

Die sapropelische Lebewelt.

Ein Beitrag zur Biologie des Faulschlammes natürlicher Gewässer.

Von Robert Lauterborn.

Mit Tafel III.

Inhalt.

	Seite
Einleitung	396
I. Vorkommen und Verbreitung der sapropelischen Lebewelt	400
II. Systematische Übersicht der sapropelischen Organismen	405
1. Bakterien und bakterienartige Formen	405
A. Eubakterien	407
B. Bakterien mit Pseudovakuolen	408
C. Schwefelbakterien	410
D. Freibewegliche flagellatenartige Schizomyceten	416
E. Rhodobakterien	421
F. Chlorobakterien	425
2. Cyanophyceen	434
3. Diatomeen	438
4. Chlorophyceen	438
5. Rhizopoden	439
6. Flagellaten	441
7. Infusorien	444
8. Rotatorien	456
9. Gastrotrichen	458
10. Die übrigen Tierklassen	462
III. Zur Physiologie und Biologie der sapropelischen Organismen	464
1. Die chemischen und physikalischen Bedingungen der nächsten Umwelt	464
2. Die Atmung	465
3. Die Pseudovakuolen sapropelischer Bakterien und Cyanophyceen	467
4. Die spezifische Schwere einiger sapropelischer Organismen	469
5. Sapropelische und parasitische Infusorien	469
6. Sapropelische und Abwasser-Organismen	472
Schlußwort	474
Literatur	475
Tafelerklärung	480

Einleitung.

Die Biologie des Süßwassers steht immer noch vorherrschend im Zeichen des Planktons. Wo vor wenigen Jahrzehnten man in Seen und Teichen nur öde, höchstens von Fischen durchfurchte Wasserfluten sah, hat die Wissenschaft einen neuen Schauplatz organischen Lebens erschlossen. Eine ungeahnte Fülle von Formen tat sich hier auf: so reich und so schön in wechselvoller Gestaltung und Anpassung an das kristallne Element, daß nicht nur zünftige Forscher mit regem Eifer allenthalben Besitz ergriffen von dem vielverheißenden Gebiete, sondern auch die immer mehr anschwellende Schar jener, die nur zur Gemüts- und Augen-ergötzung der Natur sich nahen. So wurde das Plankton Gemeingut, Schlagwort, Mode.

Aber — war es wirklich nur der lockende Reiz des Neuen, nur die ästhetische Freude am Zierlichen und Harmonischen, welche der Tier- und Pflanzenwelt des freien Wassers so viele Freunde warb? Ich glaube kaum. Hier spielte wohl noch ein anderer Faktor mit, ohne den das Plankton kaum jemals derart bevorzugt worden wäre, wie wir es jetzt noch vielfach sehen.

Es gibt keinen zweiten Lebensbezirk zu Wasser und zu Lande, dessen Komponenten so rasch und mühelos, so reinlich und dabei so vollständig zu erbeuten wären wie diejenigen des Planktons. Wenn wir vom gleitenden Kahne aus das feine Netz in die Tiefe eines Sees versenken, dürfen wir mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit darauf rechnen, daß unser Fang so ziemlich den gesamten jeweiligen Artbestand an freischwebenden Lebewesen heraufbringt; nur die allerkleinsten und vielleicht auch die allergrößten Formen könnten uns teilweise entschlüpft sein. Was das Netz zurückhielt, ist normalerweise ein Brei von Pflanzen und Tieren und nur von solchen, frei von allen störenden fremden Beimengungen mineralischer oder organischer Natur. Das hat einen hohen Wert, ganz besonders wenn es gilt, nicht nur an lebendem, sondern auch noch an konserviertem Materiale große Individuenmengen mit einem Blicke vergleichend zu überschauen. Es ist darum auch kein Zufall, wenn bei den neueren Untersuchungen

über Cyclomorphose und cyklische Fortpflanzung, über Varietätenbildung sowie über Wechsel der Fauna und Flora im Kreislauf des Jahres gerade das Plankton eine bedeutsame Rolle gespielt hat und in Zukunft, wie ich hoffe, noch mehr spielen wird.

Nun aber das Gegenstück! Welchen Aufwand von Zeit, Mühe und Sorgfalt erfordert es, um einen auch nur halbwegs vollständigen Überblick über jene Organismen zu gewinnen, welche den Boden eines Gewässers am Ufer oder in der Tiefe bewohnen¹⁾! Das bedingt schon die Vielgestaltigkeit des Untergrundes: der Schlamm, der Sand, das feste Gestein, das Gewirre der Wasserpflanzen — sie alle bergen ihre besondere charakteristische Welt von Tieren und Pflanzen. Nur selten wird es hier möglich sein, die Mikroorganismen einigermaßen rein vom Substrate abzuheben. Bis zu einem gewissen Grade gelingt dies am ehesten noch bei den Diatomeenfilzen unserer Seen, Altwasser und Teiche, ganz besonders, wenn sie bei Sonnenschein durch lebhafte Sauerstoffentwicklung vom Grunde losgelöst und in Fetzen zur Oberfläche emporgetragen werden, weiter bei den mit braunflockigem Schlamm umhüllten Büschen von *Utricularia* und *Myriophyllum*, den *Sphagnum*-Polstern usw. Hier sind die Organismen oft auf kleinstem Raume in eine Art- und Individuenfülle zusammengedrängt, wie man es in der freien Natur sonst kaum wieder antrifft²⁾. In den weitaus meisten Fällen müssen wir beim Pedon mit den Lebewesen stets auch noch weit beträchtlichere Massen der festen Umgebung mitentnehmen, was das Auf-

¹⁾ Man könnte die an den Boden, an die Pflanzen usw., also an ein mehr oder weniger festes Substrat gebundenen Organismen vielleicht als pedonische den frei schwebenden planktonischen gegenüberstellen. Auch das entsprechende Substantivum Pedon würde ganz gut klingen, ist aber sprachlich insofern vielleicht nicht ganz einwandfrei, als το πῆδον nur Boden, speziell Fußboden bedeutet; sprachlich ganz korrekt wäre (nach freundlicher Mitteilung des Herrn Professor Dr. BOLL in Heidelberg) das Wort Empedon. Auf jeden Fall scheint mir aber der Ausdruck Pedon als Gegensatz zum Plankton umfassender und auch genauer zu sein als der öfter gebrauchte Ausdruck Benthos, der nichts weiter als „Tiefe“ bedeutet und darum einigermaßen sinngemäß auch nur für Tiefenbewohner angewendet werden sollte.

²⁾ Auch beim Plankton nicht. Man vergißt gar zu leicht, daß das bunte Gewimmel eines gelungenen Planktonfanges eine ganz unnatürliche Konzentrierung darstellt, welche nur durch das Filtrieren größerer Wassermengen erzielt wurde.

suchen, die Feststellung sowie die ungestörte Beobachtung der einzelnen Formen unter dem Mikroskope natürlich sehr erschwert, eine befriedigende Massenkonservierung des Fanges vielfach völlig unmöglich macht.

So ist denn das Plankton für manche zum Angelpunkt der Hydrobiologie überhaupt geworden. Sehr zu Unrecht, schon darum, weil das, was im freien Wasser schwebt und schwimmt, nur einen Bruchteil dessen darstellt, was ein Gewässer an lebendigem Inhalt birgt. Die Tier- und Pflanzenwelt des Bodens aber etwa nur darum zu vernachlässigen, weil ihr vielleicht der ästhetische Reiz des Planktons abgeht und sie mühsamer zu untersuchen ist als dieses, wäre doch ein recht dilettantischer Standpunkt. Wer hier — nicht nur bildlich gesprochen — tiefer dringt, wird bald inne werden, daß auch auf dem festen Grunde noch Probleme der Biologie ihrer Lösung harren, welche an Bedeutung denen des freien Wassers in keiner Weise nachstehen.

Was hier über das Pedon im allgemeinen angeführt wurde, gilt in ganz besonderem Maße von jenen Bodenorganismen, welche den faulenden organischen Schlamm am Grunde unserer Gewässer bewohnen, und die ich darum im Jahre 1901 zum ersten Male als „Sapropelische Lebewelt“ zusammengefaßt habe³⁾.

Wenn in einer Zeit so regen Strebens auf den verschiedensten Gebieten der Hydrobiologie eine morphologisch wie biologisch derart interessante und charakteristische Lebensgenossenschaft so lange vernachlässigt werden konnte, so muß dies, abgesehen von der bereits hervorgehobenen einseitigen Überschätzung des Planktons, noch einen besonderen Grund gehabt haben. Ich glaube, dieser lag vor allem darin, daß der eigentliche Aufenthaltsort der sapropelischen Organismen recht wenig Einladendes bietet: es gehört für manchen schon eine gewisse Überwindung dazu, sich mit

³⁾ Man liest heutzutage ziemlich viel von einem „Sapropel“. Da ist es an dieser Stelle mir vielleicht gestattet darauf hinzuweisen, daß meine erste Arbeit über die „Sapropelische Lebewelt“ unter diesem Titel bereits im Jahre 1901, also drei Jahre früher erschien als POTONIEs erste Publikation über das „Sapropel“. (H. POTONIE, Über Faulschlamm [Sapropel]. Sitzungsber. Gesellsch. Naturf. Freunde, Berlin 1904, S. 243—245.) POTONIE, der meine Arbeit nicht gekannt zu haben scheint, faßt den Begriff des „Sapropels“ weiter als ich denjenigen der eigentlichen sapropelischen Lebewelt.

diesem faulen stinkenden Schlamm etwas näher zu befassen. Dazu kommt noch, daß eine ganze Reihe gerade der charakteristischsten Formen hier nicht auf, sondern „kryptopelisch“ in dem Schlamm leben, wo ihre Individuenmenge zudem oft noch recht gering ist; sie wollen darum also schon etwas gesucht sein.

Wer sich aber in diese verborgene Welt erst einmal etwas vertieft hat, der findet hier ein Arbeitsfeld, welches noch auf Jahre hinaus eine Fülle des Interessanten nach den verschiedensten Richtungen hin zu bieten vermag. Zunächst in rein deskriptiv-systematischer Hinsicht. Ganz ungewöhnlich groß und noch lange nicht erschöpft ist der Reichtum an höchst eigenartigen Bakterien, Infusorien, Gastrotrichen usw., welche hier und nur hier die ihnen zusagenden Existenzbedingungen finden. Dazu eine beträchtliche Zahl mehr oder weniger problematischer Formen, deren Einreihung in unser jetziges scheinbar so wohlgegliedertes System noch manche Schwierigkeiten bietet. Und trotzdem möchte ich eine Erweiterung unserer Kenntnisse nach dieser Richtung hin noch nicht einmal für das Wichtigste halten. Viel bedeutungsvoller dürfte die Erforschung der Biologie, vor allem der Physiologie der sapropelischen Organismen werden. Wenn es erst einmal gelungen sein wird, gewisse Vertreter derselben — ich denke hierbei an bestimmte Bakterien und bakterienähnliche Formen — zu isolieren⁴⁾, in Reinkultur zu züchten und mit den Hilfsmitteln moderner Forschung ihre speziellen physiologischen Leistungen festzustellen, so dürfte nach meiner festen Überzeugung hier Tatsachen zutage treten, welche einen Vergleich mit den so weittragenden Ergebnissen der Mikrobiologie der letzten Jahrzehnte kaum zu scheuen haben werden.

Zu diesen Forschungen die Anregung zu geben, war meine vorläufige Mitteilung vom Jahre 1901 bestimmt; ihnen — soweit dies heute möglich ist — eine breitere systematisch-biologische Grundlage zu schaffen, soll die Hauptaufgabe der vorliegenden Arbeit sein.

⁴⁾ Der Umstand, daß zahlreiche sapropelische Organismen im Schlamm, zwischen Massen von Celluloseresten leben, erschwert bei den kleinen nur vereinzelt auftretenden Formen alle etwas komplizierteren Färbungen, wie sie namentlich bei Sichtbarmachung der Bakteriengeißeln nötig sind, außerordentlich. Dies wolle in Betracht gezogen werden, wenn in folgendem bei den bakterienartigen Organismen hauptsächlich die Beobachtungen am lebenden Objekte zugrunde gelegt sind.

I. Vorkommen und Verbreitung der sapropelischen Lebewelt.

Die sapropelische Lebewelt umfaßt, wie der Name besagt, die Tier- und Pflanzenwelt des faulenden organischen Schlammes am Grunde der Gewässer, des Süßwassers wie auch des Meeres.

Dieser Schlamm besteht zum weitaus überwiegenden Teil aus pflanzlichen Resten aller Art, dazu aus Residuen und Exkrementen von Tieren; anorganische mineralische Bestandteile treten hier völlig in den Hintergrund.

Die Hauptbedingung für die Bildung eines solchen organischen Schlammes ist also zunächst das Vorhandensein einer üppigen Vegetation höherer Pflanzen im und unter Umständen auch am Wasser. Beim Absterben sinken die Reste derselben zu Boden, zerfallen, der plasmatische Inhalt der Zellen geht bald in Fäulnis über, während die cellulosereichen Zellmembranen viel länger der Zerstörung widerstehen.

Dieser Vorgang spielt sich jahraus jahrein in allen Gewässern ab, die überhaupt Pflanzen enthalten. Damit es hier aber zu einer beträchtlicheren Anreicherung eines cellulosereichen organischen Schlammes und zur typischen Ausbildung einer sapropelischen Lebewelt kommt, müssen noch besondere Bedingungen erfüllt sein. Dazu gehören vor allem Ruhe des Wassers und Schutz vor allzu intensiver Durchleuchtung.

Es ist klar, daß eine völlig ungestörte Ablagerung des Schlammes nur in ruhigen Gewässern vor sich gehen kann. In unseren Flüssen und Bächen wird die absterbende Vegetation durch die Strömung von ihren Ursprungsorten entführt und nur bisweilen wieder, meist mit Schlick und Sand vermischt, sekundär in stillen Buchten, Altwasser usw. zusammengeschwemmt⁵⁾.

⁵⁾ In den Riesenströmen des nördlichen Sibiriens, besonders im Ob, kommt es während der langen Winternacht unter der mächtigen Eisdecke auf Strecken mit langsamer Strömung und morastigem Grunde zu sehr ausgedehnten Fäulniserscheinungen: das Wasser wird weithin stinkend, „tot“, so daß kein Fisch hier mehr zu atmen vermag. Hierüber hat schon PETER SIMON PALLAS, der große Erforscher Sibiriens, eine Reihe von Beobachtungen mitgeteilt (Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reiches, III. Teil,

Ein weiterer Faktor von ausschlaggebender Bedeutung ist ein genügender Schutz vor allzu intensiver Beleuchtung. Das Sonnenlicht bewirkt zunächst eine lebhaftere Sauerstoffproduktion der chromatophorenführenden Pflanzen und Flagellaten und fördert dadurch mit Hilfe aerober Bakterien in hohem Maße die Spaltung, fortschreitende Oxydierung und schließlich „Mineralisierung“ der organischen Substanz in stabilere anorganische Verbindungen. Dabei wird der Kohlenstoff des zerfallenden Eiweißmoleküls zu Kohlensäure CO_2 , der Stickstoff als Ammoniak NH_3 durch die Tätigkeit der Nitrit- und Nitratbakterien zu salpetriger Säure N_2O_3 und weiter zu Salpetersäure N_2O_5 , der Wasserstoff zu Wasser H_2O , der Schwefel als Schwefelwasserstoff H_2S durch die Schwefelbakterien schließlich zu Schwefelsäure H_2SO_4 oxydiert, die sich mit dem kohlensauren Kalk des Wassers zu schwefelsaurem Kalk verbindet. Bei Abschluß oder stärkerer Dämpfung des Lichtes und dem dadurch bedingten Mangel an Sauerstoff überwiegen im Schlamm stagnierender und schlecht durchlüfteter Gewässer Reduktionserscheinungen, meist durch anaerobe Bakterien bewirkt. Es tritt dann an Stelle der normalen stetig fortschreitenden oxydativen Spaltung eine unvollständige Zersetzung der organischen Substanz, unter Bildung gewisser organischer Säuren (Fettsäuren usw.) und beträchtlicher Mengen lebensfeindlicher Gase wie Methan CH_4 , Kohlensäure CO_2 , Wasserstoff, und dann ganz besonders Schwefelwasserstoff H_2S . Der Schlamm geht in stinkende Fäulnis über. Damit sind die eigenartigen Lebensbedingungen für die sapropelische Organismen gegeben.

Eine einfache Überlegung zeigt, daß die Hauptbedingungen einer typischen Faulschlamm-Bildung — Überfülle zerfallender vegetabilischer Reste, Stagnation des Wassers, Sauerstoffmangel meist bei beschränkter Belichtung — sich am ehesten in abgeschlossenen kleineren Gewässern, in Teichen, Tümpeln und Gräben vereint finden. Auch in seichten pflanzenreichen Seen ist eine Bildung von Faulschlamm möglich. In großen und tiefen Seen dagegen ist die Vegetation in unseren Breiten niemals so üppig entwickelt, daß sie den ganzen Spiegel überzieht; das ist hier höchstens in Uferbuchten

1. Bd., S. 80—81, Petersburg 1776). Es wäre jedenfalls von Interesse, diese Erscheinung genauer zu untersuchen: handelt es sich hierbei doch um ganz gewaltige „natürliche Flußverunreinigungen“, für welche die Ströme Europas kaum ein einziges entsprechendes Beispiel bieten können.

oder sonstwie mehr oder weniger abgeschlossenen flacheren Becken der Fall. Dazu kommt noch, daß in Seen, sowie in den meisten Altwassern die Art- und Individuenzahl schlammfressender Tiere wie Schnecken, Muscheln, Tubificiden, Crustaceen, Insektenlarven usw. — meist viel beträchtlicher ist als in den kleinen abgeschlossenen Teichen und Tümpeln.

Im einzelnen weisen nun die Stätten einer reichen Entfaltung sapropelischen Lebens mannigfache Verschiedenheiten auf. Ich möchte in folgendem nur einige der typischsten Lokalitäten herausgreifen.

Da sind vor allem einmal die Teiche in Wäldern und Gebüsch, meist mit steil abfallenden Uferhängen und oft von einem Schilfgürtel (*Phragmites communis*) umgeben. Ihre Oberfläche erscheint gewöhnlich mit einer dichten Decke von *Lemna* (hauptsächlich *L. minor*, dann auch *L. polyrrhiza*) übergrünt, die als kräftiger Lichtschirm wirkt; das Wasser selbst ist durchwuchert von zahllosen *Lemna trisulca*. Sonstige Phanerogamen finden sich nur recht selten, mit Ausnahme von *Ceratophyllum demersum*, dessen flutenden Büsche auch ziemlich stark „verunreinigtes“ Wasser ertragen. Der Boden dieser Becken ist mit einem äußerst lockeren oft mehr als metertiefen Schlamm bedeckt, der sich fast ausschließlich aus gebleichten Resten von *Lemna* sowie eingewehten Laubblättern in den verschiedensten Stadien des Zerfalls zusammensetzt. Die oberen Schichten dieses Schlammbreies sind ziemlich grob strukturiert, meist von bräunlicher Farbe und wohl stets mit den charakteristischen rotvioletten Flöckchen von Purpurbakterien durchwirkt; wo die Lemnadecke Lücken zeigt, fehlen auch blaugrüne Oscillarienfilze nicht. In den tieferen Lagen wird der Schlamm immer feinkrümeliger, kompakter und nimmt mehr und mehr eine schwärzliche Farbe an, die durch das reichliche Vorkommen von Schwefeleisen FeS bedingt wird.

Ähnliche Lokalitäten finden sich auch in Sumpfgebieten, wo alte Torf- und Lehmgruben, tiefere Gräben, mit Erlen und Weiden umstanden sind, ferner in stark verwachsenen Rohrtümpeln usw. In einigen Fällen traf ich die sapropelischen Organismen auch in Waldtümpeln und -gräben, die gar keine eigentlichen Wasserpflanzen enthielten, wo also der schwarze Faulschlamm lediglich von dem eingewehten Herbstlaub gebildet wurde, dessen Blättermassen die tiefen Schlammpartien sehr wirksam gegen das Licht schützen.

Besonders reich und vielgestaltig ist weiter das sapropelische Leben in Gewässern entwickelt, die am Grunde ausgedehnte Rasen von *Characeen*, vor allem der Gattung *Chara* selbst (*Ch. foetida*, *Ch. aspera* usw.) bergen⁶⁾. Die kalkinkrustierten sparrigen Stengel und Blätter bilden nach ihrem Absterben mächtige Ablagerungen eines bräunlichen Faulschlammes mit besonders lebhafter Schwefelwasserstoffentwicklung. Auch hier ist die Oberfläche des halbflüssigen Schlammes meist dicht durchwirkt mit zahllosen Purpurbakterien der verschiedensten Gattungen, mit gelb- und blaugrünen Flocken und Filzen von *Oscillarien*, Chlorobakterien und verwandten Formen; farblose Schwefelbakterien fehlen ebenfalls nicht und überziehen den Grund der Tümpel und Teiche stellenweise mit einem milchig-opaken Schimmer oder umspinnen die zerfallenden Charastengel mit kreidig weissen Filzen.

Gewässer dieser Art haben sicherlich eine sehr weite Verbreitung; sie dürften sich in unseren Breiten wohl fast überall nachweisen lassen, besonders in ebenem und hügeligem Gelände mit kalkhaltigem Untergrund. In höheren Mittelgebirgen (Schwarzwald, Vogesen) sowie in den Alpen (Quellgebiet des Rheins) habe ich Lokalitäten mit einer typisch sapropelischen Fauna und Flora bis jetzt nicht angetroffen. Die reichsten Fundstätten bot mir die Rheinebene: so ein jetzt zugeschütteter Rohrtümpel bei Ludwigshafen, mehrere Waldteiche bei Neuhausen, ein Graben bei Bobenheim, alte Torfgruben bei Neuhausen, Maudach und Viernheim, sumpfige Gräben unter Weidengebüsch bei Mannheim, die Festungsgräben bei Germersheim, der Altrhein bei Illingen (unweit Rastatt) usw.

