen *Spirochaete flexibilis* beschriebene Form halten, von der sie sich aber bei genauerer Untersuchung doch — besonders auch durch ihre scharf ausgeprägten Windungen — wesentlich unterscheidet. Sollte es sich dabei wirklich, wie ich vermute, um eine noch nicht bekannte, also neue Art handeln, so würde ich sie wegen ihrer ja auch aus dem Bilde erkennbaren äußeren Ähnlichkeit mit einem Regenwurm *Spirochaete lumbriciformis* benennen, deren von *plicatilis* stark abweichendes Aussehen besonders aus Bild 54 gut ersichtlich ist. (Daß darin — ebenso wie auch schon in Bild 43 und 47 — *plicatilis* links anstatt rechts gewunden erscheint, ist auf die etwas zu tiefe mikroskopische Einstellung bei der Aufnahme zurückzuführen.) Auch diese Form zeigt außer der üblichen einfachen Vermehrungsteilung, deren Beginn in Bild 53 zu erkennen ist, zuweilen noch einen Zerfall in mehrere Stücke (Bild 55), deren Schicksal ich aber nicht weiter verfolgen konnte. Auch bei ihr ist — wie bei *plicatilis* — neben der gewöhnlichen noch eine schmalere und kleinere Form zu beobachten (Bild 56), die man eigentlich auch wieder als eine besondere Unterart ansprechen möchte. Zopfbildung ist mir bei unserer in Rede stehenden, übrigens anscheinend ziemlich seltenen Art niemals entgegengetreten; eine solche wäre ja aber wohl auch wegen der so eng zusammenliegenden Windungen kaum möglich.

Wohl aber konnte ich auch Zöpfe zuweilen beobachten bei der vierten noch zu erwähnenden, kürzeren Form mit höchstens 30 Windungen, die in größerer Gesellschaft in Bild 57 (aus der Gallerthaut über einer älteren Rohkultur der braunroten „Froschlaichalge“ *Batrachospermum moniliforme* gewonnen), einzeln aber in Bild 58 wiedergegeben ist, und die sich trotz ihrer äußeren Ähnlichkeit mit einer etwas gestreckten *plica-*

*tilis* doch von dieser nicht nur durch ihr viel geringeres Lichtbrechungsvermögen, sondern vor allem auch durch ihre nur recht mangelhafte Bewegungsfähigkeit deutlich unterscheidet. Braucht sie doch zu einer einzigen Umdrehung bei „rascher“ Vorwärtsbewegung in dem ihr vertrauten schleimigen Medium nicht weniger als zwei, für gewöhnlich aber vier bis fünf Sekunden, und im freien Wasser kommt sie überhaupt fast gar nicht von der Stelle. Man könnte sie vielleicht für ein längeres Spirillum halten — wenn sie im Besitz von Geißeln wäre, die ihr aber ebenso wie den vorher schon beschriebenen Spirochäten völlig fehlen. Sie scheint aber auch eines Achsenfadens zu ermangeln — wenigstens habe ich einen solchen bei ihr nicht entdecken können —, was sie nun wieder von jenen unterscheidet. Hierauf nur dürfte aber auch ihr geringes Bewegungs- und Biegungsvermögen zurückzuführen sein. Dennoch stehe ich nicht an, sie, die übrigens auch gleich den bisher genannten Arten leicht in mehrere, in Bild 58 wohl erkennbare Teilstücke zerfallen kann, den Spirochäten zuzuzählen oder doch sie wenigstens als ein Mittelglied zwischen diesen und den Spirillen zu betrachten und sie bis zu ihrer vielleicht besseren systematischen Einreihung vorläufig wegen ihrer allerdings nicht selbstverschuldeten Trägheit als *Spirochaete pigra* zu bezeichnen. Bei ihrer ruhigen und gemächlichen Art ist es ja auch nicht weiter verwunderlich, daß sich nicht selten winzige Stäbchenbakterien als „Überpflänzchen“ an ihr festsetzen (Bild 59), was auch, wie aus der linken Mittelfigur von Abb. 11 ersichtlich ist, noch an Zöpfen beobachtet werden kann. Die verschiedene Längsrichtung der dem Zopf ansitzenden „Knospen“, wofür man die kleinen ovalen Gebilde auf den ersten Blick vielleicht halten möchte, erklärt sich ohne weiteres aus der durch die Pfeile angedeuteten augenblicklichen Verschiebungsrichtung der beiden Stränge; wundern muß man sich nur darüber, daß sie bei deren gegenseitigem Aneinanderreiben nicht abgestreift werden. Ich selbst halte, wie schon bei den Bakterien bemerkt, auch hier derartige kleine Körperchen nicht für wirkliche Knospen, also fortpflanzungsfähige Auswüchse, sondern nur für bakterielle Epiphyten, wenngleich ich auch ihre Weiterentwicklung nicht habe verfolgen können.

Wohl aber sind mir einigemal bei Wasserspirochäten Fortpflanzungskörper anderer Art entgegengetreten, wie sie uns auch schon von den Bakterien her bekanntgeworden sind, nämlich ausgeprägte Sporen, wie solche in den beiden Mittelfiguren rechts in Abb. 11 noch im Zusammenhang mit der leeren, jedoch wohl nur aus verdichtetem Außen- oder „Ektoplasma“ bestehenden Spirochätenhülle wiedergegeben sind, und

wie ich sie in drei verschiedenen Kulturen angetroffen habe; wenigstens vermag ich mir die dargestellten, nach ihrem Aussehen doch unzweifelhaft gewissen Spirochäten (in Anbetracht der kleinen Windungen vielleicht *stenogyra*) zuzuschreibenden Erscheinungen nicht anders denn als Sporenbildungen zu erklären. Dadurch werde ich aber nur in meiner Annahme noch bestärkt, daß die freilebenden Wasserspirochäten nicht dem Tier-, sondern mit viel mehr Recht dem Pflanzenreich zuzusprechen und hierin den Bakterien anzureihen sind.

### Fragwürdige Formen.

Wohin die in Abbildung 12 außer der links oben noch einmal in Höchst- und Mindeststärke umrissenen, aber ja vielleicht doch nicht zu den eigentlichen Spirochäten zu rechnenden trägen Art sonst noch zusammengestellten von mir beobachteten farblosen Formen, deren jeweilige Zusammengehörigkeit wohl aus der Nebeneinanderstellung hin-

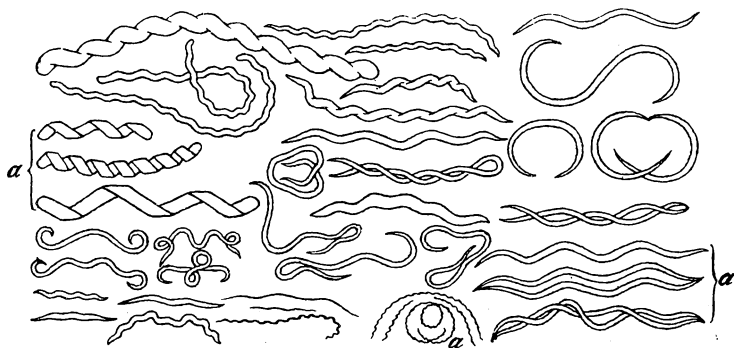


Abb. 12. Vergrößerung bei a = 1500 $\times$ , sonst = 1000 $\times$ .

reichend erkennbar ist, einzugliedern sind, wage ich wegen hierfür unzureichender Sachkenntnis nicht zu entscheiden. Die in der Mitte links dargestellten drei schraubig gedrehten Gebilde scheinen bandartiger Natur zu sein. Die andern können vielleicht — wenigstens zum Teil — auch solche Kleinwesen bedeuten, die sich durch Längsteilung vermehren und trotzdem auch heute noch den Spirochäten zugezählt werden, obgleich sie mit deren typischem Vertreter, der *Spiroch. plicatilis*, nur wenig gemein haben. Ob besonders unter den allerdings an gewisse Krankheitserreger erinnernden, sehr zarten Formen (unten Mitte) auch Schädlinge vorhanden sind, die — wie ja auch manche gefährliche Bakterien — wenigstens vorübergehend im Wasser oder Schlamm vorkommen und sich



darin weiterentwickeln können, ist schwer zu sagen und kann nur durch damit angestellte tierische Impfversuche ermittelt werden. Ganz ausgeschlossen ist es ja nicht, wie denn auch tatsächlich dahingehende, hier aber nicht weiter zu beschreibende Untersuchungen schon von positiven Erfolgen begleitet gewesen sein sollen. — Eine ziemlich häufige, beiderseits scharf zugespitzte, aber anscheinend nicht schraubig, sondern — wie auch die in Abb. 12 rechts oben dargestellte — nur wellig gebogene Form, die auch unter gegebenen Umständen leicht in Teilstücke zerfällt, ist noch in Bild 62 wiedergegeben, während dessen seitliche Begleitbilder 60 und 61 uns einen noch normalen und einen andern in Zerfallteilung begriffenen feinen Bakterienfaden vor Augen führen, die beide im gewöhnlichen Zustande vielleicht auch für Spirochäten gehalten werden könnten, sich aber bei genauerer Prüfung doch nur als aus zahlreichen Mikrospiren oder Vibrionen gebildete Ketten entpuppen, eine Erscheinung, die mir noch zuweilen in sehr unsauberem Wasser entgegengetreten ist.

Hiermit will ich meine Darlegungen über die freilebenden Wasserbakterien und -spirochäten aus Weimars Umgebung beenden, die gewiß in gar mancher Beziehung zu wünschen übriglassen, von denen ich aber doch hoffe, daß sie vielleicht dem einen oder andern für den Gegenstand interessierten Leser einige Anregung zu eigenen Studien an den ja überall verbreiteten anziehenden Kleinwesen geben werden, und damit hätten sie ja dann ihre Aufgabe erfüllt.

### Literatur und Optik.

Zum Schluß seien nun noch einige Werke bezeichnet, die hierfür besonders zu empfehlen wären, nämlich 1., zur Bestimmung der in der freien Natur vorkommenden Spaltpilze im allgemeinen, und zwar hauptsächlich auch der wasserbewohnenden Formen, R. Kolkwitz: „Schizomycetes“ in Band 5 der „Kryptogamenflora der Mark Brandenburg und angrenzender Gebiete“, Gebr. Borntraeger, Leipzig, 1915. (Die von demselben Verfasser über das gleiche Thema für Band 13 der von A. Pascher herausgegebenen und bei G. Fischer, Jena, erscheinenden „Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz“ in Aussicht gestellte Arbeit ist meines Wissens noch nicht herausgekommen.) — 2., W. Bavendamm: „Die farblosen und roten Schwefelbakterien des Süß- und Salzwassers“ in Heft 2 der von R. Kolkwitz bei G. Fischer, Jena, herausgebrachten Sammlung

„Pflanzenforschung“, 1924. — 3., die in derselben Sammlung als Heft 4 erschienene Arbeit über „Die Eisenbakterien“ von N. Cholodny, 1926.

Endlich sei aber auch nicht versäumt zu erwähnen, daß mir bei meinen Feinuntersuchungen namentlich an Frischpräparaten vor allem eine zwar schon ältere, aber sehr leistungsfähige Wasserimmersion der Weltfirma C. Zeiß, Jena, bezeichnet als H 0, 17, vortreffliche Dienste getan hat.