Was das jahreszeitliche Vorkommen der sapropelischen Lebewelt anbelangt, so fällt deren Hauptentfaltung naturgemäß auf die Periode des lebhaftesten Absterbens und Zerfalles der Wasservegetation, also auf Spätherbst, Winter und besonders Vorfrühling. Um diese Zeit ist ja durch die tiefer stehende Sonne, die Kürze der Tage, der Lichtgenuss und damit die Durchlüftung der Gewässer auf ein Minimum herabgesetzt, ganz besonders wenn noch eine Eisdecke den Spiegel von der Luft abschließt. Im Hochsommer treten die eigentlichen sapropelischen Organismen mehr oder weniger zurück. Am besten halten sie sich um diese Zeit

⁶⁾ In Gewässern, deren Grund mit den kaum inkrustierten Beständen von *Nitella* übergrünt sind, sah ich niemals derart mächtige Faulschlammablagerungen wie in denjenigen mit *Chara*.

noch in dicht beschatteten Teichen; in offenen Gewässern verschwinden sie entweder völlig oder ziehen sich nach tieferen Schichten des Schlammes, was jedenfalls mit der üppigen Entfaltung der grundständigen Vegetation und deren gesteigerter Sauerstoffproduktion im Zusammenhang steht. Höchst wahrscheinlich wirkt das Sonnenlicht auch direkt schädigend auf die anaeroben Organismen ein.

Meine eigenen Untersuchungen erstreckten sich bisher nur auf die sapropelischen Organismen des Süßwassers. Daß diese aber auch dem Meere nicht fehlen, lehrt WARMINGS inhaltsreiche Arbeit über die Bakterien der dänischen Küsten (1876). Hier werden sowohl im Gebiete der Ostsee als auch der Nordsee durch den Wellenschlag oft sehr beträchtliche Mengen von Seegras (*Zostera marina*) sowie Algen vom Grunde losgerissen, in stille Buchten und Strandtümpel eingeschwemmt, wo die Pflanzensubstanz in Gärung und Fäulnis übergeht. Dabei entwickeln sich zahllose Bakterien der verschiedensten Gattungen und Arten, darunter vor allem die Purpurbakterien oft in solchen Massen, daß das Wasser der Buchten rot gefärbt erscheint. Bemerkenswert ist hierbei die sehr weitgehende artliche Übereinstimmung der sapropelen Bakterienflor des Meeres mit derjenigen des Süßwassers: wie die folgenden Ausführungen ergeben werden, konnte ich eine ganze Anzahl der von WARMING beschriebenen, bisher ausschließlich als marin betrachteten Formen auch im Süßwasser nachweisen.

Eine üppige Entfaltung sapropelischen Lebens zeigen auch die Schwefelquellen, über deren Bakterien- und Algenflor neuerdings SZAFFER (1910) und STRZESJEWSKY (1913) berichtet haben. Hier scheinen neben den gewöhnlichen Schwefel- und Purpurbakterien besonders auch jene eigenartigen gelbgrünen Chlorobakterien zu charakteristischer Entwicklung zu gelangen, welche die genannten Autoren noch als Algen und zwar als Angehörige der Gattung *Aphanothece* betrachteten und die ich in unseren Teichen und Tümpeln ebenfalls hauptsächlich zur Zeit der stärksten Anreicherung von Schwefelwasserstoff, im Winter unter der Eisdecke, in größeren Mengen vorgefunden habe.

•

II. Systematische Übersicht der Sapropelischen Organismen.

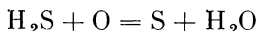
In folgendem soll nun der Versuch gemacht werden in systematischer Reihenfolge diejenigen Pflanzen und Tiere vorzuführen, welche der sapropelischen Lebewelt natürlicher Standorte ihr charakteristisches Gepräge verleihen, sei es, daß sie als Leitformen dieser Biocoenose überhaupt nur hier vorkommen, sei es, daß sie hier als Massenformen die größte Individuenzahl im Vergleich mit anderen Schlammansammlungen erreichen. Wir beginnen dabei mit den niedersten Formen, den Bakterien und steigen über die Algen und Protozoen zu den Metazoen auf.

1. Bakterien und bakterienartige Organismen.

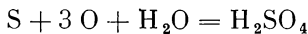
An Stätten, wo wie im faulenden Schlamm so gewaltige Mengen organischer Substanz dem Zerfall und der Zersetzung, der Fäulnis und Gärung unterliegen, spielen die Bakterien naturgemäß eine höchst bedeutungsvolle Rolle. Zwar ist es nicht möglich, das Heer der kleinsten Formen morphologisch so zu charakterisieren, daß die einzelnen Arten des bunten Gewimmels durch das mikroskopische Bild allein in allen Fällen mit Sicherheit zu bestimmen wären: dazu bietet die oft so gleichförmige äußere Gestaltung zu wenig unterscheidende Merkmale. Trotzdem sind wir im Stande, das Vorkommen einer ganzen Reihe von Bakterien im Schlamm lediglich aus den physiologischen Leistungen derselben festzustellen. Wir wissen, daß an dem Abbau der organischen Substanz, an der Fäulnis der Eiweißkörper wie an der Vergärung der Kohlehydrate eine ganze Anzahl von Bakterienarten beteiligt sind, von denen einige, wie z. B. gewisse Fäulnisbakterien, recht verschiedenartige biochemische Umsetzungen zu vollführen im Stande sind, während eine nicht unbeträchtliche Reihe anderer auf ganz spezielle, oft eng begrenzte physiologische Leistungen eingestellt sind. Zu den wichtigsten dieser gehören im faulenden Schlamm mit seinen Ablagerungen pflanzlicher Zellhäute vor allem die Vergärer der Cellulose, der *Bacillus cellulosae methanicus* OMELIANSKI, der die Cellulose unter Bildung von Methan, Kohlensäure und Fett-

säuren zersetzt, sowie der *B. cellulosaе hydrogenicus* OMELIANSKI, welcher aus der Cellulose Wasserstoff, Kohlensäure und Fettsäuren entbindet. Dadurch wird die sonst so schwer angreifbare Cellulose erst dem Kreislauf der organischen Substanz erschlossen.

Weiter sind die Stätten sapropelischen Lebens die eigentliche Heimat der Schwefelbakterien, deren überwiegende Mehrheit nur hier sich in größerer Üppigkeit entfaltet. Morphologisch von höchster Vielgestaltigkeit nimmt diese Gruppe einen sehr bedeutungsvollen Anteil an den biochemischen Umwandlungen des faulenden Schlammes. Besitzen doch, wie WINOGRADSKYS grundlegende Untersuchungen dargetan haben, die typischen Schwefelbakterien die merkwürdige Fähigkeit den bei der Eiweißfäulnis stets in reichlichen Mengen entbundenen Schwefelwasserstoff H_2S nach der Formel

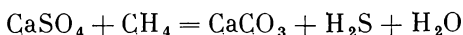


zu Schwefel zu oxydieren, der dann in Gestalt dunkler Kügelchen in den Zellen aufgespeichert, bei Bedarf aber weiter zu Schwefelsäure oxydiert wird:



Die so gebildete Schwefelsäure wird durch die im Wasser vorhandenen Karbonate sofort neutralisiert, die Karbonate werden also in Sulfate übergeführt.

Unter diesen Umständen wäre eigentlich zu erwarten, daß in kalkreichen Gewässern, die viele Schwefelbakterien enthalten, schließlich eine beträchtliche Anreicherung von schwefelsaurem Kalk, also Gips, eintreten müßte. Einer stärkeren Anreicherung wirkt aber eine andere Gruppe von Bakterien, diejenige der desulfurierenden oder gipszerstörenden Formen entgegen, welche die Sulfate immer wieder zu Sulfiden reduzieren. In dieser Richtung ist besonders das von BEIJERINCK aus Grabenschlamm isolierte und in Reinkultur gezüchtete *Spirillum (Microspira) desulfuricans* tätig, welches anaërob lebt. Weiter gehören hierher nach NADSONS (1903) Angaben *Bacillus mycoides* FLÜGGE und *Bacterium vulgare* LEHM. et NEUM., die bei Gegenwart von Methan — welches in unserem Falle bei der Cellulosegärung ja stets reichlich gebildet wird — die Sulfate unter Entbindung von H_2S anaërob wieder in Karbonate verwandeln nach der Formel:



Besonders reich an Karbonaten und Sulfaten ist der Schlamm

am Grunde von *Characeen*-Teichen: enthalten doch die starren Stengel von *Chara aspera*, *Ch. foetida*, *Ch. hispida* usw. sehr beträchtliche Mengen von kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk. Der auffallend starke Geruch nach H_2S , den gerade dieser Schlamm entbindet, dürfte zu einem großen Teil auf der Tätigkeit der sulfat-reduzierenden Bakterien beruhen.

In folgendem soll nun der Versuch gemacht werden, jene sapropelischen Bakterien und bakterienartigen Organismen aufzuzählen, welche sich auch rein morphologisch charakterisieren lassen. Die größte Schwierigkeit hierbei bietet die systematische Anordnung: treten uns doch hier, wie bereits bemerkt, eine ganze Anzahl Formen entgegen, die derart vom gewohnten Typus der Bakterien abweichen, daß sie im Rahmen des jetzigen Systems kaum unterzubringen sind. Dazu kommen Formen wie die Familie der *Chlorobacteriaceen*, welche Merkmale der Cyanophyceen und Bakterien vereinen, während andere wie die Gattungen *Pelosphaera*, *Thiophysa* und *Thiovulum* zu den Flagellaten überleiten. Alles das trägt dazu bei, daß die hier befolgte Anordnung nur eine mehr oder weniger provisorische sein kann.

A. Eubakterien.

Die Zahl der kleinen und kleinsten Bakterien ist im Faulschlamm eine recht beträchtliche, erreicht aber hier doch kaum jemals das reiche Gewimmel, wie man es so oft im organischen Abwasserschlamm beobachtet. Es dürfte sich dabei meist um mehr oder weniger anaerobe Arten handeln, die aber erst durch Reinkulturen genauer auseinander gehalten werden könnten.

WARMING hat 1876 aus dem Faulschlamm dänischer Küsten eine ganze Reihe z. T. recht vielgestaltiger Bakterien beschrieben, welche bei erneuter Untersuchung sich wohl vielfach als Sammelarten erweisen werden. Ich habe im Faulschlamm des Süßwassers eine Anzahl von Formen gefunden, die mit den von WARMING als *Bacterium griseum* WARMING, *B. litoreum* WARMING, *B. lineola* (MÜLLER) COHN, *Spirillum tenue* EHRB., *S. volutans* EHRB. beschriebenen Arten weitgehende Ähnlichkeit besaßen, ohne daß ich jedoch aus naheliegenden Gründen für die *Bacterium*-Arten die völlige Identität behaupten könnte. Ein gewisses morphologisches Interesse bot weiterhin eine etwa $1\ \mu$ dicke fädige Bakterienform, die in Mehrzahl zu über $100\ \mu$ langen seilartigen aber ziemlich straffen Bündeln zusammengedreht erschien.

B. Bakterien mit Pseudovakuolen.

Gatt. *Pelonema* nov. gen.

Zellen im Innern mit Pseudovakuolen, zu Fäden vereint. Fäden ziemlich straff bis starr, oft sehr lang, dünn, bewegungslos.

Pelonema tenue nov. spec. Taf. III, Fig. 1.

Zellen im Innern mit einer einzigen, fast die ganze Zelle erfüllenden, unregelmäßig begrenzten schwach lichtbrechenden Pseudovakuole. Länge der Zellen 8—12 μ , Breite 2 μ . Faden bis 300 μ lang.

Pelonema pseudovacuolatum nov. spec. Taf. III, Fig. 2.

Zellen im Innern mit scharf begrenzten stark lichtbrechenden unregelmäßigen Pseudovakuolen. Länge der Zellen 4 μ , Breite 2 μ . Fäden bis über 500 μ lang.

Pelonema (?) *spirale* nov. spec. Taf. III, Fig. 3.

Fäden locker spiralig gedreht, im Innern mit zahlreichen kleinen Pseudovakuolen. Fäden 40—160 μ lang, 1—1,5 μ dick; Abstand der Windungen 8—14 μ .

Alle Arten nicht selten im faulenden Schlamm von *Characeen*-Teichen. In der Rheinebene an allen geeigneten Lokalitäten, besonders zahlreich bei Maudach.

Unter dem Namen *Pelonema* fasse ich eine Anzahl Fadenbakterien zusammen, die besonders durch die Struktur ihrer Zellen charakterisiert sind. Dieselben sind nicht gleichmäßig mit Plasma erfüllt, sondern in eigentümlicher Weise zerklüftet, so daß vakuolenartige Räume entstehen, die bald fast den ganzen Zellraum erfüllen, wie bei *P. tenue*, bald auf kleine unregelmäßig begrenzte Partien beschränkt sind, wie bei *P. pseudovacuolatum*. Im Leben heben sich diese Gebilde durch einen rötlichen Glanz scharf von dem bläulichweiß schimmernden Zellplasma ab.

Es handelt sich hier jedenfalls um dieselben Zelleinschlüsse, die schon früher bei planktonischen Cyanophyceen, dann bei Purpurbakterien als „Gasvakuolen“ oder als „Schwebekörper“ (Airosomen MOLISCH) beschrieben worden sind und die gerade bei sapropelischen Bakterien und Cyanophyceen mit besonderer Deutlichkeit in Erscheinung treten. Näheres über diese Gebilde wird der 3. Abschnitt dieser Arbeit bringen.

Die Zugehörigkeit von *P. spirale* zur Gattung bleibt noch etwas zweifelhaft, da diese Art durch die spiralige Drehung der Fäden sowie die Undeutlichkeit der Zellgrenzen in einem gewissen Gegensatz zu *P. tenue* und *P. pseudovacuolatum* steht.

Gatt. ***Peloploca*** LAUTERBORN.

Fadenförmige starre Zellfäden, in paralleler Lagerung zu Bündeln und Bändern zusammenschließend. Zellen mit Pseudovakuolen. Bewegungslos.

Peloploca undulata LAUTERBORN 1913, S. 99. — Taf. III, Fig. 4—5.

Zellfäden schwach spiralig gewunden, zu einem wellenförmig gebogenen parallel gestreiften Fadenbündel zusammenschließend. Zellen 6—10 μ lang, Bündel 60—150 μ lang.

Peloploca taeniata LAUTERBORN 1913, S. 99. — Taf. III, Fig. 6—7.

Zellfäden zu ziemlich breiten, bisweilen gedrehten Bändern vereint, die durch die Pseudovakuolen der Einzelzellen wie gegittert erscheinen. Zellen 3—4 μ lang, Bänder bis über 700 μ lang.

Im faulenden Schlamm von *Characeen*-Teichen der Rheinebene durchaus nicht selten. Sicher weiter verbreitet, aber wohl wegen der Ähnlichkeit mit mazerierten pflanzlichen Gefäßen bisher übersehen.

Die Gattung *Peloploca* stellt durch die bündel- oder bandförmigen Verbände parallel gerichteter starrer Fäden einen eigenartigen Typus der Bakterien dar. Die Breite der Bündel und Bänder wechselt je nach der Zahl der Fäden, ebenso ist die Länge der Fäden in den einzelnen Verbänden verschieden, so daß die freien Enden derselben meist mehr oder weniger aufgefaserst erscheinen. An den vorspringenden Fadenenden ist der Bau der Zellen am besten zu erkennen: die Zellwand ist deutlich doppelt konturiert und von einem dünnen plasmatischen Wandbelag ausgekleidet, der in unregelmäßig ausgebuchteten Konturen gegen das Zellinnere vorspringt, das von einem vakuolenartigen Hohlraum erfüllt erscheint. Bei *Peloploca undulata* ist die Pseudovakuole meist einheitlich, bei *P. taeniata* dagegen meist durch quere Plasmabrücken in kleinere Räume zerfällt. Wie bei *Pelonema* schimmern die Pseudovakuolen rötlich, während Plasma und Membran bläulichweiß erscheinen.

Die zahlreichen Pseudovakuolen verleihen den bandförmigen flachen Verbänden von *P. taeniata* ein eigentümliches gegittertes und fast glitzerndes Aussehen. Schwieriger ist wegen der größeren Dicke der Bau der Fadenbündel von *P. undulata* zu enträtseln. Bei schwachen Vergrößerungen erscheinen die Verbände sehr deutlich gestreift und zwar macht es den Eindruck als wenn bläulich-weiße homogene gewellte Fäden mit pseudovakuolenführenden

granulierten Fadenreihen abwechseln würden. Stärkere Vergrößerungen lassen jedoch erkennen, daß die scheinbar homogenen Fäden nichts anderes sind als die fest aneinander schließenden glatten Membranen der neben und über einander liegenden Zellen.

C. Farblose Schwefelbakterien.

Gatt. *Beggiatoa* TREVISANI.

Beggiatoa alba TREV. — 1888 WINOGRADSKY, S. 17.

Überall verbreitet, aber meist in einzelnen Fäden. Im Faulschlamm natürlicher Standorte wohl wegen Sauerstoffmangel kaum jemals so häufig wie in Abwässern menschlicher Siedelungen, wo die Fäden oft auf weite Strecken hin die Oberfläche des schwarzen Abwasserschlamms in kreidigweißen spinnwebartigen Filzen überziehen. Oft zusammen mit *B. leptomitiformis*, die mit *B. alba* durch alle Übergänge verbunden erscheint.

Beggiatoa arachnoidea RABENHORST.

Zerstreut und meist einzeln, am häufigsten noch in *Characeen*-Teichen bei Maudach.

Gatt. *Thiothrix* WINOGRADSKY.

Thiothrix nivea (RABENHORST) WINOGRADSKY 1888, S. 29 (Taf. I, Fig. 1 –10).

Nicht selten in seichten Gewässern, am Rande von Tümpeln und Teichen die zerfallenden gebleichten *Characeen*-Stengel mit schneeweissen Rasen überziehend.

Gatt. *Thiospirillum* WINOGRADSKY.

Thiospirillum agile KOLKWITZ 1909, S. 162.

Anscheinend bereits von OMELIANSKI (1905, S. 231) beobachtet, aber erst von KOLKWITZ benannt. Mehrere Male in *Characeen*-Teichen bei Maudach und zwar in solchen Massen, daß das freie Wasser über dem Faulschlamm milchig getrübt erschien. Die Bewegungen der zarten Spirillen sind sehr lebhaft, wie KOLKWITZ richtig bemerkt, schattenartig hin- und herhuschend; man sieht bei schwachen Vergrößerungen fast nur die perlschnurartig aneinander gereihten Schwefelkörper. Ob diese Art übrigens mit *Th. rufum*, *Th. sanguineum* und ähnlichen rötlichen Formen in ein und derselben Gattung bleiben darf, erscheint mir mehr als zweifelhaft.

Gatt. *Achromatium* SCHEWIAKOFF.*Achromatium oxaliferum* SCHEWIAKOFF 1893.

1876 "*Kym* (Keime) af *Beggiatoa mirabilis*" WARMING, S. 59, Taf. X, Fig. 2. — 1893 *Achromatium oxaliferum* SCHEWIAKOFF, S. 1—35. — 1897 *Modderula Hartwigi* FRENZEL, S. 801. — 1909 *Hillhousia mirabilis* WEST und GRIFFITHS, S. 398. — 1913 *Hillhousia mirabilis*, *H. palustris* WEST und GRIFFITHS, S. 83—91.

(Taf. III, Fig. 8—11).

Im Jahre 1891 fand ich im Diatomeenschlick des Altrheins bei Neu h o f e n (zwischen Ludwigshafen und Speyer) einen auffallend großen, mit lichtbrechenden Körpern strotzend erfüllten bakterienartigen Organismus, den ich W. SCHEWIAKOFF zur Bearbeitung überließ. Derselbe hat 1893 den Organismus *Achromatium oxaliferum* genannt und zum Gegenstand einer sehr sorgfältigen Untersuchung gemacht, die besonders auch die chemische Natur der Inhaltskörper aufzuklären suchte. Wenige Jahre später (1897) traf J. FRENZEL *Achromatium* in wenigen Exemplaren im Müggelsee bei Berlin und gab ihm den Namen *Modderula Hartwigi*; ich habe bald darauf (1898) deren Identität mit *Achromatium* festgestellt. Eine nochmalige Neubenennung mußte sich das letztere 1909 durch G. S. WEST und B. M. GRIFFITHS gefallen lassen, die ihm den Namen *Hillhousia mirabilis* verliehen und in ihm ein "giant Sulphur Bacterium" mit peritricher Begeißelung erkennen wollten; schon 1913 sahen sich beide Forscher zur Richtigestellung ihrer seltsamen Auffassung genötigt. Außer diesen haben sich noch MASSART (1901), VIRIEUX (1912, 1913) — dieser besonders eingehend — MOLISCH (1912), LAUTERBORN (1913), mit dem eigenartigen Organismus beschäftigt.

Gesehen, aber nicht als selbständiger Organismus erkannt, wurde *Achromatium* schon längst vor mir und SCHEWIAKOFF, und zwar von F. COHN und E. WARMING (1876), wie namentlich des letzteren sehr klare Abbildungen (Taf. X, Fig. 2) dartun. Beide Forscher fanden unseren Organismus im Faulschlamm des Meeres und hielten ihn für Entwicklungsstadien („Keime“ oder „germes“) der meist in seiner Gesellschaft vorkommenden marinen *Beggiatoa mirabilis*.