---

# Inhalt

|                                                                                   | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort . . . . .                                                                 | 62    |
| Verschiedenartige Erscheinungsformen der Wasserbakterien im allgemeinen . . . . . | 64    |
| Schwefelbakterien . . . . .                                                       | 65    |
| Farblose . . . . .                                                                | 65    |
| Die „Schwefelfäden“ <i>Beggiatoa</i> und <i>Thiothrix</i> (Abb. 1).               |       |
| Die nichtfädige Form <i>Achromatium oxaliferum</i> (Abb. 2)                       |       |
| Rote . . . . .                                                                    | 72    |
| <i>Thiospirillum sanguineum</i> und <i>jenense</i> (Abb. 3).                      |       |
| <i>Chromatium</i> (Abb. 4).                                                       |       |
| Verschiedene andere Formen (Abb. 5).                                              |       |
| Eisenbakterien (Abb. 6) . . . . .                                                 | 82    |
| Verschiedenerlei farblose Formen (Abb. 7) . . . . .                               | 85    |
| Sporenbildung bei verschiedenartigen Wasserbakterien (Abb. 8) . . . . .           | 86/87 |
| Bakterien als „Epiphyten“ auf andern Spaltpilzen (Abb. 9) . . . . .               | 87    |
| Das „grüne“ Bakterium <i>Chlorochromatium aggregatum</i> (Abb. 10) . . . . .      | 88    |
| Verschiedenerlei Wasserspirochäten (Abb. 11) . . . . .                            | 89    |
| Fragwürdige Formen (Abb. 12) . . . . .                                            | 96    |
| Literatur und Optik . . . . .                                                     | 97    |



## Erklärungen zu den Tafelbildern.

- I. 1. Stäbchenbakterien („Bazillen“), durcheinanderliegend, von der Oberfläche abgestandenen Sumpfwassers, 630:1.
- „ 2. Desgl., zu Bändern geordnet, 2000:1.
- „ 3. Verschiedenerlei Bakterienformen v. d. Oberfl. abgest. Flußwassers (Ilm), 475:1.
- „ 4. Große Schraubenbakterien („Spirillen“) aus unsauberem Flußwasser (*Spirillum volutans*), 500:1.
- „ 5. Verschiedenerlei kurze rote Schraubenbakterien („Mikrospiren“ oder „Vibrien“) a. unsaub. Flußwasser, 870:1.
- „ 6. Traubige Kolonien von roten Kugelbakterien („Staphylokokken“) a. Teichwasser, 650:1.
- II. 7. Verbundene Hohlkugeln des „Purpurbakteriums“ *Lamprocystis roseo-persicina* a. unsaub. Sumpfwasser, 135:1.
- „ 8. Netzartig-lappige Kolonie der gleichen Art, 235:1.
- „ 9. Kleiner Teil derselben nebst einem Täfelchen der folgenden Form, 720:1.
- „ 10. Tafelförmige Kolonien des „Purpurbakteriums“ *Thiopedia rosea* a. e. unsaub. Teich, 800:1.
- „ 11. Kettenartig verbundene Kugelbakterien („Streptokokken“) aus unsaub. Flußwasser, 1260:1.
- „ 12. Glieder einer Kette der gleichen Art in Vermehrungsteilung begriffen (ähnl. „Doppel-“ od. „Diplokokken“), 1620:1.
- „ 13. Zu Paketen verbundene Kokken („Sarzinaformen“) a. e. unsaub. Teich, 1350:1.
- III. 14. „Schwefelfäden“ (Beggiatoen) von sehr ungleicher Stärke nebst verschiedenartigen „Purpurbakterien“, 400:1.
- „ 15. Stäbchenbakterien in Sporenbildung („Trommelschlägelform“), 650:1.
- „ 16. Wolkenartige „Bakterienzoogloa“ aus Sumpfwasser, 235:1.
- „ 17. Büschelige od. strauchartige Zoogloa ebendaher, 55:1.
- „ 18. Ein Zweigende der vorigen Form, 475:1.
- „ 19. Drei Stücke von ungleichstarken schwefelführenden Beggiatoa-

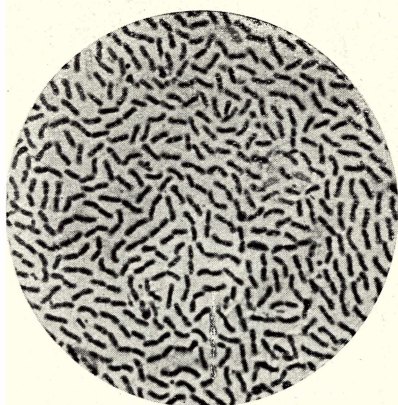
- fäden nebst (links) einem ähnlichen farblosen Blaualgenfaden (*Oscillatoria beggiatoïdes?*), 1080:1.
- IV. 20. Verjüngtes und gebogenes Fadenende einer starken *Beggiatoa* (*arachnoidea?*), 1350:1.
- „ 21. Beggiatoafaden in einfacher Zopfbildung, 360:1.
- „ 22. Desgl. in doppelter Zopfbildung (daneben noch eine Ringspirale), 475:1.
- „ 23.-26. Verwickelte Verschlingungen eines Beggiatoafadens, 650:1.
- V. 27. Beggiatoazysten zwischen Beggiatoa- und Blaualgenfäden, 11K:1.
- „ 28. Desgl., die untere noch schwefelführend, die obere davon entleert (darüber auskristallisiert), 300:1.
- „ 29. Auskristallisierter Schwefel über größtenteils bereits entleerten Beggiatoafäden, 315:1.
30. Schwefeleinlagerungen in einer über Schwefelbakterien gebildeten, aber von aufsteigenden Gasbläschen durchlöcherten Gallerthaut („Schwefelrasen“), 140:1.
- „ 31. Am Ende einer Pflanzenfaser zusammensitzende Fäden des Schwefelbakteriums *Thiothrix (nivea?)*, 90:1.
- „ 32. Strahlig zusammensitzende kurze Keimfäden derselben Art, 750:1.
- VI. 33. Am Ende einer *Nais*-(Borstenwürmchen-)Borste büschelig zusammensitzende *Thiothrix*fäden, 560:1.
- „ 34. Ganz verschiedenartige rote Schwefelbakterien im Verein, 610:1.
- „ 35. Das schwefelführende „Purpurbakterium“ *Thiospirillum sanguineum* in Opalblau, 1350:1.
- „ 36. Scheidenstücke des „Eisenbakteriums“ *Leptothrix ochracea* mit krümeligen An- und Zwischenlagerungen von Eisenhydroxyd, 70:1.
- „ 37. Fäden derselben Art, zum Teil mit Aufspeicherung von Eisenhydr. in den Scheiden, 270:1.
- „ 38. Einlagerung von Eisenhydr. in den Gallerthöfen der Schleimhüllen des Eisenbakt. *Siderocapsa Treubii*(?), 650:1.
- VII. 39. *Spirochaete plicatilis*, zahlreich in dem schleimigen Wandbelag eines Kulturglases, 670:1.
- „ 40. Desgl. gewöhnlich und in Zopfbildung, 670:1
- „ 41. Desgl. als kurzer einfacher Zopf, 1350:1.
- „ 42. Desgl. als Doppelzopf, 1350:1.
- „ 43. Desgl. als längerer Zopf (Vorbereitung zur Teilung?) in Tusche, 1080:1.