Schon aus diesen Ausführungen geht hervor, daß *Achromatium* ein sehr weit verbreiteter Organismus ist, der wie noch eine ganze Reihe weiterer sapropelischer Schizomyceten sowohl das Süß-

wasser als auch das Meer bewohnt. Nach meinen Beobachtungen tritt *Achromatium* weitaus am zahlreichsten im Schlick und Schlamm kalkreicher Gewässer auf: hier — wie beispielsweise in einigen Tümpeln bei Ludwigshafen sowie in dem versumpften Altrhein bei Eich (nördlich von Worms) — oft in solchen Massen, daß in jeder kleinen Schlammprobe, die man in einem Uherschälchen sedimentieren läßt, nach kurzer Zeit Tausende und Aber-tausende von Achromatien sich als grauweißer Belag am Boden des Gefäßes ansammeln, wo sie dann bei ihrer für ein Bakterium ganz ungewöhnlichen Größe schon mit einer einfachen Lupe als Einzelzellen erkannt werden können.

Achromatium führt eine ausgesprochen kryptopelische Lebensweise: es lebt normalerweise im Schlamm und oft noch in ziemlich tiefen Schichten. Dabei besitzt es ein auffallend hohes spezifisches Gewicht. Das zeigt sich schon bei der Beobachtung unter dem Mikroskope, wo bei geneigtem Objektisch die Zellen der eignen Schwere folgend unaufhaltsam der tiefsten Stelle des Präparates zugleiten. Von einer peritrichen Begeißelung, wie sie WEST und GRIFFITHS angaben, habe ich niemals etwas wahrnehmen können; sie ist auch bei einem so schweren Organismus höchst unwahrscheinlich. Wahrscheinlich sind die Autoren durch stäbchenförmige Strukturen einer die Zelle umhüllenden Gallertschicht getäuscht worden, die bereits WARMING in seiner Fig. 2e angedeutet hat und die ich ebenfalls mehrfach beobachten konnte.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß das hohe spezifische Gewicht von *Achromatium* durch die zahlreichen stark lichtbrechenden Inhaltskörper bedingt wird, welche dichtgedrängt das ganze Zellinnere erfüllen. Durch sorgsame mikrochemische Reaktionen kam SCHEWIAKOFF zu dem Resultate, „daß die Inhaltskörper Calcium und zwar höchst wahrscheinlich oxalsaures Calcium enthalten müssen“; weiter vermutet er, „daß die Inhaltskörper aus irgend einem festen, in Wasser löslichen Kohlenhydrate bestehen würden, welches seinerseits das Calciumoxalat in Lösung hielte.“ Auch VIRIEUX (1912, 1913) hat die Natur dieser Einschlüsse richtig erkannt, während WEST und GRIFFITHS (1909) in ihnen Schwefel „large globules of sulphur probably not pure, but in loose combination with proteid material“ sehen wollten.

Strotzend mit diesen Inhaltskörpern erfüllt sind fast alle Achromatien der mehr oberflächlichen Schlammsschichten; im Diatomeenschlick des Altrheins von Neuhofen habe ich kaum

jemals andere gesehen. Ein recht verschiedenes Aussehen zeigen dagegen oft Achromatien tieferer Schichten des ausgeprägten Faulschlammes, beispielsweise der Characeentümpel. Hier erscheint — und zwar auch bei beweglichen und sich teilenden Individuen — das Zellinnere durchsetzt von einem sehr weitmaschigen grobschaumigen plasmatischen Gerüstwerk, in dessen Binnenräumen die großen Inhaltskörper entweder völlig verschwunden sind oder nur noch in Gestalt von unregelmäßigen Schollen und scharfkantigen Splittern in den verschiedensten Stadien der Korrosion entgegentreten (unsere Taf. III, Fig. 9, 10, WARMINGS Taf. X, Fig. 2d). In den Knotenpunkten des Maschenwerkes, besonders in dessen peripheren Teilen, lagern daneben noch dunkle stark lichtbrechende Kügelchen, die völlig den entsprechenden Gebilden der *Beggiatoa*-Fäden gleichen, also ebenfalls aus Schwefel bestehen. Niemals fand ich diese Schwefelkügelchen bei Achromatien des Diatomeenschlickes; an ihrer Stelle lagen dort blasse Kügelchen, die Chromatinreaktionen zeigten.

Über die physiologische Bedeutung der großen Inhaltskörper sind wir noch ganz im Unklaren. Der Umstand, daß dieselben im sauerstoffreichen Diatomeenschlick so gut wie immer vorhanden sind, in sauerstoffarmen oder sauerstofffreien Faulschlamm dagegen alle Stufen der Korrosion bis zum völlige Schwunde zeigen, drängt zur Vermutung, daß die Inhaltskörper einen Stoff enthalten, der unter anaëroben Lebensbedingungen intramolekular veratmet werden kann. Die Massenhaftigkeit, in der die Achromatien in kalkhaltigem Faulschlamm oft auftreten, macht es sehr wahrscheinlich, daß diese Organismen auch an den biochemischen Umsetzungen des Faulschlammes in hervorragendem Maße beteiligt sein dürften. Auf alle Fälle wird es sich lohnen, unter diesen Gesichtspunkten die physiologischen Leistungen von *Achromatium* etwas näher zu untersuchen, umsomehr als dieser Organismus eine für Schizomyceten ganz ungewöhnliche Zellgröße erreicht und an geeigneten Standorten leicht in größeren Mengen rein erhalten werden kann.

Zum Schlusse möchte ich noch auf eine interessante Bakterienform hinweisen, die sich meist in Gesellschaft von *Achromatium* findet und die ich wegen ihrer lebhaften Beweglichkeit in meinen Aufzeichnungen bisher als *Achromatium mobile* bezeichnet habe (Taf. III, Fig. 11). Es sind dies gestreckt elliptische, meist etwas gekrümmte Zellen von 20—25 μ Länge und 8—10 μ Breite.

Im Innern fallen neben kleinen Kügelchen stets größere matt-glänzende, etwas bläulich schimmernde Inhaltskörper auf, die optisch sehr an die entsprechenden Gebilde von *Achromatium oxaliferum* erinnern und wie diese bisweilen etwas korrodiert oder wie geschrumpft erscheinen. Mehrfach habe ich schon im Leben an einem Pole der Zelle eine einzige Geißel beobachten können. Ganz ähnliche Formen bildet VIRIEUX (1913, S. 274—278, Fig. 14) als „zoospores“ oder „spores internes“ von *Achromatium oxaliferum* ab und gibt an, deren Austritt aus der Mutterzelle direkt beobachtet zu haben. Mir ist dies niemals geglückt, obwohl ich tausende von Achromatien vor Augen gehabt habe; trotzdem halte ich einen genetischen Zusammenhang beider Formen nicht für ausgeschlossen.

Gatt. Thiovulum HINZE.

Thiovulum (Thyophysa?) Mülleri WARMING spec. 1876, S. 363. — 1876 *Volvox punctum* O. F. MÜLLER, S. 12, (Tab. III, Fig. 1—2). — 1876 *Monas Mülleri* WARMING, S. 363—366, (Taf. X, Fig. 1). — 1900 *Achromatium Mülleri* (WARMING), MIGULA, S. 1038. — 1913 *Monas Mülleri* HINZE, S. 190, (Taf. IX, Fig. 1—12).
(Taf. III, Fig. 12—14.)

Im Jahre 1876 beschrieb E. WARMING aus dem Faulschlamm dänischer Küsten unter dem Namen *Monas Mülleri* einen sehr interessanten schwefelführenden Organismus mit folgenden Worten (Resumé, S. 17—18)⁷⁾:

«Je passe maintenant à deux autres organismes, qui, sous certains rapports, ressemblent, à ces germes [*Achromatium*] et très-probablement doivent être classés parmi les bactéries. Dans les eaux putrides, salées ou saumâtres, où l'on trouve des *Beggiatoa* etc., j'ai rencontré la forme représentée Pl. X, Fig. 1. Ces organismes se tiennent de préférence dans les couches supérieures de l'eau et s'y ébattent avec une extrême vivacité. Si l'on place une goutte d'eau sur le porte-objet, on pourra trouver des centaines de ces organismes, réunis sur un seul point, ou se jouant dans toutes les directions avec une vitesse merveilleuse.

Ils ont forme sphérique ou ovulaire, leur diamètre varie entre 5—6 et 15 μ ; il est rare qu'ils soient partout remplis de grains; généralement, ce n'est qu' à l'une de leurs extrémités, et l'autre bout reste claire et hyalin.

⁷⁾ Bei der Wichtigkeit der WARMINGSchen Beobachtungen und der schweren Zugänglichkeit der Originalarbeit scheint es mir angebracht, hier und bei einigen anderen Formen die Beschreibungen des dänischen Forschers wörtlich wiederzugeben. Wegen Unkenntnis der dänischen Sprache muß ich mich hierbei auf das französische Resumé beschränken.

Parfois ils sont presque entièrement hyalins. Dans la partie hyaline on voit quelquefois comme des cordons de protoplasma. Par leur aspect, leur groupement on disposition (tout contre la périphérie) et l'effet que produisent sur eux les réactifs, ces grains ressemblent beaucoup à ceux de la *Beggiatoa mirabilis*; ils ont un éclat cristallin encore plus prononcé, ils sont d'une couleur blanchâtre tirant sur le bleu d'acier, qui se détache vivement sur leurs bords sombres.»

Mit dieser Schilderung sowie den Abbildungen WARMINGS zeigt ein Organismus, den ich August 1910 über dem schwarzen Faulschlamm der Festungsgräben von Germersheim (Rheinpfalz) fand, eine derart weitgehende Übereinstimmung, daß ich über seine Identität mit *Monas Mülleri* kaum einen Zweifel hegen kann: Zellen kugelig von bläschenförmigem Bau, 13—15 μ im Durchmesser, von einer deutlich doppelt konturierten Membran begrenzt; Zellinneres im Leben fast völlig hyalin, weder Kern noch kontraktile Vakuole sichtbar, bei Fixierung mit Osmiumsäure tritt ein zartes plasmatisches Gerüstwerk hervor. Den auffallendsten Inhaltsbestandteil bilden stark lichtbrechende Kügelchen, die in wechselnder Zahl meist in einer Zellhälfte angehäuft sind und völlig den Schwefelkörpern der *Beggiatoen* gleichen; daneben finden sich noch einige blasse Kügelchen, deren chemische Natur nicht untersucht wurde, da der Organismus schon am zweiten Tag aus den Kulturen verschwand. Von Geißeln ist im Leben nicht das geringste wahrzunehmen, doch deutet die äußerst lebhaft wirbelnde Bewegung auf peritriche Begeißelung hin.

Wiederholt kamen Teilungsstadien zu Gesicht, die völlig den Bildern WARMINGS entsprachen: die Teilung beginnt an der verbreiterten Zelle einseitig und schreitet nach der gegenüberliegenden Zellwand vor (Taf. III, Fig. 13, 14).

In neuerer Zeit ist das Vorkommen von *Monas Mülleri* durch HINZE (1913) auch für den Golf von Neapel gemeldet worden; auch hier bevölkerten die Monaden in großer Zahl das freie Wasser über dem von *Beggiatoen* durchwucherten schwefelwasserstoffreichen Schlickboden. HINZE, dem ein sehr reiches Material zur Verfügung stand, beschreibt einen „meist an einem Pole liegenden typischen Zellkern“ und glaubt trotz der ziemlich negativen Ergebnisse seiner Färbungsversuche der Zelle am vorderen Pole zweifellos eine oder mehrere Geißeln zuschreiben zu dürfen. Wenn HINZE nun aber wegen der typischen Längsteilung, wegen des polaren Baues, der Begeißelung am Vorderende und des bläschenförmigen Kernes *Monas Mülleri* als Flagellate anspricht, „die

mit vollem Recht den Gattungsnamen *Monas* weiterführen kann“, so vermag ich dieser Auffassung in keiner Weise beipflichten, vor allem nicht, was die Zugehörigkeit zur Gattung *Monas* anbelangt. Mit der Flagellatengattung *Monas*, wie dieselbe heute von den Protozoöenforschern gefaßt wird, hat WARMINGS *Monas Mülleri* nichts zu tun: die Flagellate *Monas* besitzt einen mehr oder weniger formveränderlichen Körper, eine wohlentwickelte kontraktile Vakuole sowie eine schon im Leben deutlich hervortretende Haupt- und Nebengeißel; die Nahrungsaufnahme erfolgt durchaus animalisch mit Hilfe einer Nahrungsvakuole — alles Eigentümlichkeiten, die *Monas Mülleri* völlig abgehen.

Daraus ergibt sich, daß *Monas Mülleri* einen anderen Gattungsnamen führen muß. Sie *Achromatium Mülleri* zu nennen, wie es MIGULA (1900) mit einigem Vorbehalt tat, geht nicht an. Bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse scheint es mir am einfachsten, die WARMINGSche Schwefelmonade der Gattung *Thiovulum* HINZE (oder *Thiophysa* HINZE) einzureihen, mit der sie zweifellos weit engere Verwandtschaft zeigt als mit der Gattung *Monas*.

C. Freibewegliche Schizomyceten ohne Schwefeleinschlüsse.

Die in dieser Gruppe vereinigten Schizomyceten haben die freie Beweglichkeit sowie das Fehlen von Schwefeleinschlüssen miteinander gemeinsam, umfassen sonst aber sehr verschiedenartige Formen; während beispielsweise *Pelosigma* durch die parallele Lagerung der Fäden in mancher Beziehung sich an die Gattung *Peloploca* anschließt, weisen die Gattungen *Pelosphaera*, *Spirochaeta* und *Spirophis* Anknüpfungspunkte an die Flagellaten auf.

Gatt. *Pelosigma* nov. gen.

Unter dem Namen *Spiromonas Cohnii* hat WARMING (1876, Resumé S. 20—21) aus stark faulendem Schlamm der dänischen Küsten einen sehr eigentümlichen bakterienartigen Organismus mit folgenden Worten beschrieben:

«C'est une bactérie élégante à la spirale tournée vers la gauche, au corps aplati comme un ruban, mais quelquefois, paraît-il, un peu anguleux. J'ai vu rarement des exemplaires ayant plus d'un tour et $\frac{1}{4}$ de spire; l'hélice est allongée, la hauteur est de 6 à 9 fois plus grande que le diamètre: ordinairement de 9—20 μ , tandis que le diamètre est de 1,2—3,5 μ . La largeur du corps — du côté large — est de 1,2—4 μ .

Souvent les bords paraissent plus épais et plus foncés; quelquefois une ou deux stries descendent de long des côtés. Généralement, les bouts sont pointus, mais quelquefois l'un d'eux est large et tronqué, et les stries foncées paraissent émettre un léger prolongement. Les exemplaires ainsi terminés viennent sans aucune doute de se former par division.

Une seule fois j'ai vu moi-même s'opérer cette division; elle se fit subitement, sans avoir été annoncée par une étranglement quelconque.

Le plasma est transparent, de couleur grise, et sans grains. Cet organisme porte quelquefois un cil à une de ses extrémités ou aux deux. Il se meut avec une rapidité extraordinaire, sans direction régulière, comme les spirilles, et me semble devoir être rangé dans le genre *Spiromonas*, établi par PERTY . . . , le caractère le plus saillant est l'aplatissement du corps contourné en spiral.»

Diese Schilderung von *Spiromonas Cohnii* paßt nur in einer Reihe von Merkmalen auch auf einen Organismus des Süßwassers, der besonders im Faulschlamm von Characeen-Teichen nur selten vermißt wird. Ich nenne ihn *Pelosigma palustre*: seine Gestalt ist flach bandförmig, mehr oder weniger S-förmig gebogen, vorn verschmälert, hinten verbreitert und öfters wie aufgefasert, deutlich längsgerippt. Die Länge beträgt 20—25 μ .

Ein beträchtlicher Unterschied scheint allerdings zwischen *Pelosigma* und *Spiromonas Cohnii* zu bestehen: die Süßwasserform ist kein Einzelindividuum, sondern ein Verband von Bakterienfäden. Dies tritt besonders deutlich am Hinterende zutage, wo gewöhnlich einzelne Enden der Bakterienfäden etwas vorstehen. Ich zweifle nicht, daß die von WARMING erwähnten „prolongements“ am Hinterende von *Spiromonas* auf dieselbe Weise zustande kommen, und daß die «stries foncées», welche diese «prolongements» entsenden, nichts anderes sind als die parallel gelagerten Bakterienfäden. Vorn neigen die Fadenenden mehr oder weniger zusammen und erscheinen dann oft etwas schnabelartig vorgezogen.

Während *Spiromonas Cohnii* nach WARMING außerordentlich lebhaft ist, zeigt das *Pelosigma* des Süßwassers gewöhnlich langsame, zitternde und schwankende Bewegungen, die mit einer Rotation um die Längsachse verbunden sind; oft liegt es auch lange Zeit völlig still. An den beweglichen Exemplaren habe ich, wie auch WARMING wiederholt schon im Leben am schnabelartigen Vorderende eine Geißel wahrnehmen können.

Bisweilen sieht man Exemplare von *Pelosigma*, bei denen sich die Auffaserung am Hinterende entlang der Medianlinie als Spalt weit nach vorn fortsetzt, anscheinend der Beginn einer Längsspaltung des Verbandes. Querteilung ist von WARMING einmal im

Leben beobachtet worden; mir ist ein ähnlicher Vorgang, leider auch nur ein einziges Mal, zu Gesicht gekommen.

Die vorstehende Schilderung sowie ein Vergleich zwischen WARMINGS Figuren — besonders dessen Fig. 4c — dürften dartun, daß *Spiromonas Cohnii* und *Pelosigma palustre* einander sehr nahe stehen und aller Wahrscheinlichkeit nach in ein und dieselbe Gattung gehören. Wenn ich nun trotzdem den von WARMING gewählten Gattungsnamen nicht beibehalte, so geschieht dies darum, weil *Spiromonas Cohnii* unmöglich in PERTYS Gattung *Spiromonas* eingereiht werden kann. Letztere wird von ihrem Entdecker (1852, S. 172) folgendermaßen charakterisiert:

„Leib blattartig zusammengedrückt, an beiden Enden abgerundet, um eine ideale Achse der Länge nach gerollt.“ Die Diagnose für die einzige Art *Sp. volubilis* lautet: „Farblos, durchsichtig, glatt, ohne irgend auffallende Differenzierung.“ Diese Beschreibungen passen in keiner Weise auf die WARMINGSche *Spiromonas*, ebensowenig wie PERTYS Abbildungen (Taf. XV, Fig. 8), die den Organismus von der Fläche darstellen⁸⁾. Außerdem ist PERTYS Organismus zweifellos eine Flagellate.

So ergibt sich denn folgende Diagnose der Gattung *Pelosigma* LAUTERBORN 1913:

Farblose ziemlich kurze Bakterienfäden, in mehr oder weniger paralleler Lagerung zu S-förmig gekrümmten flachen Verbänden zusammenschließend. Geißelbewegung.

1. *Pelosigma Cohnii* WARMING spec. 1876, S. 370 (Taf. VII, Fig. 4).

Verbände ziemlichschmal, spindelförmig, an beiden Enden stark verschmälert. Länge 9–20 μ , Breite 1,2–4 μ . Bewegungen sehr lebhaft. Vorkommen: marin, im Faulschlamm der dänischen Küsten.

2. *Pelosigma palustre* LAUTERBORN Taf. III, Fig. 15.

Verbände vorn verschmälert, hinten mehr oder weniger verbreitert und abgestutzt, oft mit unregelmäßig vorstehenden Fadenenden. Länge 20–25 μ , Breite 8–10 μ . Bewegungen meist träge. Vorkommen: Süßwasser, im Faulschlamm besonders von Characeen-Teichen bei Ludwigshafen usw.

⁸⁾ Aller Wahrscheinlichkeit ist WARMING zu seinem Vorgehen durch zwei S-förmig gekrümmte, an beiden Enden zugespitzte Figuren PERTYS bewogen worden, die aber meines Erachtens nichts anderes als einen idealen Querschnitt durch den Körper von *Spiromonas* darstellen sollen. Darauf deutet schon deren gleichmäßige Schraffierung hin.

Gatt. *Spirophis* NÄGLER.

Spirophis minima WARMING spec. — 1876 *Beggiatoa minima* WARMING, S. 356—357, Taf. X, Fig. 10. — 1909 *Spirochaeta* (*Spirophis*) *flexibilis* NÄGLER, S. 445—447. — 1913 *Spirobacillus minimus* LAUTERBORN, S. 100. — Taf. III, Fig. 16—17.

Zu den von WARMING entdeckten charakteristischen Organismen des Faulschlammes dänischer Küsten gehört auch folgende unter dem Namen *Beggiatoa minima* beschriebene Bakterienform (Resumé, S. 15):

Beggiatoa minima. Je désigne par ce nom une nouvelle espèce infiniment petite, très agile et très flexible, que j'ai assez souvent rencontrée. Les plus longs exemplaires que j'ai vus avaient environ 40 μ de long, et à peu près 1,8—2 μ de grosseur. Leurs articulations affectent la forme des stries fines et transversales, et la hauteur de chacun des articles est tout au plus de la moitié de leur épaisseur; cette espèce est grisâtre comme les bactéries communes; quant aux grains sulfureux, je n'en ai pas trouvés. Je n'ai vu que des exemplaires très flexibles, qui se tordent comme des vers et avancent avec une grande rapidité.»

Zweifelloos denselben Organismus fand ich mehrfach auch im faulenden Schlamm am Grunde von Characeenteichen bei Mau-dach: etwa 1,5—2 μ dicke, bis gegen 100 μ lange Fäden, die an ihrer Oberfläche eine zarte in dicht gedrängten Windungen verlaufende Spiralfibrille erkennen lassen. Die Bewegungen sind außerordentlich lebhaft: wie eine losgelöste Flagellatengeißel peitschen sich die Fäden durch das Wasser, biegen und schlängeln sich wie tastend nach allen Richtungen hin und her, rollen sich wie eine Uhrfeder spiralig ein; nur selten sieht man sie eine kurze Zeit ruhig an einer Stelle.

Es ist ohne weiteres klar, daß ein Organismus von einer derartigen Struktur und Beweglichkeit unmöglich zur Gattung *Beggiatoa* gehören kann. Ich habe ihn darum 1913 zur Gattung *Spirobacillus* CERTES (1889, 1900) gestellt, muß aber gestehen, daß nach dem Studium von ZETTNOWS Arbeit (1903) über *Spirobacillus gigas* CERTES mir diese Zuerteilung jetzt etwas anfechtbar erscheint. Dazu ergab sich weiter noch, daß die 1909 von NÄGLER beschriebene und abgebildete *Spirochaeta flexibilis* durchaus identisch ist mit WARMINGS *Beggiatoa minima* vom Jahre 1876. NÄGLERS Artnamen hätte nach den Gesetzen der Priorität dem älteren, wenn auch weniger bezeichnenden WARMINGSchen zu weichen; als Gattungsname käme *Spirophis* in Betracht, welchen Namen NÄGLER vorgeschlagen hat, wenn seine Form eine eigene

Gattung bilden sollte. Das ist nun nach meiner festen Überzeugung der Fall und so hätten wir denn unseren Organismus in Zukunft *Spirophis minima* zu nennen.

Spirophis verdiente wohl eine eingehende Untersuchung, da sie allem Anschein nach Charaktere der Spirochaeten und Spirillen vereint. Eine Entwicklungsreihe nach dem Schema: *Spirillum*—*Spirobacillus* CERTES (non METSCHNIKOFF) — *Spirophis*—*Spirochaeta* bietet sich ungezwungen ganz von selbst dar und würde die eigentlichen Spirochaeten weit enger an die Schizomyceten angliedern als an die Flagellaten, deren Beziehungen zu den Spirochaeten mir im Gegensatz zu der herrschenden Auffassung wesentlich losere zu sein scheinen.

Gatt. *Spirochaeta* EHRB.

Spirochaeta plicatilis EHRB. 1838. S. 83 (Taf. V, Fig. 10).

Meist mehr einzeln auf der Oberfläche des Faulschlamm, bisweilen auch in abgestorbenen Charazellen. Häufiger auf organischem Abwasserschamm. Mit ihr traf ich mehrfach eine weitere überaus zarte Art, die bei 60 μ Fadenlänge nur etwa 0,25 μ Fadendicke und 0,25 μ Windungsbreite zeigte. Wahrscheinlich handelte es sich hierbei um eine der von DOBELL (1912) beschriebenen neuen Arten *Sp. fulgurans* oder *Sp. minima*.

Gatt. *Pelosphaera* LAUTERBORN.

Kugelige bis elliptische Bakterienkolonien, aus zahlreichen radiär angeordneten, dicht zusammenschließenden fast keilförmigen Zellen bestehend. Freischwimmend, Bewegungen sehr lebhaft, mit Hilfe von Geißeln.

Pelosphaera rotans LAUTERBORN 1906, S. 197. — Taf. III, Fig. 18—19. — Mit den Charakteren der Gattung. Durchmesser der Kolonien 15—40 μ .

Junge Kolonien farblos, durchsichtig, kugelig, bis elliptisch, die Zellen sehr dicht zusammenschließend⁹⁾ im Zentrum der Kolonie oft einen Hohlraum frei lassend. Ältere Kolonien im Umriß öfter etwas unregelmäßig und in lockererem Zellverband, so daß die freien Zellenden sich etwas verwölben; Färbung bisweilen etwas gelblich. In solchen Verbänden mehrfach größere

⁹⁾ Den Zoologen erinnern derartige Kolonien, von der Oberfläche betrachtet, sehr an die fazettierten Augen gewisser Krebse und Insekten.

Zellen beobachtet, die im Innern ein ziemlich ansehnliches stark lichtbrechendes Gebilde (Spore?) enthielten.

Seit meiner ersten Beschreibung im Jahre 1906 habe ich *Pelosphaera rotans* an fast allen sapropelischen Lokalitäten der Rheinebene mehr oder weniger häufig angetroffen, am zahlreichsten während der kälteren Jahreszeit, in dicht beschatteten Teichen aber auch im Sommer. Die Bewegungen der Kolonien sind sehr lebhaft, gleichmäßig rotierend, wie dies nur durch die Tätigkeit zahlreicher Geißeln möglich ist. Im Leben sowie an mit Osmium usw. fixierten Pelosphaeren war selbst bei Anwendung stärkster Systeme nichts von den einzelnen Geißeln wahrzunehmen; auch bei Färbung mit Anilinfarben trat nur die Gesamtmasse der Geißeln als blasser Saum in Erscheinung.

Im ganzen Bau der Morula-artigen Kolonien sowie in ihren Bewegungen erinnert *Pelosphaera* an gewisse farblose Flagellatenverbände, beispielsweise an losgelöste Kugeln von *Anthophysa*-stöcken. Der Bau der Einzelzellen, vor allem der Mangel eines eigentlichen Kernes, das Fehlen der kontraktilen Vakuolen usw. weist dagegen mit aller Sicherheit auf die Zugehörigkeit zu den Bakterien hin.

E. Rhodobakteriaceen.

Die Purpurbakterien gehören zu den charakteristischsten und dabei auffälligsten Mitgliedern der sapropelischen Lebewelt. Ihre Hauptentfaltung finden sie aber meist nicht im sondern — als lichtempfindliche Organismen — auf dem Schlamm, dessen Oberfläche sie oft weithin mit rötlichen Flecken durchwirken oder faulende Blätter, Stengel von Wasserpflanzen mit pfirsichblütenfarbenen Häuten überziehen; frei bewegliche Formen wie die Chromatien erheben sich von hier oft in purpurnen Wolken in das freie Wasser und lassen so kleinere Tümpel manchmal völlig rötlich gefärbt erscheinen. All diese Massenentfaltungen sind — außer an das Vorkommen von Schwefelwasserstoff — so deutlich an das Vorhandensein reichlicher Mengen faulender organischer Substanzen gebunden, daß es auffallen muß, wie ein so erfahrener Forscher wie WINOGRADSKY (1888, S. 53) den fördernden Einfluß organischer Stoffe auf das Wachstum der Purpurbakterien in Abrede stellen konnte. Auch ohne den entsprechenden experimentellen Nachweis, wie ihn MOLISCH (1907) erbracht hat, hätte jede Freilandbeobachtung an einem sapropelischen

Gewässer WINOGRADSKY von der Unhaltbarkeit seiner Auffassung überzeugen müssen.

Indem ich bezüglich der Physiologie und Biologie der Purpurbakterien auf MOLISCHS treffliche Arbeit verweise, gebe ich in folgendem eine kurze Übersicht der hauptsächlichsten von mir im Gebiet der Rheinebene beobachteten Rhodobakterien.

Gatt. **Thiocystis** WINOGRADSKY.

Thiocystis violacea WINOGRADSKY 1888, S. 60—65 (Taf. II, Fig. 1—2).

Im Faulschlamm von Characeen-Teichen bei Maudach nicht selten, besonders während der kälteren Jahreszeit; sehr zahlreich in einer Waldsuhle der Lußhart, eines großen Waldes der Rheinebene. Hier kamen vielfach schwärmende Kolonien zur Beobachtung. Dieselben zeigten alle sehr kompakte Verbände und kugelige bis lappige Umrisse; sie maßen 40—70 μ im Durchmesser, die ovalen Einzelzellen 2—3 μ . Die Bewegung war ein langsames Rollen durch das Wasser.

Gatt. **Lamprocystis** SCHRÖTER.

Lamprocystis roseo-persicina (KÜTZING) SCHRÖTER 1888. — WINOGRADSKY S. 67—71 (Taf. II, Fig. 9—15).

Weitaus die häufigste und verbreitetste aller Purpurbakterien, die sich außer im Faulschlamm auch am Boden vegetationsreicher Teiche und Moore, gelegentlich auch im freien Wasser findet. Ich habe sie zu allen Monaten des Jahres angetroffen. Die Größe und Gestalt der Kolonien ist eine sehr wechselnde: zwischen kleinen kompakt kugeligen Kolonien und hohlen sackförmigen, vielfach gelappten oder netzartig durchbrochenen Verbänden, die mehrere Millimeter Durchmesser erreichen, finden sich alle Übergänge.

Gatt. **Thiopedia** WINOGRADSKY.

Thiopedia rosea WINOGRADSKY 1888, S. 85—86 (Taf. III, Fig. 18).

Meist in kleinen tafelförmigen Verbänden, ziemlich verbreitet, aber gewöhnlich nur einzeln. So in den Characeen-Teichen bei Maudach und in einem Waldteich bei Neuhofen.

Gatt. **Amoebobacter** WINOGRADSKY.

Amoebobacter bacillosus WINOGRADSKY 1888, S. 71—78 (Taf. III, Fig. 1—6).

Die Kolonien dieser durch gestreckte fast hautartig zusammenschließende Zellen ausgezeichnete Art habe ich bis jetzt fast ausschließlich in einem mit *Lemna* übergrüntem Waldteich bei Neu-hofen gefunden, hier aber regelmäßig während der ganzen kälteren Jahreszeit. Von den kontraktilen Plasmafäden, welche nach WINOGRADSKY die einzelnen Zellen miteinander verbinden und so amoeboiden Gestaltsveränderungen der ganzen Kolonie bewirken sollen, habe ich weder im Leben noch an fixiertem Materiale jemals etwas beobachten können.

Gatt. **Thiodictyon** WINOGRADSKY.

Thiodictyon elegans WINOGRADSKY 1888, S. 80—82 (Taf. III, Fig. 13—17).

Eine sehr zierliche Form, die ihren Artnamen durchaus verdient. Verbreitet aber nicht häufig in den Tümpeln und Teichen bei Ludwigshafen, Maudach, Neuhausen.

Gatt. **Chromatium** PERTY.

Chromatium Okenii (EHRB.) PERTY. — WINOGRADSKY 1888, S. 97—98 (Taf. IV, Fig. 3—4).

Die häufigste freibewegliche Purpurbakterie; im organischen Schlamm recht verschiedenartiger Gewässer das ganze Jahr hindurch verbreitet. Massenentfaltungen treten, wie schon FÖRSTER (1892) berichtete, bei dieser Art auch gerne im Sommer auf, so beispielsweise bei Ludwigshafen früher regelmäßig in alten Lehmgruben, deren Boden mit toten Charen und abgestorbenen Algenwatten bedeckt war: hier bildeten die Chromatien oft bis $\frac{1}{2}$ qm messende purpurfarbene Ansammlungen auf und über dem Teichgrund. FÖRSTERS Beobachtungen über zeitweilige Verbindungen zweier *Chromatium*-Zellen durch plasmatische vom Zentralkörper ausgehende Verbindungsbrücken, verdienten weitergehende Beachtung, da es sich hier um sehr eigenartige Konjugationszustände handeln könnte.

*Chromatium Weissei*¹⁰⁾ PERTY gehört sicher in den Formenkreis von *Chr. Okenii*, mit dem es, wie WINOGRADSKY schon berichtete, durch alle Übergänge verbunden ist. Weitere Übergangsformen gibt STRZESJEWSKY (1913) auf Grund zahlreicher Messungen

¹⁰⁾ Da die Form nach dem Infusorien- und Rädertierforscher J. F. WEISSE benannt ist, ist die allgemein übliche Schreibweise *Ch. Weissii* unrichtig.

zwischen *Ch. Weissei* und *Ch. minus* WINOGRADSKY an. Auch ich habe wiederholt Chromatien gefunden; die in ihren Größenverhältnissen durchaus die Mitte zwischen beiden genannten Arten hielten.

Chromatium vinosum (EHRB.) WINOGRADSKY 1888, S. 94—100 (Taf. IV, Fig. 6—7).

Meist in Gesellschaft von *Ch. Okenii* und an allen Fundorten ziemlich zahlreich.

Chromatium minutissimum WINOGRADSKY.

In den Characeen-Teichen bei Maudach nicht selten, aber unter den Massen anderer Schwefelbakterien leicht zu übersehen.

Gatt. **Rhabdochromatium** WINOGRADSKY.

Rhabdochromatium roseum WINOGRADSKY 1888, S. 100—101 (Taf. IV, Fig. 9—11).

Sicherlich eine wohlbegründete Gattung und Art und keineswegs nur eine „Involutionsform“ von *Chromatium* wie NADSON annehmen möchte. Meist ziemlich vereinzelt; früher einige Male zahlreich in ganz kleinen Schilftümpeln bei Ludwigshafen. Scheint sich in den Kulturen weniger gut zu halten als die anderen freibeweglichen Purpurbakterien.

Gatt. **Thiospirillum** WINOGRADSKY.

Thiospirillum sanguineum WINOGRADSKY 1888, S. 104.

Häufig auch im Schlamm, an allen untersuchten sapropelischen Lokalitäten. Die Intensität der Färbung ist ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen: an manchen Individuen erscheint die rote Färbung kaum angedeutet.

Gatt. **Pelochromatium** LAUTERBORN.

Tonnenförmige Verbände von Purpurbakterien, aus gestreckt elliptischen, meist etwas gebogenen Zellen bestehend, die in lockeren (etwa 5) etwas unregelmäßigen Längsreihen mantelförmig einen farblosen zentralen Körper umschließen. Beweglich. Vermehrung durch Querteilung.

Pelochromatium roseum LAUTERBORN 1913, S. 99. — Taf. III, Fig. 28.

Mit den Charakteren der Gattung. Länge der Verbände 4—7,5 μ , Breite 2,5—3,75 μ .

Vorkommen. Im Characeen-Schlamm eines tiefen klaren von Quellen gespeisten offenen Rheinaltwassers bei Ottenheim (zwischen Kehl und Breisach), sowie an einer ganz ähnlich beschaffenen Bucht der Moder bei Fort Louis (Elsaß).

Die Gattung *Pelochromatium* stellt einen sehr eigenartigen Typus der Koloniebildung bei freischwimmenden Purpurbakterien dar und bildet in Bau und Anordnung der Zellen die rötlich gefärbte Parallellform zu dem gelbgrünen *Chlorochromatium aggregatum* LAUTERBORN.

Ob auch hier, wie dies BUDER (1914) für *Chlorochromatium* gezeigt hat, als Träger für die gefärbten Elemente ein farbloser begeißelter bakterienartiger Organismus in Frage kommt, müssen weitere Untersuchungen lehren.

F. Chlorobakteriaceen.

Der Faulschlamm schwefelwasserstoffreicher Gewässer zeigt unter dem Mikroskope zwischen den rötlichen Massen der Purpurbakterien, den blaugrünen Filzen der Cyanophyceen vielfach auch Wucherungen gelbgrün gefärbter Organismen, die bald als schleimige Ansammlungen bakterienartiger Stäbchen oder locker gewundener kurzer Fäden, bald als netzartig durchbrochene Kolonien oder schließlich auch als freischwärmende Verbände in Erscheinung treten.

Schon WINOGRADSKY (1888, S. 44) hat diese Organismen beobachtet und als grüne Bakterien angesprochen. Auch NADSON (1906) hat wohl hierher gehörige Formen (*Chlorobium*) beschrieben und als Zwischenformen zwischen Chlorophyceen und Bakterien aufgefaßt. Ob ENGELMANN (1882) *Bacterium chlorinum* hier einzureihen ist, bleibt fraglich; es soll Chlorophyll enthalten. Dasselbe gilt von den „Bacteriacées vertes“ DANGEARDS (1890, 1893), doch blieben mir die Arbeiten, des französischen Forschers unzugänglich. VAN TIEGHEMS (1880) *Bacillus virens*, der zwischen Grünalgen (*Spirogyra*) vorkommen und grün bis hellgrün gefärbt ist, soll farblose Sporen bilden.

Auch SCHMIDLE (1901), SZAFER (1910), STRZESZEWSKY (1913) haben Chlorobakterien vor sich gehabt, reihten sie aber den Cyanophyceen ein und beschrieben Vertreter von ihnen als Angehörige der Gattung *Aphanothece*.

Aus diesem flüchtigen Überblick geht schon hervor, daß es sich hier um Organismen handelt, die eine ganz eigenartige

Zwischenstellung zwischen Bakterien und Algen einnehmen und die man in der Tat je nach dem Standpunkt entweder als bakterienartige Cyanophyceen oder als grüne Bakterien auffassen kann. Wenn ich nun diese gelbgrünen Organismen 1913 als Chlorobakteriaceen zusammenfaßte und sie als eine den Rhodobakteriaceen durchaus gleichwertige Familie direkt den Schizomyceten anschloß, so war mir hierbei vor allem der Bau der Zelle sowie die Art und Weise der Koloniebildung maßgebend, die weit mehr an entsprechende Verhältnisse bei den Purpurbakterien als an diejenigen typischer Cyanophyceen erinnern.

Das zunächst augenfälligste Merkmal der Chlorobakterien ist deren im durchfallenden Lichte gelbgrüne, im auffallenden Lichte schmutzig grüne bisweilen irisierende Färbung. Der Bau der Zellen zeigt bei allen hierher gehörigen Formen weitgehende Übereinstimmung. Die Zellen sind stets sehr klein, von Gestalt meist elliptisch, bisweilen auch fast kugelig, oder stäbchenförmig. Der Farbstoff scheint hauptsächlich in der Rindenschicht lokalisiert zu sein, die darum auch stets dunkler hervortritt, während das Zellinnere heller, fast vakuolenartig erscheint und öfter durch einige sehr zarte quere Plasmastränge in kleinere Binnenräume zerfällt wird — alles in allem also ein Zellbau, wie wir ihn auch bei zahlreichen Rhodobakterien antreffen. Nur Schwefeleinschlüsse wurden bei den Chlorobakterien bisher vermißt.

Für die Bewertung der systematischen Stellung der Chlorobakterien ist es von Bedeutung, daß dieselben eine Anzahl Gattungen aufweisen, die im wesentlichen nur durch die Farbe unterschiedene Parallelförmigkeiten zu den Rhodobakterien darstellen: die Gattungen *Schmidlea*, *Pelodictyon*, *Chlorochromatium* sind, was Bau und Anordnung der Zellverbände anbelangt, nach jeder Richtung hin die gelbgrün gefärbten Gegenbilder der Purpurbakteriengattungen *Lamprocystis*, *Thiodictyon*, *Pelochromatium*.

Beziehungen der Chlorobakterien zu den Cyanophyceen sind ebenfalls vorhanden. Sie scheinen besonders durch gewisse gelbgrün gefärbte Formen der letzteren wie *Oscillatoria Lauterbornii*, *O. putrida* usw. angedeutet, wobei ich allerdings meine Zweifel nicht unterdrücken kann, ob diese gelbgrün gefärbte Fäden alle wirklich „echte“ Oscillarien sind. Eine sichere Entscheidung dürfte wohl eine mikrochemische und spektroskopische Untersuchung des Farbstoffes ergeben, die hoffentlich nicht lange ausstehen wird.

Parallelförmige Bakterien, Schwefelbakterien, Purpur- und Chlorobakterien, Cyanophyceen.

Morphologische Grundform	Farblos (Eubakterien und Schwefelbakterien)	Purpurn (Purpurbakterien)	Gelbgrün (Chlorobakterien)	Blaugrün (Cyanophyceen)	Grün (Chlorophyceen, Flagellaten)
Einzelzellen	<i>Bacterium, Bacillus, Achromatium</i>	<i>Chromatium</i>	<i>Chlorobacterium</i>	<i>Synechococcus</i>	Zahlreiche Formen
Einfache Fäden	<i>Beggiatoa</i>	—	<i>Oscillatoria chlorina</i> <i>O. Lauterbornii</i> <i>O. putrida</i>	<i>Oscillatoria</i> s. str.	Fadenalgen
Spiralfäden	<i>Spirulina albicans</i>	—	<i>Spirulina flavovirens</i>	<i>Spirulina</i> s. str.	—
Perschnurartige Fäden	<i>Streptococcus</i>	(<i>Rhodonostoc</i> ?)	—	<i>Anabaena</i> etc.	<i>Radiofilum</i> ?
Fadenbündel in gemeinsamer Gallertscheide	<i>Thioploca</i>	—	—	<i>Hydrocoleum Microcoleus</i>	—
Zellhaufen in gemeinsamer Gallerte	<i>Ascococcus</i>	<i>Lamprocystis</i>	<i>Pelagloea, Schmidlea</i>	<i>Clathrocystis</i>	<i>Palmella</i>
Tafelförmige Zellverbände	<i>Lampropedia hyalina</i>	<i>Thiopedia rosea</i>	—	<i>Merismopedia</i>	<i>Staurogenia</i>
Paketförmige Zellverbände	<i>Sarcina</i>	<i>Thiosarcina</i>	—	—	<i>Pleurococcus</i> ? <i>Chlorosarcina</i> ?
Netzartig durchbrochene Zellverbände	—	<i>Thiodictyon</i>	<i>Pelodictyon</i>	—	<i>Hydrodictyon</i>
Freischwärmende tonnenförmig zusammen-schließende Zellverbände	—	<i>Pelochromatium</i>	<i>Chlorochromatium</i>	—	—

In der Tabelle auf S. 427 habe ich versucht, eine Anzahl auffallender „Parallelförmigkeiten“ der farblosen, purpurnen, gelbgrünen und blaugrünen Schizophyten übersichtlich gegenüber zu stellen. Daß diese hauptsächlich durch ihre Färbung verschiedenen Wiederholungen bestimmter morphologischer Grundformen in allen Fällen nur auf Konvergenz beruhen sollten, erscheint mir mehr als zweifelhaft. Trotzdem unser ganzes jetziges System der Schizophyten die Verschiedenheit der Färbung in weitgehendem Maße zur Abgrenzung der einzelnen Kategorien heranzieht, halte ich es durchaus nicht für unwahrscheinlich, daß manche der hier gebrachten horizontalen Reihen auch wirkliche genetische Zusammenhänge zum Ausdruck bringen, zum mindesten soweit es sich um die eigentlichen Schizophyten handelt. Weit loser scheinen die Beziehungen zu den rein chlorophyllgrünen Algen sein, die gewissermaßen nur als Anhang zum Vergleich in die Tabelle aufgenommen sind.