- VII. 44. Desgl. mit sekundären größeren Windungen, 1350:1.  
 „ 45. Desgl. nach Zerfall in kleinere Teilstücke (in Tusche), 1350:1.
- VIII. 46. Desgl. lebend aufgetrocknet, 1350:1.  
 „ 47. Desgl. in zweierlei Gestalt (in Tusche), 1350:1.  
 „ 48. Desgl. (mit durch Färbung sichtbar gemachtem Achsenfaden) nebst *Spiroch. stenogyra* (links), 1350:1.  
 „ 49. *Spirochaete stenogyra*, 1350:1.  
 „ 50. Desgl. in Opalblau, oben mit sekundären größeren Windungen, unten teilweise aufgerollt, 1350:1.  
 „ 51. Desgl. in Zopfbildung, 1350:1.  
 „ 52. *Spiroch. plicat.* (Mitte), *stenog.* (rechts) und *lumbriciformis* (links) in Gallerte, 670:1.  
 „ 53. *Spirochaete lumbriciformis* in Opalblau (Teilungsbeginn), 1350:1.
- IX. 54. Desgl. (schwächeres Stück, rechts) nebst *plicat.* (links) in Tusche, 1350:1.  
 „ 55. Desgl. in Zerfallteilung, 900:1.  
 „ 56. Desgl., kleinere Form, in Tusche, 1350:1.  
 „ 57. *Spirochaete pigra*, zahlreich in Gallerte, 570:1.  
 „ 58. *Spirochaete lumbriciformis* in Opalblau (Teilungsbeginn),  
 „ 59. Desgl. mit „Knospen“ (?), 1350:1.  
 „ 60. Aus Mikrospiren oder Vibrionen zusammengesetzter längerer Bakterienfaden (Fuchsinfärbung), 1350:1.  
 „ 61. Vibrionenkette nach Zerfall in ihre Bestandteile (Fuchsinfärb.), 1800:1.  
 „ 62. Fragwürdige Form noch vollständig und in Zerfallteilung, in Opalblau, 1080:1.