In bezug auf ihr Vorkommen dürften die Chlorobakterien wohl ebenso weit verbreitet sein, als die Rhodobakterien, nur fallen sie, wo sie nicht gerade in Massenentwicklung auftreten, dem oberflächlichen Blicke weit weniger auf als die letzteren. Im allgemeinen erscheinen sie noch mehr als die Purpurbakterien an das Vorhandensein reichlicher Mengen von Schwefelwasserstoff gebunden und gehören darum auch mit zu den charakteristischsten Organismen natürlicher Schwefelquellen: in Galizien fanden SZAFER (1910) und STRZESZEWSKY (1913) die Chlorobakterien besonders üppig in denjenigen Bezirken der Quellen entwickelt, die (nach den Angaben des letztgenannten Forschers) 1 g H_2S auf 10000 g Wasser enthielten; wo der H_2S -Gehalt auf etwa 0,4 g sank, verschwanden die gelbgrünen Bakterien, während die Purpurbakterien noch massenhaft vorhanden waren. Sonst finden sich die Chlorobakterien am regelmäßigsten im Schlamm von Characeen-Teichen, der, wie früher bereits gezeigt, besonders reich an Schwefelwasserstoff sowie an Sulfaten ist; weiter in Gräben mit abgestorbenen Lemna-Rasen, in Teichen und Tümpeln mit faulenden Laubmassen am Grunde — allenthalben aber erst in einer gewissen Tiefe (etwa 0,5—1,5 m) und kaum jemals am seichten stark belichteten Rande der Gewässer, wo Schwefelbakterien (*Thiothrix*, *Lamprocystis*) noch üppig gedeihen. Im Abwasserschlamme habe ich die Familie bis jetzt völlig vermißt. Die Zeit des häufigsten Vorkommens der Chlorobakterien ist die kühlere Jahreszeit, ganz besonders der

Vorfrühling; die Massenentfaltung von *Pelagloea* fand ich hauptsächlich in den Monaten Februar bis April, später verschwinden diese Formen mehr und mehr.

In folgendem gebe ich nun eine systematische Übersicht der mir bekannten Gattungen und Arten der Chlorobakterien, soweit eine solche nach rein morphologischen Merkmalen durchführbar erscheint. Denn so leicht sich die vorgeführten Formen in typischer Ausbildung von einander unterscheiden lassen, kommen doch bisweilen gewisse Entwicklungsstadien vor, die einer eindeutigen Zuerteilung zu einer bestimmten Gattung und Art Schwierigkeiten bereiten. Wie bei so vielen anderen Mikroorganismen werden auch hier erst Reinkulturen die Abgrenzung der einzelnen Formenkreise sicherstellen.

Gatt. **Chlorobacterium** nov. gen.

Einzelstäbchen von gelbgrüner Farbe, oft etwas gekrümmt, bewegungslos.

Chlorobacterium symbioticum nov. spec. (Taf. III, Fig. 34—36).

Zellen 2—3 μ lang, dicht gedrängt in einer Schicht senkrecht angeordnet, die gallertige Oberfläche von *Amoeba* und farblosen Flagellaten wie mit einem grünlichen Mantel umhüllend.

Die vorliegende Art habe ich bis jetzt nur in einer Art Symbiose mit *Amoeba chlorochlamys* sowie einer farblosen Flagellate beobachtet, worüber die systematische Behandlung der sapropelischen Rhizopoden Näheres bringen wird. Nicht selten in einem Graben bei Bobenheim, vereinzelt auch in Teichen und Tümpeln bei Maudach sowie Rheingönnheim.

Gatt. **Schmidlea** LAUTERBORN 1913.

Zellen sehr klein, elliptisch bis fast kokkenartig, dicht gedrängt in großer Zahl zu wolkenartigen, außen scharf begrenzten rundlichen ovalen bis vielfach gelappten gallertigen Verbänden vereinigt.

Schmidlea luteola SCHMIDLE spec. (*Aphanothece luteola* SCHMIDLE 1901, S. 129—180). — Tafel III. Fig. 29.

Mit den Charakteren der Gattung. Zellen 1,5—2,5 μ lang, 1—1,5 μ breit. Durchmesser der Kolonien 30—300 μ .

Die vorliegende Art wurde 1896 von mir auf dem Faulschlamm einer alten Lehmgrube bei Ludwigshafen entdeckt und von SCHMIDLE (1901) als *Aphanothece luteola* kurz beschrieben.

Später fand ich sie an allen untersuchten sapropelischen Lokaltäten der Rheinebene als eine der häufigeren Formen.

Größe und Gestalt der Kolonien sind sehr wechselnd: von etwa 30 μ messender tropfenartig rundlichen Zellansammlungen finden sich alle Übergänge bis zu 0,3 mm großen vielfach gelappten Kolonien, die im Innern oft helle vakuolenartige Räume umschließen¹¹⁾. Die gemeinsame Gallerte, die, wie Beobachtungen in Tuscheemulsion zeigen, nur wenig über den scharf begrenzten Bereich der Zellansammlungen hinausgreift, zerfließt weniger leicht als bei der Gattung *Pelogloea*, ist aber doch noch ziemlich weich und nachgiebig, da kleine farblose Flagellaten sowie Infusorien leicht ihren Weg durch dieselbe bahnen.

Gatt. *Pelogloea* LAUTERBORN.

Zellen in Gestalt von Kurz- und Langstäbchen, bisweilen kettenartig aneinander gereiht, in sehr großer Zahl in unregelmäßige leicht zerfließende Gallertmassen eingebettet.

Pelogloea bacillifera nov. spec. Taf. III, Fig. 30—31.

Zellen in Gestalt kurzer, an den Enden abgerundeter Einzelstäbchen. Länge der Zellen 2—4 μ , Breite 1,5 μ . Kolonien bis über 1 mm groß.

Pelogloea chlorina LAUTERBORN 1913, S. 99 — Taf. III, Fig. 32

Zellen in Gestalt längerer an den Enden etwas abgestutzter Stäbchen, meist zu gebogenen Ketten vereint, die locker durcheinander gewunden, die gemeinsame Gallerte durchsetzen. Länge der Zellen 3—8 μ , Breite 1 μ . Kolonien bis 1 mm groß.

Die Zellen von *P. bacillifera* zeigen, wie die Abbildung erkennen läßt, im Innern kleine durch vorspringende Plasmabrücken begrenzte vakuolenartige Räume, die besonders an den Zellenden öfters schärfer hervortreten und dann an die sog. „Pseudovakuolen“ erinnern; bei *P. chlorina* erscheinen diese Strukturen weniger deutlich ausgeprägt. Die Teilung der Zellen erfolgt wie bei allen Chlorobakterien durch eine stetig fortschreitende ringförmige Einschnürung in der Mitte: während sich dann bei *P. bacillifera* die Teilhälfen meist bald trennen, bleiben sie bei *P. chlorina* gewöhnlich vereint und bilden mehr oder weniger lange kettenartige Fäden.

¹¹⁾ In älteren Kulturen sah ich diese gallerterfüllten vakuolenartigen Räume öfter so mächtig entwickelt, daß blasen- bis sackförmige, nach außen nur von einer Bakterienschicht umschlossene Kolonien zu Stande kamen.

Die gemeinsame Gallertmasse, welche die Zellen umgibt, ist recht unregelmäßig begrenzt. Sie erreicht oft ziemlich beträchtliche Dimensionen und umschließt dann Hunderttausende von Zellen. Bei *P. bacillifera* breitet sich die Gallerte gern mehr oder weniger flächenhaft aus, wobei sich die peripheren Partien oft lappen- oder strangförmig ausziehen, namentlich am Rande verwesender Pflanzenreste entlang; hier sieht man dann auch entsprechend der Zugrichtung die Einzelzellen in annähernd parallelen Zügen angeordnet. Die Konsistenz der Gallerte muß eine sehr lockere sein. Das geht schon daraus hervor, daß sie gewöhnlich mit förmlichen Nestern von Purpurbakterien, traubig gehäuften Kolonien von *Chlorochromatium*, Cysten von Algen und Flagellaten usw. reichlich durchsetzt ist, neben denen Flagellaten und auch Infusorien anscheinend fast mühelos dahingleiten. Beim Übertragen des frischen Materials in die Kulturgläser zerfließt die Gallerte — namentlich diejenige von *P. bacillifera* — sehr leicht, so daß das über dem Schlamm stehende Wasser durch die freigebliebenen Zellen eine zeitlang schmutzig grün gefärbt erscheint.

Der Hauptfundort für *Pelogloea* in meinem Gebiete ist ein von Gebüsch umgebener schilfbestandener Teich bei Rheingönheim (südwestlich von Ludwigshafen), wo die Chlorobakterien die am Grunde faulenden Blätter im Vorfrühling mit einem schleimig-schmierigen schmutzig grünen Belag dicht überziehen; im Sommer habe ich hier meist völlig vergeblich nach diesen interessanten Organismen gesucht. Recht häufig ist *Peloglœa* auch an den tieferen Stellen eines Feldgrabens bei Bobenheim (südlich von Worms), hier meistens in Gesellschaft von *Pelodictyon*; an den übrigen Fundorten traf ich sie fast stets nur vereinzelt an.

Gatt. *Pelodictyon* LAUTERBORN.

Zellen stäbchenförmig, meist nach allen Richtungen des Raumes zu netzförmig durchbrochenen Verbänden ziemlich weitmaschig zusammenschließend.

Pelodictyon clathratiforme SZAFFER spec. (*Aphanothece clathratiformis* SZAFFER, S. 162—163, Taf. VI, Fig. 5). — Taf. III, Fig. 32.³

Mit den Charakteren der Gattung. Zellen 3—6 μ lang, 1—1,5 μ breit. Kolonien bis 180 μ lang, 90 μ breit; Maschen 8—12 μ weit.

Pelodictyon findet sich an fast allen sapropelischen Lokalisationen der Rheinebene, meist einzeln. Zahlreicher und in besonders

großen Kolonien traf ich es in einem Graben bei Bobenheim (südlich von Worms), dessen tiefere Stellen mit faulenden Massen von *Lemna trisulca* erfüllt waren.

Die Kolonien von *Pelodictyon* zeigen in ihrem Aufbau eine weitgehende Ähnlichkeit mit denjenigen der Purpurbakterie *Thiodictyon* sowie der Chlorophycee *Hydrodictyon*. In typischer Ausprägung bilden die Zellen ein zierliches Netzwerk mit unregelmäßigen eckig begrenzten Maschen. Die Weite der letzteren wird vielfach von der Länge der sie umschließenden Zellen bestimmt: Kurzstäbchen vom Habitus der *Pelogloea bacillifera* bilden engmaschige, Langstäbchen vom Habitus der *P. chlorina* weitmaschige Netze. Dieser Umstand legte die Frage nahe, ob *Pelodictyon* nicht auch als eine besondere Wuchsform von *Pelogloea* aufgefaßt werden könnte, umsomehr als man auch nicht selten Ansammlungen dunkel gelbgrün gefärbter Bakterien findet, die in der Aneinanderlagerung der Einzelzellen die Mitte zwischen beiden Gattungen zu halten scheinen. Eine derartige Auffassung würde allerdings einen Pleomorphismus dieser bakterienartigen Organismen voraussetzen, wie er für die Purpurbakterien früher von ZOPF (1882) vertreten, von der Mehrzahl der späteren Forscher, ganz besonders von WINOGRADSKY (1888) aber abgelehnt worden ist. Die endgültige Entscheidung werden auch hier nur Reinkulturen bringen können.

Gatt. *Chlorochromatium* LAUTERBORN.

Chlorochromatium aggregatum LAUTERBORN 1906. — 1914 *Chloronium mirabile* BUDER, S. 80, Taf. XXIV. — Tafel III. Fig. 37.

Im Jahre 1906 habe ich die erste Beschreibung dieses sehr interessanten Organismus mit folgenden Worten gegeben:

„Gestalt ungefähr elliptisch bis spindel- oder tonnenförmig, an den Enden etwas verschmälert und abgestutzt. Farbe grün-gelb wie bei *Oscillatoria chlorina*. Bei schwacher Vergrößerung der Körperrand scheinbar etwas krennliert und dunkler grün gefärbt als die Mitte. Bei sehr starker Vergrößerung erscheint der Organismus zusammengesetzt aus einer Anzahl kleiner gestreckt elliptischer bakterienartiger Körper, welche eine stärker grün gefärbte Rindenschicht und eine hellere zentrale Partie erkennen lassen. Indem diese Körper, in etwas unregelmäßigen lockeren Längsreihen angeordnet, mantelförmig einen axialen farblosen

(wohl gallertigen?) Hohlraum umschließen, kommt das oben geschilderte Aussehen bei schwacher Vergrößerung zustande. Freibeweglich mit Hilfe von Geißeln. — Länge des Organismus: 0,009—0,012 mm, Breite 0,005—0,007 mm.

Vermehrung durch Querteilung: der Organismus streckt sich in die Länge und schnürt sich in der Mitte durch eine Ringfurche quer durch. Auch mehrfach Zerfall in die einzelnen bakterienartigen grünen Körper beobachtet, welche sich selbst wieder quer teilen können. Auf diese Weise kommen unregelmäßige, bisweilen netzartig durchbrochene und dann im Habitus an *Lamprocystis roseo-persicina* erinnernde hellgrüne Kolonien zustande.“

In jüngster Zeit wurde *Chlorochromatium* auch von BUDER gefunden und ohne Kenntnis meiner Arbeit von 1906 (ebenso derjenigen von 1913) nochmals als *Chloronium mirabile* beschrieben (1914). Die sehr ausführliche Darstellung stimmt, soweit die Beobachtung bei gewöhnlicher Beleuchtung in Frage kommt, im wesentlichen mit meinen Befunden überein¹²⁾. Darüber hinaus ist es aber BUDER gelungen mit Hilfe der Dunkelfeldbeleuchtung sowie von Färbungen eine Reihe weiterer interessanter Aufschlüsse zu gewinnen. Während ich dem farblosen axialen Hohlraum eine „wohl gallertige“ Beschaffenheit zuschrieb, beschreibt BUDER als Träger der grünen Körper einen im Leben völlig durchsichtigen spindelförmigen bakterienartigen Organismus, der eine polare Geißel trägt, welche die Bewegung des ganzen Verbandes bewirkt. Weiter hat BUDER auch über den Farbstoff von *Chlorochromatium* einige Beobachtungen angestellt: als eine Komponente des Pigmentes ergab sich mit Sicherheit Chlorophyll, die andere dürfte vielleicht Phycocyan sein; Bakteriochlorin, welches MOLISCH als grünen Farbstoffkomponenten der Purpurbakterien kennen lehrte, war niemals nachzuweisen.

Auf Grund seiner Befunde sieht BUDER in den Chlorochromatien „einen neuen Typus symbiontischer Vereinigung“. Diese Auffassung erscheint mir durchaus diskutabel, da ich selbst eine sehr innige Vereinigung von Chlorobakterien mit einem anderen

¹²⁾ So regelmäßig gebaute Chlorochromatien, wie sie BUDER Taf. XXIV Fig. 1 und 5 abbildet, habe ich niemals beobachtet. Auch sah ich in den bakterienartigen grünen Körpern die Scheidung in eine dunkler gefärbte Rindenschicht und hellere zentrale Partie stets ausgeprägt, während nach BUDER der Zellraum „meist ganz homogen“ sein soll und nur bisweilen in der Mitte des Stäbchens eine hellere Zone hervortreten läßt.

Organismus beobachtet habe, die kaum anders als Symbiose gedeutet werden kann: ich verweise auf die später folgende Schilderung von *Amoeba chlorochlamys*, wo stäbchenförmige Chlorobakterien dicht gedrängt einen förmlichen Mantel um eine sonst typische Amoebe bilden.

Chlorochromatium aggregatum ist sicherlich sehr weit verbreitet, wird aber schon wegen seiner Kleinheit leicht übersehen. Ich traf es, fast stets in Gesellschaft von Rhodo- und Chlorobakterien, in allen sapropelischen Gewässern der Rheinebene mehr oder weniger zahlreich, aber niemals in eigentlicher Massenfaltung wie etwa *Chromatium*. Die Bewegungen sind ziemlich lebhaft, etwas wackelnd, doch sieht man oft auch Exemplare lange Zeit völlig ruhig daliegen. Wiederholt beobachtete ich eigenartige Ruhezustände, Dutzende bis etwa hundert Chlorochromatien, die traubig gehäuft in förmlichen Nestern die Gallerte von *Pelagloea* usw. durchsetzen.

Mit dieser Übersicht der von mir bis jetzt beobachteten Chlorobakterien ist deren systematischer Bestand noch keineswegs erschöpft. Ich beobachtete einmal unregelmäßig maschig durchbrochene Verbände von Chlorobakterien, die sehr an SZAFERS *Aphanothece sulfurica* erinnerten, nur waren die Zellen nicht kugelig, sondern elliptisch. Aller Wahrscheinlichkeit nach bildet diese Form ebenso wie SZAFERS *Aphanothece parallela* eine eigene Gattung, deren Neubenennung indessen dem Autor überlassen sei.

Möge die Familie der Chlorobakterien bald von berufener Seite eine umfassende Darstellung ihrer Physiologie und Biologie erfahren, wie sie uns in so vorbildlicher Weise MOLISCH für die Purpurbakterien gegeben hat!

2. Cyanophyceen.

Die Cyanophyceen als Ganzes betrachtet dürften wohl die anpassungsfähigste Gruppe unter allen Algen darstellen. Sie fehlen kaum irgend einem Gewässer und besitzen ihre charakteristischen Vertreter ebensogut in den klarsten und reinsten Quellen und Bergbächen wie in den schmutzigsten Teichen und Tümpeln. In diesen letzteren überwiegt bei weitem die Familie der Oscillatoriaceen, von der eine Reihe von Arten wie *Oscillatoria limosa* AG., *O. Froelichii* KÜTZ., *O. princeps* VAUCH. u. a., oft vereint mit Beggiatoen und Purpurbakterien, den Faulschlamm in dichten Filzen über-

spinnen, nicht selten auch, durch Gasentwicklung vom Boden losgelöst, in schmutzig-grünen Fladen an der Oberfläche treiben.

Für die typisch sapropelischen Lokalitäten dürften folgende Arten besonders charakteristisch sein.

Gatt. *Oscillatoria* VAUCHER.

Oscillatoria chlorina KÜTZING.

Leicht kenntlich an der gelbgrünen Farbe. Die abgerundeten Fadenenden sind farblos, die Fäden selbst erscheinen fein quer geringelt, ähnlich wie es SZAFER (1911, S. 163, Taf. VI Fig. 1) für seine *O. lineata* angibt, die außerdem noch Schwefel enthalten soll. Die Bewegungen sind lebhaft.

Sehr häufig auf Faulschlamm der verschiedensten Art, besonders in Lemna- und Characeen-Teichen, auch auf Abwasserschlamm. Einzeln auch am Grunde von Altwässern und Seen wie z. B. im Bodensee, hier besonders zwischen den Rasen der Characeen.

Neben der typischen 3,5—4 μ dicken *O. chlorina* kenne ich noch eine weit robustere Form von 8 μ Fadendicke (Taf. III, Fig. 23). An dieser tritt die Querstreifung der Zellen sowie die farblose Plasmakuppe an den Fadenenden mit besonderer Deutlichkeit hervor. Die Fäden erscheinen in Abständen von etwa 8—9 μ etwas eingezogen und die Zellen hier oft durch farblose, im optischen Querschnitt bikonvexe Zwischenräume getrennt. Die gelbgrüne Färbung ist auf die Rindenschicht beschränkt, welche anscheinend auch den Sitz der Querringelung darstellt; das Zellinnere erscheint heller und in der Achse von einem fein gekörnten Plasmastrang durchzogen, der sich an den Fadenenden als farblose Kuppe vorwölbt. Von Zelleinschlüssen finden sich sonst nur sehr kleine unregelmäßig verteilte Vakuolen sowie feinste Kügelchen, besonders an den Zellgrenzen.

Die vorliegende Form kam bis jetzt nur in einem mit Lemna bedeckten Waldteich bei Neuhofen in Gesellschaft von *Lyngbya Lindavii* LEMM. zur Beobachtung. Ob sie als var. *perchlorina* von *O. chlorina* oder unter diesem Namen als besondere Art aufzufassen ist, bleibt weiteren Beobachtungen überlassen.

Oscillatoria Lauterbornii SCHMIDLE 1901, S. 179 — (Taf. III, Fig. 24).