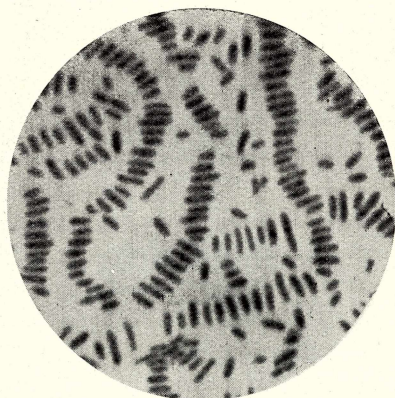




Tafel I



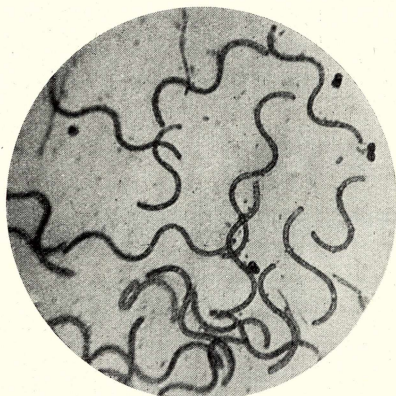
1



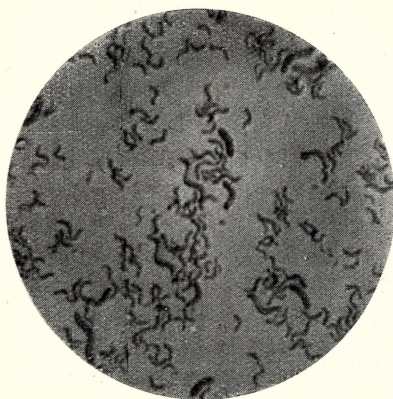
2



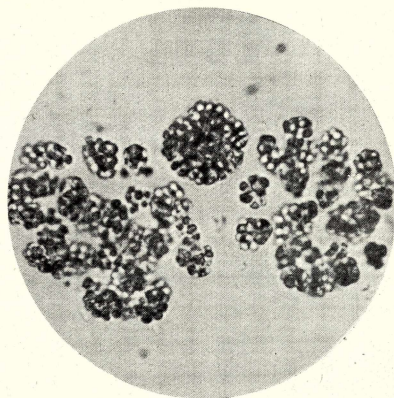
3



4



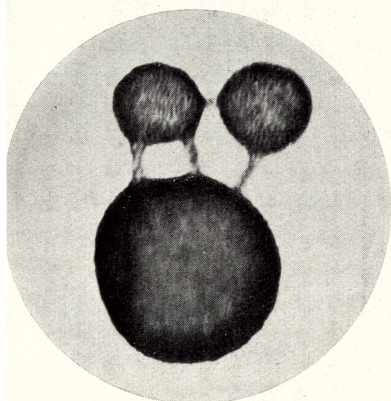
5



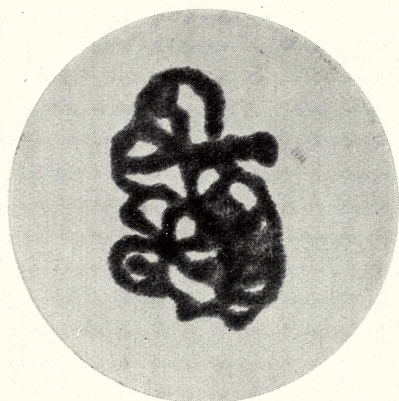
6



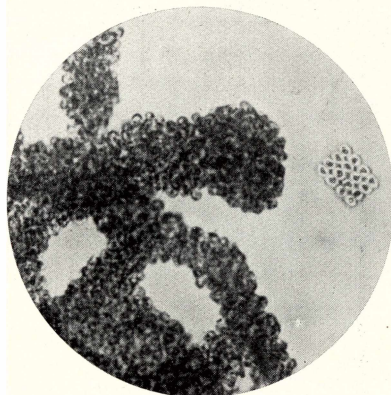
Tafel II



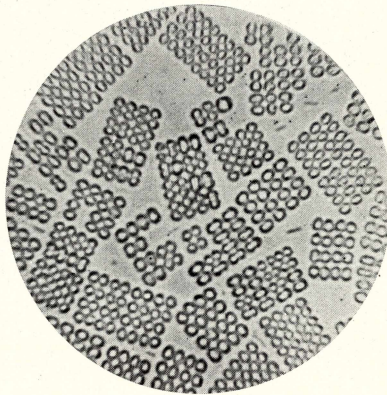
7



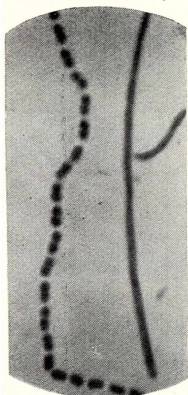
8



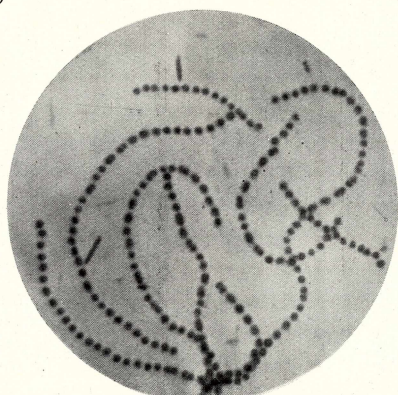
9



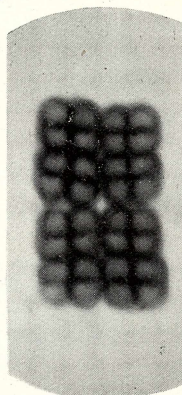
10



12



11



13

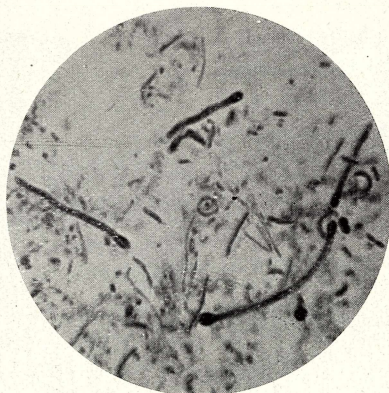




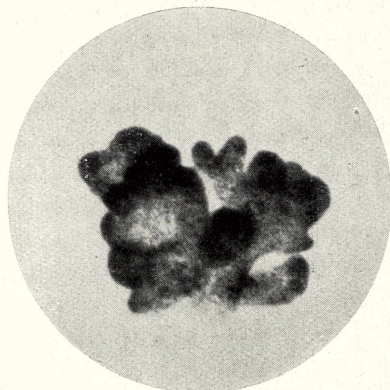
Tafel III



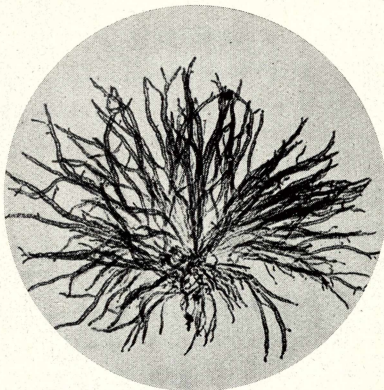
14



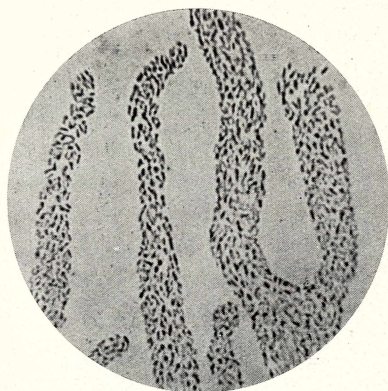
15



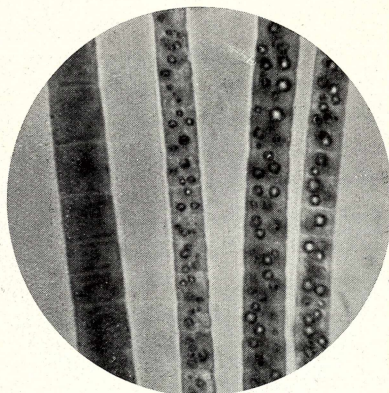
16



17



18

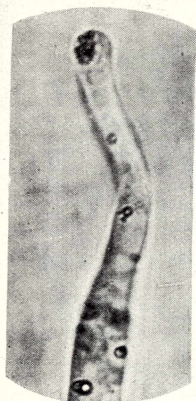


19

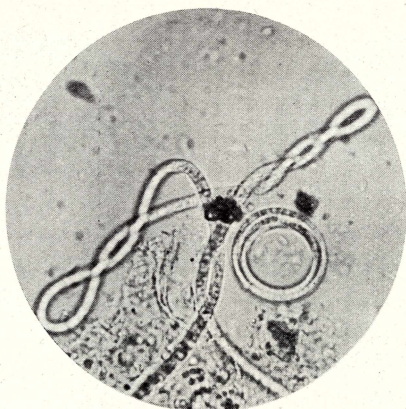