Eine der am meisten charakteristischen sapropelischen Oscillariaceen und namentlich im Winter und Frühling oft recht häufig

auf dem Faulschlamm von Characeen- und Lemna-Teichen. Die gelbgrün gefärbten Fäden messen in der Breite 3—4 μ , die Länge der Zellen beträgt 6—8 μ . Das Zellinnere wird von einer (selten zwei) unregelmäßig begrenzten vielfach eingebuchteten und zerklüfteten Pseudovakuole eingenommen, die außen scharf und dunkel begrenzt erscheint, während das Innere bei geeigneter Einstellung einen rötlichen Schimmer zeigt. Ausgesprochene Bewegungen habe ich bei dieser Art kaum wahrnehmen können.

Oscillatoria (?) putrida SCHMIDLE 1901, S. 179 — Taf. III, Fig. 25.

Bewegliche oft gebogene schwach gelbgrüne Fäden von 2—3 μ Breite. Die Zellen sind etwa 10—20 μ lang und zeigen bei den dickeren Fäden eine deutlich doppelt konturierte Membran. Die Querwände sind viel schwerer sichtbar und jederseits durch etwas unregelmäßige Vakuolen (SCHMIDLES „protoplasmatische Körnchen“) markiert. Der Zellinhalt erscheint gleichmäßig sehr fein granuliert, ab und zu mit einigen Kügelchen.

Nicht selten in den Gallertmassen von Chlorobakterien, in schleimig faulenden Pflanzenresten, daneben auch frei, besonders in Characeenteichen.

Oscillatoria (?) trichoides SZAFER 1911, S. 164—165 (Taf. VI, Fig. 2).

Fäden starr, etwa 1—1,5 μ dick, nur sehr schwach gelblich gefärbt. Querwände im Leben kaum sichtbar; Zellinneres mit kleinen vakuolenartigen Räumen, die ziemlich unregelmäßig verteilt sind. Schwefelein schlüsse, von denen SZAFER berichtet, habe ich niemals gesehen, anscheinend hat der Autor die Pseudovakuolen dafür gehalten.

Mit der vorhergehenden Art an den gleichen Standorten nicht selten.

O. putrida und *O. trichoides* stellen wohl kaum mehr echte *Oscillatoria*-Arten dar und dürften später wohl die Errichtung einer neuen Gattung verlangen. Dasselbe gilt sehr wahrscheinlich auch von *O. Lauterbornii*.

Gatt. *Lyngbya* AGARDH.

Lyngbya Lindavii LEMMERMANN 1905, S. 147 (Taf. IV, Fig. 10—11).

Dunkel blaugrün, die Zellen sehr reich an Glykogen. Die Scheiden sind recht resistent; sie erhalten sich, oft durch Schwefel-

eisen geschwärzt, noch lange nachdem die Fäden längst abgestorben sind und sammeln sich öfters in größeren fädig-flockigen Massen an.

Sehr häufig in einem von Lemna überwucherten Waldteich bei Neuhausen, sonst mehr einzeln.

Lyngbya Hieronymusii LEMMERMANN (?) 1905, S. 146 (Fig. 12—13). — Taf. III, Fig. 22.

Mit einigem Vorbehalt ziehe ich die Taf. III, Fig. 22 abgebildete *Lyngbya* zu *L. Hieronymusii*, die nach den Angaben ihres Entdeckers als einzige der Gattung Pseudovakuolen enthalten soll. Die von mir beobachtete Form bildet bis über 500 μ lange gerade und ziemlich starre Fäden mit enger Scheide; die Zellen sind etwa 8 μ breit, 2—3 μ hoch und an den Scheidewänden schwach eingeschnürt. Die Färbung ist blaugrün, aber durch eine große, fast die ganze Zelle einnehmende stark zerklüftete Pseudovakuole mehr oder weniger verdunkelt.

Ich fand diese Art bis jetzt nur ziemlich vereinzelt in einem Graben bei Bobenheim sowie in Characeen- und Lemna teichen bei Maudach, in Gesellschaft von Chlorobakterien und Purpurbakterien.

Gatt. **Pseudanabaena** nov. gen.

Zellen deutlich voneinander abgesetzt, zylindrisch oder in der Mitte eingeschnürt, blaugrün, zu kettenartigen beweglichen Fäden verbunden.

Pseudanabaena constricta SZAFER spec. (*Oscillatoria constricta* SZAFER 1911, S. 164, Taf. VI, Fig. 3). — Taf. III, Fig. 26.

Zellen abgerundet zylindrisch, in der Mitte meist mehr oder weniger eingeschnürt, etwa 10 μ lang, 5—6 μ breit.

Nicht selten im Faulschlamm eines Grabens bei Bobenheim unter Chloro- und Purpurbakterien, an den übrigen Fundorten nur einzeln.

Ps. catenata nov. spec. (Taf. III, Fig. 27).

Zellen zylindrisch, an beiden Enden abgestutzt; Färbung blaugrün, bisweilen auch etwas oliven-bräunlich. Zellen 3 μ lang, 2 μ breit.

An den gleichen Standorten wie *Ps. constricta*, meist nur einzeln. Einmal sehr zahlreich an den Scheiden von *Lyngbya*.

Die Angehörigen dieser Gattung erinnern, wie dies schon SZAFER für seine *Oscillatoria constricta* hervorgehoben hat, sehr

an sterile *Anabaena*-Fäden, doch habe ich ebensowenig wie dieser Autor jemals Heterocysten oder Sporen beobachten können. Außerdem zeigen die Fäden lebhaft Kriechbewegungen. Die Aufstellung einer eigenen Gattung dürfte also wohl gerechtfertigt erscheinen. Die Färbung ist besonders bei *Ps. constricta* ein sehr ausgeprägtes Blaugrün, welches mantelartig in der Rindenschicht lokalisiert erscheint. Die Achse der Zellen zeigt einen farblosen im Querschnitt sternförmigen Strang, der durch den ganzen Faden zu verfolgen ist. Die Zellenden führen gewöhnlich zwei helle Kügelchen. In den Kulturen zeigten sich zahlreiche Ketten von einer Gallertscheide umgeben; einige Male sah ich hier auch mehrere Fäden in einer Scheide.

Gatt. *Spirulina* TURPIN.

Spirulina flavovirens WISLOUCH 1911, S. 155—161.

Eine durch ihre gelbgrüne Färbung ausgezeichnete Art. Die von mir beobachteten Exemplare zeigten folgende Maße: Dicke der Spiralfäden 2,5—3 μ , Breite der Windungen 7,5—8 μ , Abstand derselben voneinander 2,5—3 μ .

Bis jetzt nur in Quellwasser führenden kühlen Strombuchten des Rheins bei Ottenheim und Diersheim (oberhalb und unterhalb von Straßburg) sowie in einem quelligen Altwasser der Moder bei Drusenheim, überall in der Tiefe auf faulendem Characeenschlamm in Gesellschaft von *Pelochromatium roseum* LAUTERBORN.

3. Diatomeen.

So weit die Diatomeen in den verschiedenartigsten Gewässern auch sonst verbreitet sind — in der sapropelischen Lebewelt treten sie völlig in den Hintergrund und haben keinen einzigen charakteristischen Vertreter aufzuweisen. Man findet hier ab und zu einige *Nitzschien*, besonders *N. palea* (Kütz.) SMITH, kleine *Synedren* und *Naviculeen*; in Teichen, die mit *Lemna*-Rasen überwuchert sind, birgt der Faulschlamm am Grunde meist abgefallene *Epithemien*, *Gomphonema*, *Eunotia* usw. und ähnlichen Formen, die alle den Charakter des zufällig Verschlagenen tragen.

4. Chlorophyceen.

Was von den Diatomeen gesagt wurde, gilt ebenso von den Chlorophyceen: auch sie sind für die typisch entwickelte sapro-

pelische Lebewelt gewissermaßen negativ charakteristisch. Am wenigsten selten sind noch Rhaphidien wie *Rhaphidium polymorphum* FRES., Zellen von *Scenedesmus*, *Ophiocytium*, auch *Closterium acerosum* EHRB.; dazu kommen gelegentlich noch Fäden von *Conferva bombycina* AG. sowie kleine Räschen von *Microthamnion Kützingianum* NÄG. Der minimale Sauerstoffgehalt, die reiche Entwicklung von Schwefelwasserstoff schließen im Faulschlamm eine reichere Entwicklung der Grünalgen also ebenso sehr aus, wie diejenige der Diatomeen. Eine gewisse Ausnahme nach dieser Richtung hin macht unter den höheren Algen nur die Gruppe der Characeen, speziell die Gattung Chara selbst mit *Ch. aspera*, *Ch. foetida*, *Ch. hispida*, usw. Diese wurzeln sehr oft in einem Schlamm, der außerordentlich reich an Schwefelwasserstoff und bisweilen fast völlig frei von Sauerstoff ist. Dies harmoniert mit den Befunden KÜHNES (1897), wonach Chara-Pflanzen tagelang im sauerstofffreien Medium auszudauern vermögen, ohne daß die Plasmaströmung in den Zellen eine Schädigung erkennen läßt.

5. Rizopoden.

Die Rhizopoden sind im Faulschlamm durch eine Anzahl weitverbreiteter Arten sowie durch einige Charakterformen vertreten. Zu den ersteren gehört neben einigen Amöben zunächst *Arcella vulgaris* EHRB., die mit sehr geringen Sauerstoffmengen vorlieb nehmen kann und oft, wie auch die Amöben mit gefressenen Chromatien förmlich vollgepfropft erscheint. Von Difflugien erscheint am regelmäßigsten *Difflugia acuminata* EHRB. und zwar in einer 120—210 μ langen, 40—100 μ breiten Form, deren Gehäuse mit flachen Sandkörnchen bedeckt ist. Recht häufig tritt auch *Cochliopodium vestitum* ARCH. spec. auf, meist mit Zoochlorellen; *C. vestitum* AUERBACH spec. ist viel seltener. Von Heliozoen habe ich *Actinosphaerium Eichhorni* EHRB. spec. sowie *Heterophrys myriopoda* ARCHER, beide aber nur ganz vereinzelt beobachtet.

Als Charakterformen des eigentlichen Faulschlammes können folgende Arten betrachtet werden:

Gatt. Amöba EHRENBURG.

Amöba chlorochlamys nov. spec. Taf. III, Fig. 34—35.

Amöbe etwa von Habitus der *A. limax* DUJ., von einer

gelbgrünen einschichtigen Hülle umschlossen, die aus zahlreichen senkrecht eingepflanzten stäbchenförmigen Chlorobakterien besteht. Länge 24—40 μ ; Dicke der Hülle (Länge der Bakterien) 2 μ .

Nicht selten an tiefen, mit abgestorbener *Lemna trisulca* erfüllten Stellen eines Feldgrabens bei Bobenheim (südlich von Worms), in Gesellschaft von Chlorobakterien. Vereinzelt auch in Characeen-Teichen bei Maudach usw.

Schon bei der Schilderung von *Chlorobacterium* habe ich auf diese interessante Amöbe und ihre eigenartige Symbiose mit dem grünen Bakterium hingewiesen. Befindet sich die Amöbe im Ruhezustand, also mehr oder weniger kugelig kontrahiert, so erscheinen die in die Gallerthülle der Amöbe eingepflanzten Bakterienstäbchen alle radiär angeordnet und umschließen palissadenartig dicht gedrängt den Rhizopoden nach allen Seiten. Bei der Bewegung lockert sich um das vorgeschobene lappenförmige Pseudopodium der Stäbchenbesatz mehr oder weniger auf und spreizt sich an der Spitze des Pseudopodiums fast fiederförmig auseinander. Als Nahrung werden neben Detrituspartikeln auch Chromatien aufgenommen.

Gatt. *Pelomyxa* GREEF.

Pelomyxa palustris GREEF 1874, S. 51—73.

Dieser Riese unter den Süßwasser-Rhizopoden zählt zu den charakteristischsten Mitgliedern der sapropelischen Lebewelt. Namentlich in *Lemna*-Teichen wird man ihn zu keiner Jahreszeit kaum jemals vermissen. Bringt man aus diesen eine Partie Grundschlamm in ein Glas, so sieht man schon mit freiem Auge die *Pelomyxen* als milchweiße bis etwa 3 mm große unregelmäßige Klümpchen zu Boden sinken, wo sie sich öfters in größeren Mengen ansammeln und dann leicht isoliert werden können. Dieses rasche Sinken durch die ganze Schlammasse durch deutet auf ein hohes spezifisches Gewicht von *Pelomyxa* hin, welches in erster Linie durch die zahlreichen Kugeln von Paraglykogen, die sog. Glanzkörper, bedingt wird. Niemals habe ich in meinen Kulturen den Rhizopoden auf der Oberfläche des Schlammes gesehen, sondern stets nur innerhalb desselben; er führt also eine ausgesprochene „kryptopelische“ Lebensweise.

Gatt. *Pamphagus* BAILEY.

Pamphagus armatus LAUTERBORN 1901, S. 54. — 1908, S. 647 (Taf. XLI, Fig. 3).

Eine recht auffallende Art, deren elastische beutelförmige Schalenhaut auf ihrer ganzen Oberfläche mit zahlreichen nach hinten gekrümmten spitzen Stacheln bewehrt ist. Hauptsächlich im Schlamm von Characeen-Teichen bei Ludwigshafen, Maudach, aber immer nur recht vereinzelt.

6. Flagellaten.

Die Zahl der Flagellaten, die in ihrem Vorkommen an Gewässer mit fäulnisfähiger organischer Substanz gebunden sind, ist eine recht beträchtliche. Schon WARMING (1896, S. 136—137) hat die „saprophilen Flagellatenvereine“ mit *Euglena viridis*, *E. sanguinea*, *Polytoma* usw. als eigene „Vereinsklasse“ der Wasservegetation aufgestellt.

Auch in den ausgesprochenen sapropelischen Lokalitäten, in den Lemna- und Characeenteichen, sind die Flagellaten gut vertreten, allerdings nur selten in Massenentfaltungen und stets auch mehr auf als in dem Schlamm. Die überwiegende Mehrzahl der hier vorkommenden Formen ist dabei nicht auf die eigentliche sapropelische Lebewelt beschränkt, sondern findet sich fast überall, wo reichlichere Mengen organischer Substanzen im Wasser faulen, so vor allem auch in Abwässern. Ich kann mich darum an dieser Stelle wohl auf eine Übersicht der in Gesellschaft typisch sapropeler Organismen beobachteten Flagellaten beschränken.

Von den Protomastiginen gehören hierher *Rhynchomonas nasuta* STOKES, *Pteridomonas pulex* PENARD sowie *Physomonas socialis* KENT, welche letztere ich epiphytisch auf Fäden von *Oscillatoria limosa* traf. Von den Distomatinen, welche fast alle mehr oder weniger saprophil sind, fehlen *Trepomonas agilis* DUJ. und *Hexamitus inflatus* DUJ. kaum je dem Faulschlamm; in den Kulturen verschwinden diese zarten Formen gewöhnlich früher als die Mehrzahl der übrigen Flagellaten. Chrysomonadinen treten nur ganz ausnahmsweise auf; um so auffallender ist es, daß ich die bis jetzt nur aus Amerika bekannte prächtige *Chloromonas pulcherrima* STOKES in meinem Untersuchungsgebiet mehrfach gerade auch auf dem Faulschlamm eines Lemna-Teiches bei Maudach zu Gesicht bekam. Recht häufig sind dagegen die Cryptomonadinen, vor allem *Cryptomonas ovata* EHRB. und *Cr. erosa* EHRB., zwei ausgesprochen eurybiotische Arten, die in den verschiedenartigsten Gewässern und hier sowohl im

Plankton als auch zwischen Pflanzen und im Schlammte zusagende Existenzbedingungen finden. Nicht selten tritt mit ihnen *Cyathomonas truncata* FRES. spec. auf., die sich auch von Chromatien ernährt.

Von den Eugleninen erscheint *Euglena acus* EHRB. fast regelmäßig auch zwischen Schwefelbakterien, Purpur- und Chlorobakterien; *E. viridis* EHRB., die in Abwässern so massenhaft auftritt, ist hier weit spärlicher. *Phacus oscillans* KLEBS, eine durch die umgeschlagenen Seitenränder ausgezeichnete seltene Art, fand ich bis jetzt einzig im Faulschlamm, wo auch eine farblose Form von *Ph. pleuronectes* O. F. M. spec. zur Entwicklung gelangt. Nicht selten erscheint auch *Eutreptia viridis* PERTY, deren gallertumhüllte Ruhe- und Teilungszustände in einem Graben bei Bobenheim zwischen Purpur- und Chlorobakterien so massenhaft auftraten, daß sie schon mit freiem Auge als hellgrüne Flöckchen wahrzunehmen waren. Als sapropelische Vertreter der ungefärbten Eugleninen können *Heteronema acus* EHRB. spec. und *H. spirale* KLEBS, *Menoidium pellucidum* PERTY gelten.

Volvocineen treten im Faulschlamm nur sporadisch auf. Eine Ausnahme scheint neben dem noch spezieller zu behandelnden *Spondylomorum quaternarium* EHRB. eine anscheinend neue Gattung der Chlamydomonadinen zu machen, die ich im Februar dieses Jahres zwischen faulender *Lemna trisulca* eines Feldgrabens bei Bobenheim fand. Es waren dies etwa 20 μ lange Monaden von bohnenförmiger oder nierenförmiger Gestalt, die an einem Ende der Einbuchtung etwas nasenförmig vorgezogen waren. Das rein grüne Chromatophor erfüllte fast die ganze Zelle und ließ nur entlang der eingebuchteten Seite einen schmalen Saum frei; neben dem Hauptstigma fanden sich über das Chromatophor zerstreut noch einige kleinere Nebestigmen von braunrötlicher Farbe. Leider habe ich diese interessante Form, die ich in meinen Notizen einstweilen als *Polystigma reniforme* bezeichnete, nur in wenigen Exemplaren beobachten können; bei einer zweiten Exkursion im März war sie am Fundort völlig verschwunden.

Eine besondere Erwähnung unter den sapropelischen Flagellaten dürften folgende beiden Arten verdienen.

Gatt. *Mastigamoeba* F. E. SCHULZE.

Mastigamoeba trichophora LAUTERBORN 1901, S. 55 — 1914 LEMMERMANN S. 41, Fig. 30. — Taf. III, Fig. 20.

Körper auf der Oberfläche mit zahlreichen etwas zerstreut stehenden haarartigen Borsten bedeckt. Alveolarsaum stets sehr deutlich ausgeprägt; Pseudopodien breit. Kern elliptisch, mit der Geißel wandernd; Geißel etwa $\frac{3}{4}$ bis Körperlänge. Plasma ziemlich stark vakuolisiert, meist mit grünen Inthaltskörnern. Länge etwa 100 μ , Breite 50 μ .

Ich fand diese recht charakteristische *Mastigamoeba* zuerst im Juni 1899 in einem von *Lemna* dicht überzogenen Waldteich bei Neuhoſen und zwar in ziemlicher Anzahl; nach kurzer Zeit verschwand die Art dort völlig und ich habe sie die ganze Zeit bisher nirgends mehr nachweisen können bis zum Frühjahr 1915, wo mir in einem *Lemna*-Teiche bei Maudach wieder ein einzelnes Exemplar zu Gesicht kam.

Neben *M. trichophora* traf ich im Faulschlamm des eben genannten *Lemna*-Teiches bei Maudach noch eine weitere, vielleicht ebenfalls zu *Mastigamoeba* gehörenden Art an (Taf. III, Fig. 36): Körper elliptisch, 18—22 μ lang, Geißel doppelt so lang als der Körper; Oberfläche mit einem gelbgrünen Mantel radiär angeordneter stäbchenförmiger Chlorobakterien bedeckt, ganz in der Anordnung derjenigen von *Amoeba chlorochlamys* LAUTERBORN. Als Nahrungskörper sah ich Chromatien aufgenommen. Leider konnte ich nur zwei Exemplare dieser Art beobachten, so daß ich von einer besonderen Benennung einstweilen absehe.

Gatt. *Spondylomorum* EHRENBURG.

Spondylomorum quaternarium EHRENBURG 1848, S. 233—237.

Diese interessante Volvocinee lernte ich 1898 als Abwasserorganismus kennen und zwar in stinkendem Schlamm eines Moselarmes bei Metz, der durch Abgänge einer Brauerei stark verschmutzt war; *Spondylomorum* fand sich hier ziemlich zahlreich zwischen *Beggiatoen*, *Oscillatoria chlorina*, *Euglena viridis* usw. (1901, S. 21). Später traf ich die Art auch im Faulschlamm eines mit Chromatien und Schwefelbakterien erfüllten Tümpels am Altrhein Neuhoſen sowie zwischen faulendem Grase lang überschwemmter Äcker bei Germersheim — an allen Fundorten bis jetzt nur in der wärmeren Jahreszeit.

MARSSON (1904, S. 157) fand *Spondylomorum* auch massenhaft in Abwasserteichen bei Berlin; er stellt es darum mit KOLKOWITZ (1908) zu den sog. „stark mesosaprophyten“ Organismen.