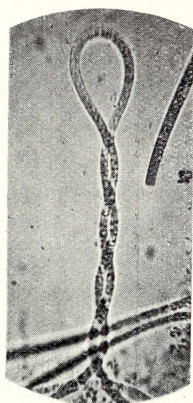
Tafel IV



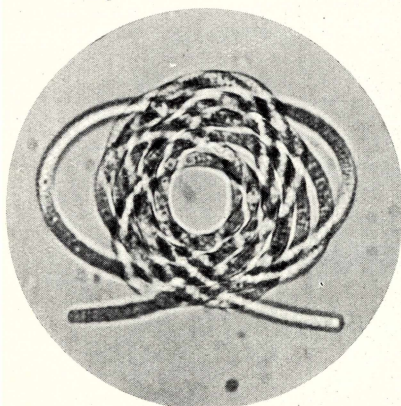
20



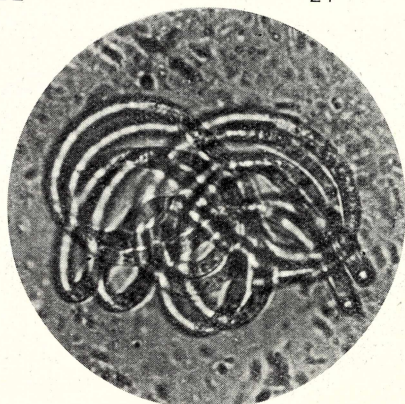
22



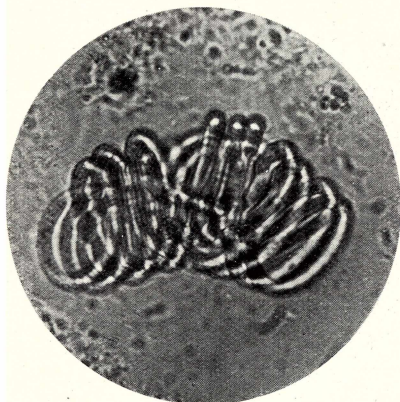
21



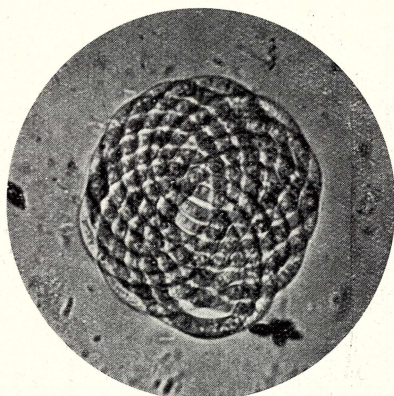
23



24



25

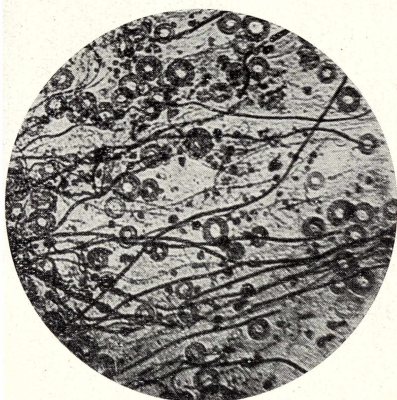


26

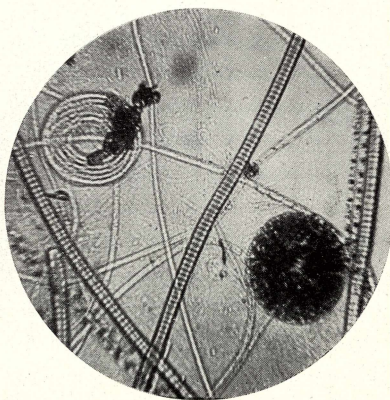




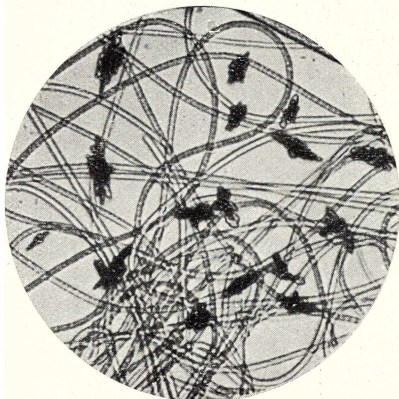
Tafel V



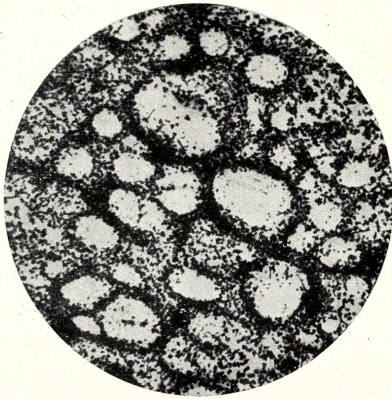
27



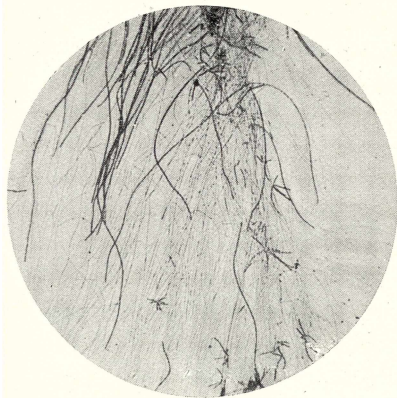
28



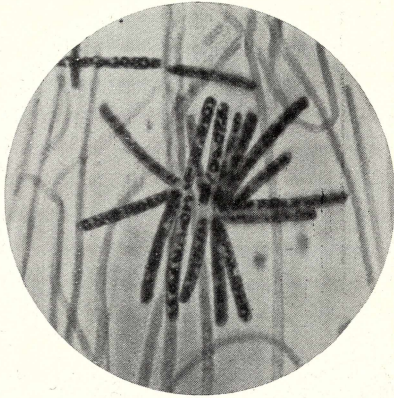
29



30



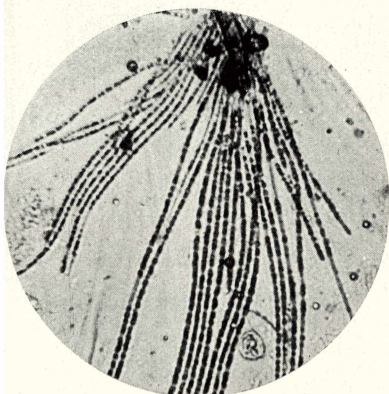
31



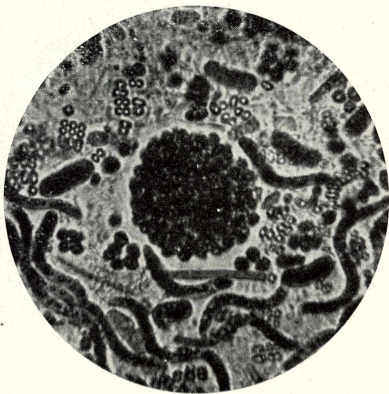
32



Tafel VI



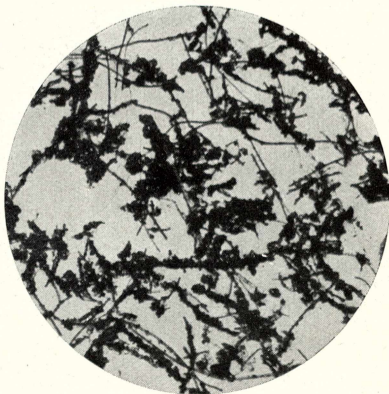
33



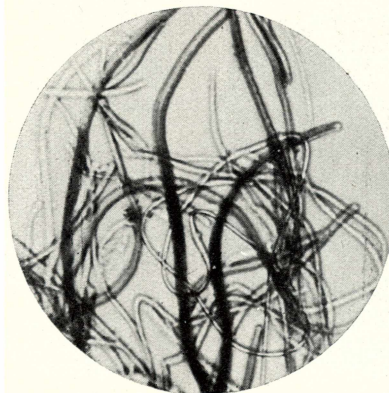
34



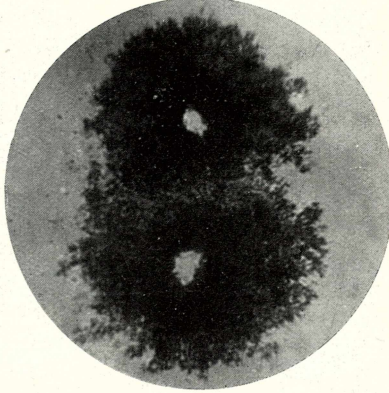
35



36



37

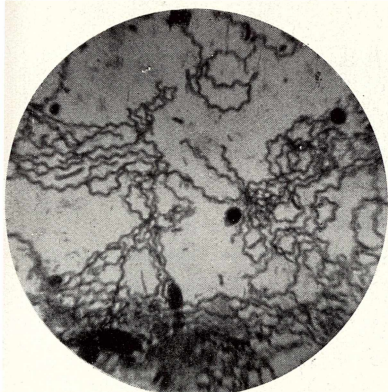


38

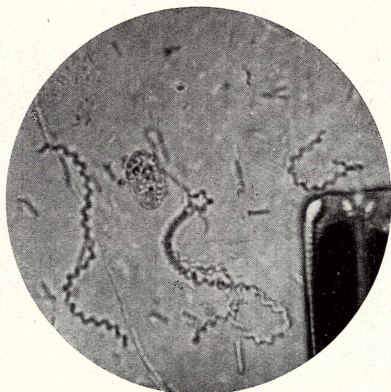