7. Infusorien.

Die Infusorien gehören zu den charakteristischsten Mitgliedern der sapropelischen Lebewelt. Keine andere Tiergruppe hat im Faulschlamm eine solche Menge eigentümlicher Gattungen aufzuweisen, keine — von gewissen Gastrotrichen abgesehen — einen solchen Reichtum an seltsamen und auffallenden Gestalten. Auf der Oberfläche des Schlammes überwiegen weit verbreitete mehr oder weniger saprophile Formen: *Paramaecium caudatum* EHRB. und *P. aurelia* (O. M. F.), *Coleps hirtus* (O. M. F.) und *C. amphacanthus* EHRB., *Frontonia leucas* (EHRB.) mit und ohne Zoochlorellen, *Loxodes rostrum* (O. F. M.), *Loxophyllum Meleagris* (O. F. M.), *Chilodon cucullulus* (EHRB.), *Urocentrum turbo* (O. F. M.), *Pleuronema inflatum* LAUTERBORN¹³⁾, *Spirostomum ambiguum* EHRB. und *Sp. teres* CLAP. et LACHM., *Stentor coeruleus* EHRB., *Bursaria truncatella* (O. F. M.), *Halteria grandinella* (O. F. M.), *Uroleptus rattulus* STEIN, *Enplotes patella* EHRB., *Aspidisca turrita* CLAP. et LACHM. usw. schwärmen, nicht selten in Massenentwicklung, zwischen den Oscillatorienfilzen sowie den Wucherungen der Purpur- und Chlorobakterien; *Spirostomum* erhebt sich auch in das freie Wasser und wenn man im Winter die Eisdecke eines sapropelischen Teiches oder Tümpels durchschlägt, so zeigt sich das emporquellende opake und stinkende Wasser schon dem freien Auge oft mit Tausenden dieser langgestreckten Ciliaten erfüllt. Festsitzende Formen sind durch *Campanella umbellaria* (L.) und gewisse Vorticellen besonders *Vorticella longifilum* KENT vertreten.

Anders jedoch im Schlamm. Hier lebt neben vereinzelt Vertretern der oben aufgezählten Formen eine Anzahl Infusorien, die nur im Bereiche des schwefelwasserstoffreichen und oft völlig sauerstofffreien Faulschlammes ihre Daseinsbedingungen finden und nur mehr zufällig auf dessen Oberfläche gelangen. Diese durch gleiche Ansprüche an die Umwelt zusammengehaltene Genossenschaft sapropelischer Organismen ist — trotz der weitgehenden Individuenarmut gewisser Arten — eine so charakteristische und findet sich an allen entsprechenden Lokalitäten mit solcher Regelmäßigkeit zusammen, daß sie teilweise schon die Aufmerksamkeit der

¹³⁾ Von *Pl. chrysalis* (EHRB.) durch die starke fast blasenartige Auftreibung der Bauchseite in der Gegend des Peristoms unterschieden. Länge 100—110 μ , größte Breite 70 μ .

älteren Forscher wie EBERHARD (1858 und 1862), ENGELMANN (1862), STEIN (1867) u. a. erregte und mehr als einen veranlaßte, einen genetischen Zusammenhang zwischen gewissen Hauptvertretern, vor allem der Gattungen *Metopus* und *Caenomorpha* in den Bereich der Möglichkeit zu ziehen¹⁴⁾.

In folgendem gebe ich eine Übersicht der charakteristischsten von mir beobachteten sapropelischen Infusorien; weitere Untersuchungen dürften sicherlich noch manchen Zuwachs bringen.

Gatt. *Chaenia* QUENNERSTEDT.

Chaenia limicola LAUTERBORN 1901, S. 53—54. — 1908, S. 656 (Taf. XLII, Fig. 19).

Körper lanzettförmig, vorn mit einem knopfförmigen Vorsprung, nach hinten gleichmäßig verschmälert und schwanzartig zugespitzt. Cilien ziemlich weitläufig in schrägen Längsreihen. Länge 150 μ , größte Breite 25 μ . Am nächsten verwandt mit *Ch. crassa* MASKELL, wie sie SCHEWIAKOFF (1896, Taf. II, Fig. 30) und nach ihm ROUX (1901, Taf. I, Fig. 18) abbilden, aber durch die oben angegebenen Kennzeichen deutlich unterschieden.

Im Schlamm von Lemna- und Characeenteichen bei Ludwigshafen, Neuhofen, Maudach, überall ziemlich einzeln.

Gatt. *Legendrea* FAURÉ-FRÉMIET.

Legendrea loyesae FAURÉ-FRÉMIET 1908, S. 15—16.

Im Jahre 1898 fand ich im Faulschlamm eines Lemnateiches im Walde bei Neuhofen ein seltsames Infusor, das durch zahlreiche tentakel- oder fingerförmige, Trichocysten führende Fortsätze an der hinteren Körperhälfte auffiel. Die Körperlänge betrug 110 μ , die größte Breite 63 μ . Trotz aller Mühe gelang es mir bisher nur zwei Exemplare aufzutreiben, die nur eine ganz allgemeine Orientierung gestatteten. Zehn Jahre später wurde dasselbe Infusor von FAURÉ-FRÉMIET im Sumpf von Pourras bei Paris, ebenfalls nur in wenigen Exemplaren, wieder entdeckt und als *Legendrea loyesae* beschrieben und abgebildet. Eine etwas ausführlichere Darstellung verdanken wir PENARD (1914), der das Infusor im Sumpf von Roulbeau bei Genf antraf, zusammen mit einem

¹⁴⁾ Eine Übersicht der bis 1894 vorliegenden Beobachtungen über das konstante Zusammenvorkommen der Gattungen *Metopus*, *Caenomorpha* und *Plagiopyla* hat LEVANDER (1894, S. 69—70) gegeben.

weiteren kaum minder merkwürdigen Vertreter derselben Gattung (*L. bellerophon* PENARD). Beide Arten stellen trotz der geringen Individuenzahl, in der sie überall auftreten, sehr charakteristische Mitglieder der sapropelischen Lebewelt dar.

Gatt. **Spathidium** DUJARDIN.

Spathidium Lieberkühnii BÜTSCHLI 1889 (Taf. LIX, Fig. 1 a—b).

Ziemlich einzeln in einem von Chromatien erfüllten Rohrtümpel bei Ludwigshafen. Die von mir beobachteten Exemplare maßen 216 μ in der Länge, 117 μ in der Breite.

Gatt. **Perispira** STEIN.

Perispira ovum STEIN 1859, S. 60. — 1894 LEVANDER, S. 72 bis 77 (Taf. III, Fig. 33—35).

Dieses 1859 von STEIN entdeckte und nur ziemlich kurz beschriebene Infusor ist erst 1894 von LEVANDER wieder aufgefunden und ausführlich geschildert worden. Meine Beobachtungen stimmen durchaus mit denjenigen des finnischen Zoologen überein.

Ich fand *Perispira* bis jetzt nur in einem kleinen Tümpel bei Bobenheim, hier aber so massenhaft, daß beim Aufrühren des Schlammes das Wasser sich grünlich färbte. Alle Tiere enthielten Zoochlorellen; die Bewegungen erfolgten unter lebhafter Rotation um die Längsachse.

Gatt. **Lagynus** QUENNERSTEDT.

Lagynus elegans ENGELMANN spec. 1862, S. 378—379 (Taf. XXVIII, Fig. 2 u. 3). — 1901 ROUX, S. 24—25 (Taf. I, Fig. 10).

Nicht selten im Schlamm von Lemna-, Characeen- und Chromatium-Teichen der Umgebung von Ludwigshafen.

Gatt. **Lacrymaria** EHRENBERG.

Lacrymaria aquae dulcis ROUX 1901, S. 27 (Taf. I, Fig. 14).

ROUX betrachtet dieses Infusor als eine Varietät der marinen *L. coronata* CLAP. et LACHM.; mir scheint es eine gute Art zu sein. Ich fand sie bis jetzt nur recht vereinzelt, meist in Gesellschaft der vorhergehenden Gattung.

Gatt. **Pelamphora** LAUTERBORN.

Pelamphora Bütschlii LAUTERBORN 1901, S. 52—53. — 1908 S. 654—655 (Taf. XLIII, Fig. 27—29).

Gehäusebewohnend. Körper beutelförmig hinten breit gerundet, recht metabolisch. Mundöffnung polar, von zarten Cilien umstellt, die wieder von einem Kranze längerer Cilien umgeben sind¹⁵). Streifung regulär, Längs- und Querreihen: am Hinterende vier lange, fast geißelartige Cilien. Makronucleus elliptisch, kontraktile Vakuole terminal. Gehäuse flaschenförmig, sehr zart und hyalin, in der Mitte querverringelt, an Schlammpartikeln usw. festsitzend. — Länge des Infusors 110 μ , Breite 63 μ ; Gehäuse 180 μ lang, 75 μ breit.

Ein sehr schönes Infusor, das in seinem Auftreten durchaus an Purpurbakterien gebunden erscheint; die zahlreichen Nahrungsvakuolen sind stets mit klumpig zusammengeballten Zellen von *Lamprocystis*, *Chromatium* usw. dicht erfüllt. Das Tier verläßt öfter sein Gehäuse und schwärmt frei umher, dringt auch in die Gallerte von Chlorobakterien ein. Derartige freischwimmende Exemplare zeigen alle eine ausgesprochene birnförmige Körpergestalt, vorn verbreitert, hinten verschmälert.

Pelamphora zählt zu den charakteristischsten Bewohnern des Faulschlammes: ich fand sie regelmäßig in allen Gewässern, die Massenvegetation von Purpurbakterien zeigten.

PENARD (1914, S. 414 Anmerkung) möchte *Pelamphora* mit *Vasicola ciliata* TATEM (1869, S. 117) vereinigen. Die Abbildung des Gehäuses, wie sie TATEM gibt und wie sie auch KENT in sein Infusorienwerk (1880—82, Taf. 31, Fig. 27—28) übernommen hat, zeigt tatsächlich eine gewisse Ähnlichkeit, wenschon die charakteristische Querringelung in der Mitte nur recht unvollkommen zum Ausdruck gelangt. Recht beträchtliche Verschiedenheiten weist indessen die in Fig. 28 gegebene Abbildung des freischwimmenden Infusors auf: die Bewimperung ist als eine ganz feine dichte und gleichmäßige angegeben, jede Spur der so auffallenden geißelartigen Cilien am Hinterende fehlt hier ebenso wie auf Fig. 27; dazu trägt das Vorderende noch eine deutlich abgesetzte gewölbte Erhebung, die ich bei *Pelamphora* niemals beobachtet habe. Ich muß also die Identifizierung zum mindesten noch als verfrüht betrachten.

¹⁵) In der zitierten Abbildung ist dieser äußere Cilienkranz etwas zu kräftig und weitläufig dargestellt.

Gatt. *Dinophrya* BÜTSCHLI.

Dinophrya Lieberkühnii BÜTSCHLI 1889, (Taf. LVII, Fig. 7 ?). — 1901 ROUX S. 31—32, Taf. I, Fig. 21—. 1858? *Siagonophorus euglenoides* EBERHARD (Taf. II, Fig. 10).

Das von mir beobachtete Infusor entsprach am meisten der Abbildung, welche EBERHARD von seinem sonst nur recht unvollkommenen charakterisierten *Siagonophorus euglenoides* gibt; es stimmte auch ziemlich mit der bei BÜTSCHLI wiedergegebenen Figur LIEBERKÜHNS bzw. mit den von BÜTSCHLI auf Grund eigener Beobachtungen in der Tafelerklärung angebrachten Korrekturen: Gestalt gestreckt kegelförmig, hinter der Mitte etwas erweitert, hinten gleichmäßig zugespitzt; Bewimperung ziemlich weitläufig, der abgestutzte Mundkegel von langen Cilien kranzförmig umstellt. Makronukleus länglich, an einer Seite etwas eingebuchtet; kontraktile Vakuole terminal. Länge des Infusors 90—135 μ , Breite 34—40 μ . — Die Abbildung von ROUX zeigt im engen Anschluß an SCHEWIAKOFFS Figuren (1889, Taf. II, Fig. 22—26, 1896, Taf. II, Fig. 38) ein Infusor mit ausgesprochen breit birnförmiger Umriss. Sollten hier vielleicht zwei verschiedene Formen vorliegen?

Dinophrya trat am 8. März 1900 in einem von Chromatien erfüllten Tümpel am Altrhein Neuhofen massenhaft auf. In den Kulturen verschwanden die größeren Tiere bereits am 2., die kleineren am 3. Tage völlig; am 27. März war auch an dem Fundort kein einziges Exemplar mehr nachzuweisen. Seitdem habe ich *Dinophrya* nirgends mehr beobachtet.

Gatt. *Dactylochlamys* LAUTERBORN.

Dactylochlamys pisciformis LAUTERBORN 1901, S. 53. — 1908, S. 655—656, (Taf. XLII, Fig. 25. Taf. XLIII, Fig. 26).

Körper starr, spindel- oder fischförmig, hinten schwanzartig ausgezogen, auf der Oberfläche mit steilen leistenartigen Spiralbändern, die an ihrem freien Rande mit zahlreichen fingerförmigen Fortsätzen besetzt sind. Cilien zwischen den Fortsätzen entspringend, sehr lang. Mundöffnung am abgestutzten Vorderende, von dichter gestellten Cilien umgeben. Makronukleus elliptisch, kontraktile Vakuole terminal. — Länge 90—100 μ , Breite 28—30 μ .

Eine sehr auffallende, zur Familie der *Colepinae* gehörende Gattung, die nur im Innern des Faulschlamms lebt. An allen sapropelischen Lokalitäten, besonders in Lemna-Teichen, aber immer nur recht einzeln.

Gatt. *Amphileptus* EHRENBERG.

Amphileptus Claparedii STEIN. — 1901, ROUX S. 35 (Taf. I, Fig. 23).

Bis jetzt nur sapropelisch gefunden, am häufigsten in einem von Chromatien erfüllten Tümpel am Altrhein Neuhofen, wo sich das Infusor von den Zooiden der *Campanella umbellaria* (L.) nährte.

Gatt. *Opisthodon* STEIN.

Opisthodon niemeccense STEIN 1859, S. 115 (Taf. I, Fig. 24—26).

Im Faulschlamm der Lemna- und Characeen-Teichen der Rheinebene beobachte ich schon seit Jahren ein Infusor, das in bezug auf allgemeine Körpergestalt, Färbung, Bau des Kernes und der kontraktilen Vakuole, Bewegung usw. sehr weitgehend mit STEINS Beschreibung und Abbildung von *Opisthodon niemeccense* übereinstimmt, bis auf das Merkmal, das der Gattungsname ausdrücken soll: es ist mir bis jetzt niemals gelungen, den reussenförmigen Mund, der nach STEIN — allerdings schwer sichtbar — am Beginn des hinteren Körperviertels liegt, aufzufinden. STEIN war ein so erfahrener Beobachter, daß es schwer hält, Zweifel an der Richtigkeit seiner Angaben auszusprechen; ich möchte mich darum hier darauf beschränken zu weiteren Beobachtungen an anderen Fundorten anzuregen, welche die Differenz wohl aufklären werden.

Gatt. *Loxocephalus* EBERHARD emend. KENT.

Loxocephalus luridus EBERHARD 1862, S. 24 (Taf. II, Fig. 27). — 1895 BLOCHMANN, S. 98 (*Frontonia lurida*).

EBERHARD schildert das von ihm entdeckte Infusor mit folgenden Worten: „Dieses melancholische Thierchen, welches aussieht, wie eine trauernde Witwe, findet sich in älteren Infusionen einzeln, nie massenhaft. Während es von anderen Infusorien munter umschwärmt wird, liegt es verdrießlich da oder bewegt sich träge fort. Es hat fast die Größe eines *Paramaecium*, ist am ganzen Körper bewimpert und führt hinten 4—5 lange feine Borsten. Die vordere Seite dieses, einer etwas plattgedrückten Walze gleichenden Thieres ist schief abgestutzt und auf beiden Seiten eingekerbt, wie die *Nassula ornata* an einer Seite. An der Mundstelle trägt es einige stärkere Borsten. Der ovale Nucleus schimmert in der vorderen Hälfte durch. Damit das Thier so

recht wie ein ernster Philosoph unter Weltkindern erscheine, ist es schwarzbraun im durchfallenden Licht; im reflektierten Licht freilich erscheint es weiß. Zu starker Vermehrung ist es zu phlegmatisch. Es scheint bloß von Pflanzennahrung zu leben.“ Eine genauere Beschreibung gab erst BLOCHMANN 1895, der das Tier der Gattung *Frontonia* einreicht.

Ziemlich einzeln im Faulschlamm von Lemna- und Characeen-Teichen. Ausgesprochen kryptopelisch; auch in den Präparaten verkriecht sich das Tier nach kurzem Umherschwimmen bald im Schlamm und bleibt oft längere Zeit völlig unbeweglich liegen.

Loxocephalus granulatus S. KENT 1881—1882, S. 489 (Taf. XXVI, Fig. 47). — BÜTSCHLI 1889 (Taf. LXIV, Fig. 4).

Stets dicht erfüllt mit kleinen dunklen linsenförmigen Körpern, welche Glykogenreaktion zeigen. Eines der häufigsten sapropelischen Infusorien, auch im braunflockigen Schlamm von *Utricularia*- und *Myriophyllum*-Rasen in Moorgewässern. Liegt wie die vorige Art oft lange bewegungslos auf einer Stelle.

Gatt. *Cristigera* ROUX.

Cristigera pleuronemoides ROUX 1901, S. 72 (Taf. IV, Fig. 10).

Körper gestreckt elliptisch, hinten abgestutzt, starr. Ventralseite konkav, besonders auf der hinteren Körperhälfte; die Einsenkung dorsalwärts durch eine dem Ventralrand annähernd parallel verlaufende ausgezackte Linie begrenzt. Peristom mit großer undulierender Membran, bis gegen die Körpermitte reichend. Cilien ziemlich lang, das Vorder- und Hinterende umziehend; hinten eine lange apikale Borste. Makronukleus oval; kontraktile Vakuole terminal. Länge 70 μ , Breite 35 μ .

Eine schöne von ROUX in der Umgebung von Genf entdeckte zur Familie der Pleuronemiden gehörige Art, wahrscheinlich identisch mit dem von PERTY (1852, S. 141, Taf. V, Fig. 15) ungenügend charakterisierten *Lembadion* (?) *duriusculum*. Ziemlich einzeln im Schlamm von Characeen-Teichen bei Maudach usw., etwas häufiger im braunflockigen Schlamm zwischen den Büschen von *Utricularia* und *Myriophyllum*. Das Infusor bewegt sich sehr rasch nach Art von *Pleuronema* und liegt dann oft wieder längere Zeit bewegungslos an einer Stelle.

Gatt. *Plagiopyla* STEIN.

Plagiopyla nasuta STEIN 1860, S. 58—59. — 1894 LEVANDER, S. 62—72 (Taf. III, Fig. 28—30).

Die Gattung *Plagiopyla* wurde 1860 von STEIN aufgestellt. Die bis jetzt einzige Art *Pl. nasuta* STEIN ist bereits 1851 von PERTY (S. 145, Taf. V, Fig. 7) als *Colpoda ren* O. F. M. beschrieben und ganz kenntlich abgebildet worden; letztere Art hat aber mit *Plagiopyla* nichts zu tun. Die beste Schilderung hat LEVANDER gegeben, dessen Ausführungen ich kaum etwas hinzuzufügen hätte.

Plagiopyla ist ein typischer nicht leicht zu übersehender Bewohner des Faulschlamm, der fast stets in Gesellschaft der Gattungen *Metopus* und *Caenomorpha* vorkommt — auch im Meere, wo *Plagiopyla* bis jetzt in der Ostsee bei Warberg (QUENNERSTEDT 1867, S. 20), in Tümpeln am Seestrände bei Helsingfors (LEVANDER 1894, S. 67—68), dann im Mittelmeer und zwar im alten Hafen von Marseille von GOURRET und ROESER (1886, S. 479 u. 496) nachgewiesen wurde¹⁶⁾. In meinem Untersuchungsgebiet gehört *Plagiopyla* zu den häufigeren sapropelischen Infusorien: ich habe es in keinem der untersuchten Gewässern und zu keiner Jahreszeit vermißt. Die Größe des Körpers schwankt innerhalb recht weiter Grenzen.

Gatt. *Mikrothorax* ENGELMANN.

Mikrothorax sulcatus ENGELMANN 1862, S. 381. (Taf. XXXI, Fig. 4—6. — 1901 ROUX, S. 66, Taf. IV, Fig. 2).

Sehr wahrscheinlich identisch mit EBERHARDS *Hemicyclum lucidum* (1862, S. 21, Fig. 16). In der Rheinebene eines der seltensten Infusorien und bis jetzt nur im Faulschlamm eines Lemna-Teiches bei Maudach gefunden. Die von mir beobachteten wenigen Exemplare übertreffen mit 75 μ Länge und 56 μ Breite ziemlich beträchtlich die von ROUX angegebenen Größenmaße (57 μ zu 45 μ).

Gatt. *Blepharisma* PERTY.

Blepharisma lateritium (EHRB.) 1838, S. 328 (Taf. 35, Fig. 8).

Die zarte rötliche Färbung ähnelt sehr derjenigen der Purpurbakterien und dürfte wohl von der aufgenommenen Nahrung stammen. ROUX nennt die vorliegende Art für die Umgebung von Genf «espèce assez frequente». In meinem Gebiete ist sie recht selten;

¹⁶⁾ Das gleichzeitige Vorkommen dieser typisch sapropelischen Infusorien im Süßwasser und Meere bietet eine interessante Parallele zu dem bereits früher geschilderten ähnlichen Verhalten gewisser Schizomyceten wie *Pelosigma*, *Achromatium*, *Monas Mülleri*, *Spirophis* usw.

ich kenne sie bis jetzt nur von der Oberfläche eines Lemna-Teiches bei Maudach.

Blepharisma musculus (EHRB.) 1838, S. 358 usw. BÜTSCHLI 1889 (Taf. LXVI, Fig. 9).

Noch seltener wie *Bl. lateritium*; bis jetzt nur ganz vereinzelt in einem Lemna-Teich bei Maudach gefunden.

Gatt. **Metopus** CLAP. et LACHM.

Metopus sigmoides CLAP. et LACHM. 1861, S. 255. (Taf. XII, Fig. 1.) — 1867 STEIN, S. 328—335. (Taf. XVI, Fig. 5—8, 10, 14.)