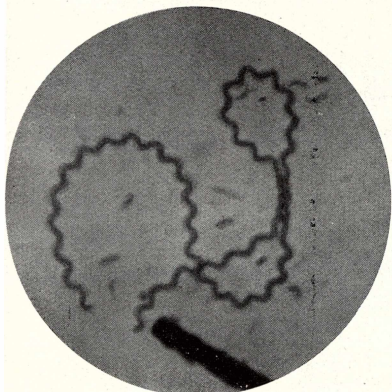
Tafel VII



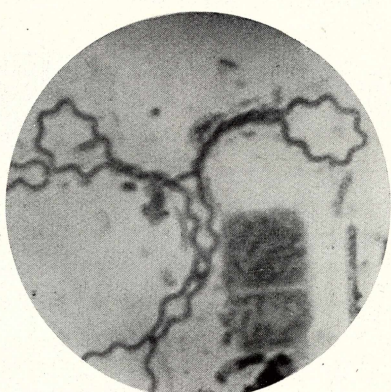
39



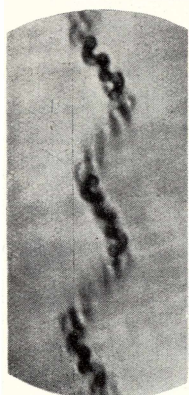
40



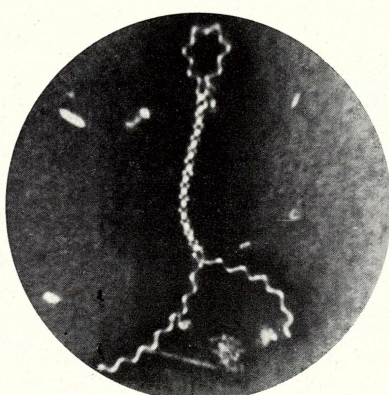
41



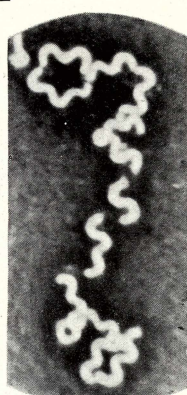
42



44



43

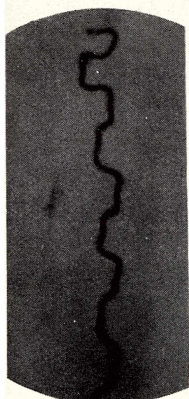


45

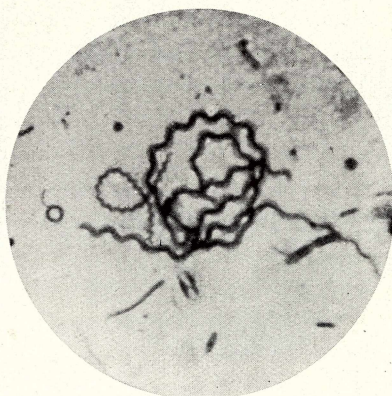




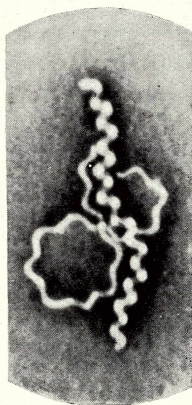
Tafel VIII



46



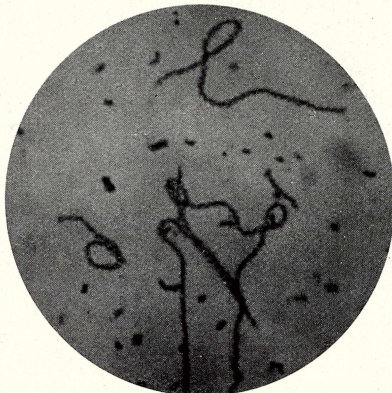
48



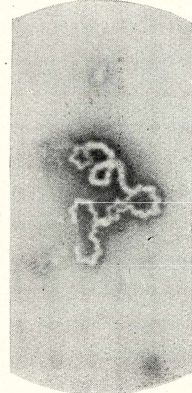
47



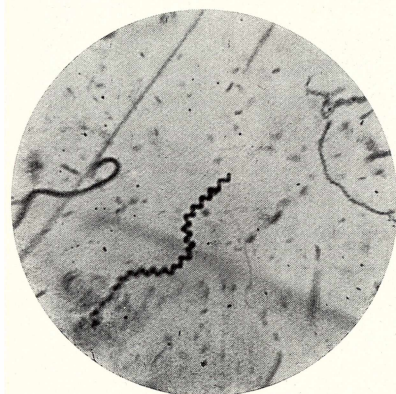
50



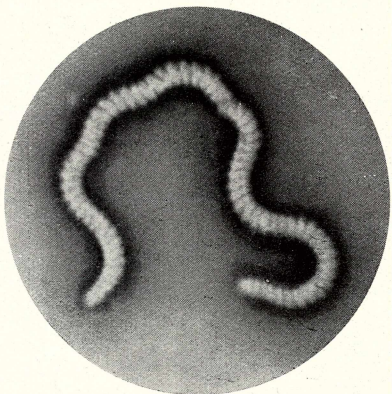
49



51



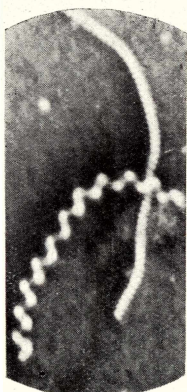
52



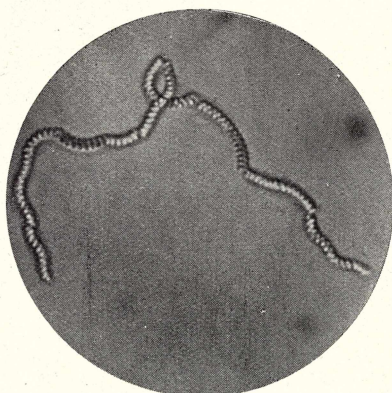
53



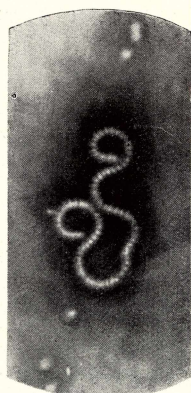
Tafel IX



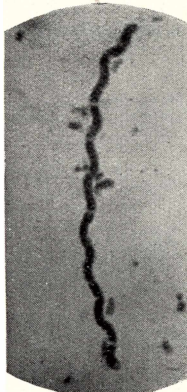
54



55



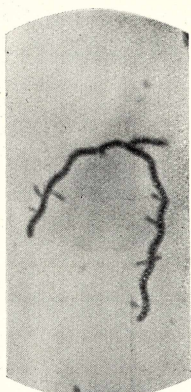
56



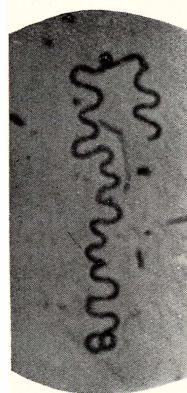
58



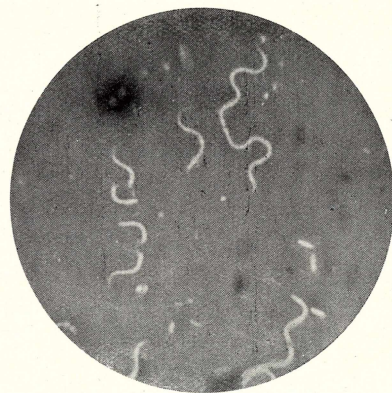
57



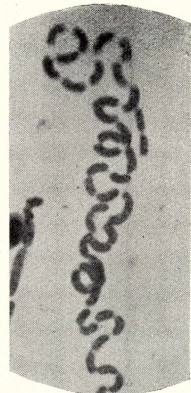
59



60



62



61

## Berichtigungen zu Heft 46

- Seite 84 Zeile 4 von oben fehlt nach Eisenkapsel eine Klammer.  
Seite 86 und 88 sind die Abbildungen (8 und 10) auf den Kopf gestellt.  
Seite 101 Zeile 4 von unten muß es heißen zooglöa statt zoogloa.  
Seite 102 Zeile 9 von oben muß es heißen 110:1 statt 11K:1.  
Seite 102 Zeile 10 von unten muß es heißen hydr. statt hybr.  
Seite 103 Zeile 8 von unten muß es heißen:  
58. Desgl. einzeln (leichte Fuchsinfärb.), 1350:1 statt 53. *Spirochaete lumbriciformis* . . . . .

## Vorbemerkung

**Jeweils 5 Hefte der „Mitteilungen des Thüringischen Botanischen Vereins“ bilden einen Band, zu dem ein alphabetisches Register geliefert wird. Zur Erleichterung des Gebrauches dieses Registers werden die zu einem Band gehörenden Hefte durchgehend paginiert.**