Die vorliegende Art ist bereits von OTTO FRIEDRICH MÜLLER unter dem Namen *Trichoda s* kenntlich beschrieben und abgebildet worden (1786, S. 190, Taf. XXVII, Fig. 5—6). Es wird darum bei rigoroser Anwendung des Prioritätsgesetzes die Art in Zukunft wohl als *Metopus es* bezeichnet werden müssen¹⁷⁾. Sehr variabel in Größe und Gestalt, sowie in bezug auf den Grad der Torsion des Vorderendes. Meist gelblich gefärbt. Eines der häufigsten sapropelischen Infusorien, auch im Abwasserschlamm; hier fand ich die kugeligen dünnhäutigen Cysten öfters an Fäden des Wasserpilzes *Sphaerotilus* angeklebt.

Metopus contortus LEVANDER 1894, S. 19—28 (Taf. I, Fig. 5—9).

Farblos, Nahrungsvakuolen fast stets mit Purpurbakterien dicht erfüllt. Meist in Gesellschaft von *M. sigmoides*, aber weniger zahlreich.

Metopus pyriformis LEVANDER 1894, S. 28—32 (Taf. I, Fig. 10—11).

Die am wenigsten zahlreichste Art der Gattung, mit den beiden anderen Arten in Lemna- und Characeen-Teichen bei Maudach usw. vereinzelt. — Den nach LEVANDERS Angaben ebenfalls sapropelisch lebenden *M. bacillatus* LEVANDER (1894, S. 32—35. Taf. I, Fig. 12—13) habe ich hier bis jetzt noch nicht mit Sicherheit nachweisen können.

Gatt. **Tropidoatractus** LEVANDER.

Tropidoatractus acuminatus LEVANDER 1894, S. 39—41 (Taf. II, Fig. 14).

¹⁷⁾ Der Artname „es“ mutet allerdings etwas eigenartig an. Aber da wir bei den Schmetterlingen von einer *Euclidia mi*, *Plusia gamma*, *Agria tau* usw. sprechen, müßte man sich schließlich auch mit dem etwas weniger wohl-lautenden *es* abfinden.

Ziemlich einzeln in Gesellschaft von *Metopus* und *Caenomorpha* in allen untersuchten Lemna-, Chromatium- und Characeen-Teichen. Einmal sah ich zwei Individuen in terminaler Konjugation vereinigt, ähnlich wie es BÜTSCHLI (1889, Taf. LVII, Fig. 12c) für *Lacrymaria* abbildet.

Gatt. *Caenomorpha* PERTY.

Caenomorpha medusula PERTY 1852, S. 140. (Taf. III, Fig. 4.)—1894 LEVANDER, S. 42—51. (Taf. II, Fig. 15—19.)

Die Gattung *Caenomorpha*, nach ENGELMANN „eine der interessantesten und originellsten Infusorienformen“, „das merkwürdige, ganz einzig in seiner Art dastehende Infusor“, bietet trotz zahlreicher Untersuchungen von PERTY an bis zu LEVANDERS ausführlicher Darstellung, immer noch eine ganze Anzahl ungeklärter Fragen, sowohl was die Speziesbegrenzung als auch ganz besonders die Fortpflanzung anbelangt. Kein Forscher hat bis jetzt etwas von der Fortpflanzung, von Teilung oder Konjugation gesehen; auch ich war in dieser Hinsicht nicht glücklicher, obwohl mir im Lauf der Jahre zahlreiche Tiere vor Augen gekommen sind. Wenn nun auch die frühere, hauptsächlich aus dem fast konstanten Zusammenvorkommen von *Metopus* und *Caenomorpha* gefolgerte Auffassung, daß letztere Gattung nur ein besonderes älteres Stadium der ersteren sein möchte, kaum mehr vertreten wird, so drängt sich doch andererseits immer wieder der Gedanke auf, daß die so eigenartige und auch recht variable Gestalt von *Caenomorpha* nicht aus einer direkten gleichhäftigen Teilung hervorgegangen ist, sondern eher das Endglied einer individuellen Entwicklung darstellt, deren Einzelglieder bis jetzt nicht als solche erkannt sind. Ob das von mir in Fig. 21 der Tafel skizzierte nur einmal beobachtete 43 μ lange, 28 μ breite Infusor, das besonders durch den stabartig starren Fortsatz von fast doppelter Körperlänge auffällt, hierher gehört, läßt sich bis jetzt nicht entscheiden; möglich erscheint es mir durchaus. Hier liegt also noch ein interessantes Feld für weitere Untersuchungen vor!

Caenomorpha stellt ebenfalls eine sehr charakteristische Leitform für die typisch sapropelische Lebewelt dar. Sie ist in allen Lemna- Characeen- und Chromatium-Teichen weit verbreitet, wenn auch die jeweilige Individuenmenge meist nur ziemlich gering ist. Ich habe sie zu keiner Jahreszeit vermißt.

Caenomorpha uniserialis LEVANDER 1894, S. 51—55 (Taf. II, Fig. 20—23).

Stets in Gesellschaft der vorhergehenden Art, aber allenthalben nur recht einzeln.

Gatt. **Discomorpha** LEVANDER.

Discomorpha pectinata LEVANDER 1894, S. 55—61 (Taf. III Fig. 26—27, hier *D. medusula* genannt). — 1908 LAUTERBORN S. 659—662 (Taf. XLIII Fig. 21—22).

Körper starr, scheibenförmig, völlig asymmetrisch. Dorsalrand fast halbkreisförmig gebogen, kielartig zugespitzt, vorn in einen ventral gerichteten spitzen Dorn auslaufend. Zwei weitere Dornen auf der rechten Körperhälfte. Ungefähr in der Körpermitte ein gesimsartig vorspringender Wulst, der schief ansteigend den Ventralrand umzieht und auf spangenartigen Bogen mit langen Cilien besetzt ist. Zwei weitere ungleich große Ciliengruppen am Hinterrand. Mund auf der Ventralseite, hinter dem Cilienwulst taschenförmig eingesenkt, mit kammförmig zusammenschließenden Cirren. Makronukleus in der hinteren Körperhälfte, breit elliptisch mit anliegendem ziemlich großen Mikronukleus. Kontraktile Vakuole vor dem Kern, mit deutlichem Kanal ventral nach außen mündend. Länge 60—80 μ .

Discomorpha ist vielleicht die bizarrste Gestalt unter den Infusorien des Faulschlammes und man begreift durchaus, daß LEVANDER das erste der von ihm bei Helsingfors gefundenen zwei Exemplare zunächst für eine Monstrosität ansah. Jedenfalls darf *Discomorpha* als eine der charakteristischsten Leitformen für die sapropelische Lebewelt betrachtet werden, zumal sie auch weniger selten ist als *Dactylochlamys* und *Legendrea*: ich fand sie in den Lemna- und Characeen-Teichen der Umgebung von Ludwigshafen, manchmal fast in jedem untersuchten Schlammtröpfchen. Die Bewegungen sind ziemlich langsam, schwankend und unbeholfen; sie scheinen hauptsächlich durch die langen Cilien des gesimsartigen Wulstes bedingt zu sein. Die Nahrungsvakuolen enthielten stets nur ganz feine Cellulose- und Detrituspartikel.

Gatt. **Saprodinium** LAUTERBORN.

Saprodinium dentatum LAUTERBORN 1901, S. 54 (*Discomorpha dentata*). — 1908 S. 662—663 (Taf. XLII Fig. 23—24).

Körper starr, asymmetrisch, seitlich fast scheibenförmig zu-

sammengedrückt, der kielartig zugeschärfte Dorsalrand bogenförmig gerundet, vorn in einen ventral gerichteten spitzen Dorn auslaufend. Hinterrand mit acht spitzen aus dreieckiger Basis entspringenden Fortsätzen. Auf der rechten Körperhälfte eine bogenförmig verlaufende hohlkehlartige Rinne, die mit langen Cilien besetzt ist und auch noch etwas nach der linken Körperhälfte übergreift. Eine Cilienreihe parallel dem Dorsalrand, weitere Ciliengruppen auf den spitzen Fortsätzen des Hinterrandes. Mund wie bei *Discomorpha*. Makronukleus meist in der Zweizahl, kugelig. Kontraktile Vakuole nahe dem Hinterrand. Körperlänge 80 μ , Breite 72 μ .

Gewöhnlich in Gesellschaft von *Discomorpha*, meist ziemlich einzeln. Die Bewegungen sind etwas lebhafter als bei der vorhergehenden Gattung; sie werden hauptsächlich durch die Cilien der hohlkehlartigen Rinne bewirkt.

Gatt. *Pelodinium* LAUTERBORN.

Pelodinium reniforme LAUTERBORN 1908, S. 663—665 (Taf. XLIII Fig. 29—30).

Körper starr, nierenförmig, am Ventralrand etwas eingebuchtet mit zahnartigen Vorsprüngen, Hinterende mit einer zweigeteilten Einsenkung. Auf der rechten Körperseite vorn ein dem Vorderrand paralleles fein polygonal gefeldertes Band, das noch ein wenig auf die linke Körperseite übergreift und zahlreiche lange Cilien trägt. Auf beiden Seiten daneben noch isolierte längsverlaufende Cilienreihen, weitere breite Ciliengruppen am Hinterrande. Mund wie bei *Discomorpha* und *Saprodinium*. Makronukleus meist in der Zweizahl, Mikronukleus ziemlich groß. Kontraktile Vakuole dem Hinterrande genähert. Körpergröße 40—50 μ .

Ebenfalls eine typisch sapropelische Art, die bisweilen ziemlich zahlreich auftritt. Die Bewegungen sind rascher als bei *Discomorpha*, etwas wackelnd.

Pelodinium, *Saprodinium*, *Discomorpha* bilden eine wohlcharakterisierte Familie, die ich wegen der eigenartigen Mundbewaffnung als Ctenostomiden bezeichnet habe; sie dürften am nächsten mit den Microthoraciden und den Gyrocoriden (*Caenomorpha*) verwandt sein. Beobachtungen über Teilung fehlen bis jetzt vollkommen, so daß möglicherweise auch hier Verhältnisse vorliegen, wie sie bei *Caenomorpha* angedeutet wurden.

Gatt. **Sphaerophrya** CLAP. et LACHM.

Sphaerophrya soliformis LAUTERBORN 1901, S. 51 (*Sph. sol.*). — 1908 S. 666 (Taf. XLI Fig. 10)

Diese kleine freilebende Suktorie hat durch ihre dünnen nur schwach geknöpften Tentakel eine gewisse Ähnlichkeit mit Heliozoen. Der Durchmesser des Körpers beträgt 100 μ .

Weit verbreitet in allen untersuchten sapropelischen Gewässern, aber überall recht einzeln.

8. Rotatorien.

Im Vergleich zu der Arten- und Individuenfülle, welche die Rädertiere auf dem sauerstoffreichen Diatomeenschlick am Grunde unserer Gewässer oder in dem braunflockigen Schlamm zwischen Wasserpflanzen wie *Utricularia*, *Myriophyllum* usw. zeigen, ist der Rotatorienbestand des typischen Faulschlammes nur ein recht geringer. Eigentlich charakteristisch dürften in erster Linie *Floscularia atrochoides* WIERZEJSKY, *Atrochus tentaculatus* WIERZEJSKY, *Diglena biraphis* GOSSE, *Diplacidium trigona* (GOSSE), *D. compressum* (GOSSE) sein. Von weiter verbreiteten Arten scheut der gemeine *Rotifer vulgaris* auch den Faulschlamm nicht. Das Tier ist hier fast regelmäßig zu finden und nährt sich auch von Purpurbakterien; die Gewebe enthalten reichlich Glykogen. Weiterhin wären noch *Lepadella salpina* EHRB. (*Metopidia oxysteron* GOSSE) und *Lep.* (*Metopidia*) *triptera* EHRB. zu nennen, die ich im Schlamm von Lemna- und Characeen-Teichen häufiger fand als anderswo.

Im folgenden gebe ich noch einige Bemerkungen über die eigentlichen sapropelischen Rotatorien.

Gatt. **Floscularia** OKEN.

Floscularia atrochoides WIERZEJSKY 1893, S. 312—114.

Diese von A. WIERZEJSKY in einem Tümpel der Umgebung von Krakau entdeckte Art ist sowohl wegen ihrer Größe (ausgestreckt bis 1,5 mm) als auch besonders durch den sehr langen peitschenförmig ausgezogenen und am Ende meist spiralig eingerollten Fuß sehr auffallend. Sie lebt frei ohne Gallerthülle im Schlamm und bewegt sich hier kriechend fort. Ich fand sie bis jetzt immer nur in wenigen Exemplaren in Lemna-Teichen bei Maudach und Neuhofen sowie am Grunde eines tiefen Tümpels in einem Feldgraben bei Bobenheim (südlich von Worms).

Anderwärts scheint, soweit ich sehe, *Fl. atrochoides* bis jetzt noch nicht zur Beobachtung gelangt zu sein.

Gatt. **Atrochus** WIERZEJSKY.

Atrochus tentaculatus WIERZEJSKY 1893b, S. 696—712 (Taf. XXXII).

Ebenfalls eine sehr interessante Gattung, die WIERZEJSKY in einem mit üppigem Pflanzenwuchs erfüllten Wildteich der Umgebung von Krakau entdeckte und zum Gegenstand einer besonderen Abhandlung machte. Der einzige weitere Fundort außer Krakau ist bis jetzt ein Feldgraben bei Bobenheim, in dessen feinem schwarzen Bodenschlamm ich im Sommer 1898 einige Exemplare des seltsamen Rädertieres ohne Räderapparat fand. Seitdem ist mir *Atrochus* nicht mehr zu Gesicht gekommen.

Gatt. **Diglena** EHRENBERG.

Diglena biraphis GOSSE 1851, S. 200. — 1886 HUDSON u. GOSSE Bd. II, S. 53 (Taf. XIX Fig. 3).

Die vorliegende Art, deren Zugehörigkeit zur Gattung *Diglena* im Sinne EHRENBERGS noch etwas zweifelhaft erscheint, zeigt stets eine lebhaft grüne Färbung ihres Magendarms; die zoochlorellenartigen Körper dürften wohl der aufgenommenen Nahrung entstammen. Nicht sehr selten in Lemna- und Characeenteichen der Rheinebene; bei Plön fand sie VOIGT (1904, S. 49) an ganz ähnlichen Lokalitäten.

Gatt. **Diplacidium** LAUTERBORN.

Diplacidium trigona GOSSE 1851, S. 201 (*Diplax trigona*). — 1886 HUDSON u. GOSSE, Bd. II, S. 82 (Taf. XXII Fig. 9).

Der bisher allgemein angenommene Gattungsname *Diplax* GOSSE ist nach den Gesetzen der Nomenklatur unzulässig, da derselbe bereits vor GOSSE von CHARPENTIER für eine Libellengattung vergeben war. Ich habe darum 1913 (S. 488) den Gattungsnamen in *Diplacidium* umgeändert. Die ebenfalls 1913 von HARRING (S. 74—75) durchgeführte Vereinigung der alten Gattungen *Salpina* EHRB. und *Diplax* GOSSE zur Gattung *Mytilina* BORY DE ST. VINCENT scheint mir zu weitgehend.

D. trigona zeigt dorsal vom Darm eine sich in beide Kiele erstreckende lappige Ansammlung mattglänzender Kugeln, die sich in Osmiumsäure lebhaft bräunen, also jedenfalls aus Fett bestehen.

Die Art ist in allen Gewässern mit Faulschlamm verbreitet, tritt aber niemals in größerer Individuenzahl auf. Auch VOIGT (1904, S. 65) nennt sie für die Umgebung von Plön ein echtes Mitglied der sapropelischen Lebewelt.

Diplacidium compressum GOSSE 1851, S. 201 (*Diplax compressa*). — 1886 HUDSON u. GOSSE, Bd. II (S. 82, Taf. XXII Fig. 8).

Meist in Gesellschaft der vorhergehenden Art, aber viel seltener. Bis jetzt hauptsächlich in Lemna-Teichen bei Maudach und Neuhofen.

9. Gastrotrichen.

Die Gastrotrichen sind im Faulschlamm von Lemna-Chromatium- und Characeen-Teichen in einem beim geringen Umfang der Gruppe geradezu überraschenden Reichtum charakteristischer Arten vertreten, darunter Tiere, die zu den seltsamsten Gestalten der mikroskopischen Süßwasserorganismen überhaupt gehören. Zu diesen zählen vor allem die Vertreter der Gattungen *Stylochaeta* und *Dasydytes*, welche an den Seiten des Rumpfes mit Büscheln sehr langer und mit dem Körper gelenkig verbundener Stacheln bewehrt sind. Derartige Anhänge sind für Tiere, welche doch so gut wie ausschließlich im Schlamm leben, recht auffallend: sie finden sich sonst hauptsächlich bei Organismen des Planktons, die in Gestalt und Lebensweise doch vielfach geradezu den biologischen Gegenpol zu den sapropelischen Organismen bilden. Man denke nur an die Rotatorien der Gattungen *Triarthra* und *Polyarthra*, weiter an die freischwimmenden Larven gewisser mariner Polychaeten, von denen manche eine recht weitgehende Ähnlichkeit mit Gastrotrichen der Gattungen *Stylochaeta* und *Dasydytes* aufweisen. Ob in dieser Ähnlichkeit alte phylogenetische Beziehungen zum Ausdruck gelangen, ist hier nicht der Ort zu untersuchen; ich halte es durchaus für möglich¹⁸⁾.

¹⁸⁾ Die Gattungen *Stylochaeta* und *Dasydytes* dürften von allen Gastrotrichen gewisse ursprüngliche Charaktere der Ordnung weit treuer bewahrt haben als beispielsweise die Arten der Gattung *Chaetonotus*; es sei hierbei nur an die deutliche Ausprägung des doppelten Wimpernkranzes am Kopfe erinnert. Wenn bei den Spekulationen über die Abstammung und verwandtschaftlichen Beziehungen der Gastrotrichen die Gattung *Chaetonotus* bisher in erster Linie herangezogen wurde, so ist dies in der relativ größeren Häufigkeit ihrer Vertreter begründet; die wenigsten Zoologen dürften bis jetzt lebende *Stylochaeta*- und *Dasydytes*-Arten vor Augen gehabt haben.

Dem verhältnismäßig ansehnlichen Artbestand sapropelischer Gastrotrichen steht, worauf ich schon 1901 (S. 52) gelegentlich hinwies, eine auffallend geringe Individuenzahl derselben gegenüber: ich habe von manchen Arten im Laufe der Jahre noch kein halbes Dutzend Exemplare zu Gesicht bekommen, obwohl ich Tausende von Faulschlammproben durchmusterte, wobei ein bloßes Übersehen dieser so auffallenden Tiere völlig ausgeschlossen ist. Die Gastrotrichen zeigen also in dieser Hinsicht eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit gewissen typisch sapropelischen Infusorien.

Im folgenden gebe ich eine Aufzählung der für den Faulschlamm besonders charakteristischen Gastrotrichen, soweit ich dieselben in meinem Untersuchungsgebiete selbst beobachtet habe; gelegentlich mit diesen vorkommende weiter verbreitete Formen wie *Chaetonotus maximus* EHRB., *Ch. Schultzei* METSCHNIKOFF, *Ch. larus* (O. F. M.), *Lepidoderma ocellatum* METSCHNIKOFF usw. sind dabei nicht besonders berücksichtigt. Weitere sapropelische Formen aus der Umgebung von Plön hat VOIGT (1903, S. 90—93, 1904, S. 126—162) beschrieben, dem wir in neuerer Zeit wohl die beträchtlichste Bereicherung des Artbestandes der Gastrotrichen verdanken. Die älteren Arten sind nach ZELINKAS grundlegender Monographie (1889, S. 209—384) zitiert.

Gatt. *Gossea* ZELINKA.

Gossea antennigera (GOSSE). — 1889 ZELINKA, S. 354—355 (Taf. XV Fig 7). — 1904 VOIGT, S. 152—153 (Taf. VII Fig. 56a, b).

Obwohl bereits im Jahre 1851 von GOSSE als *Dasydytes antenniger* beschrieben, scheint die Art später nur noch einmal von ARCHER in Irland beobachtet worden zu sein. Ich fand im August 1898 mehrere Exemplare im schwarzen Schlamm eines Feldgrabens bei Bobenheim (1901, S. 52), später traf sie VOIGT dann auch in der Umgebung von Plön. Die Maße der von mir beobachteten Tiere waren: Körperlänge 200 μ , Breite 40 μ . „Taster“ 20 μ lang, 3,6 μ breit. Ein weichschaliges elliptisches Ei, das ein Tier bei sich trug, zeigte 86 μ Länge, 60 μ Breite.

Gatt. *Stylochaeta* HLAVA.

Stylochaeta fusiformis (WESTERN) HLAVA 1905, S. 331—336. Im Jahre 1901 habe ich unter dem Namen *Dasydites Zelinkai*

kurz eine höchst auffallende Gastrotrichenform geschildert, welche mit keiner der in ZELINKAS Monographie aufgeführten Arten zu identifizieren war. Später hat dann aber HLAVA gezeigt, daß die vermutliche neue Art bereits früher von WESTERN beschrieben worden war, allerdings nicht als Gastrotriche, sondern als — Rädertier unter dem Namen *Polyarthra* (!) *fusiformis*. Der Name hätte also künftighin *Stylochaeta fusiformis* zu lauten.

Im Faulschlamm der Lemna-Teiche namentlich während der kälteren Jahreszeit verbreitet, aber überall nur recht einzeln. Beim Absterben rollt sich das Tier nach der Bauchseite kugelförmig ein und bietet dann durch die allseits abstehenden Stacheln einen recht absonderlichen Anblick dar.

Gatt. *Dasydytes* GOSSE.

Dasydytes saltitans STOKES. — 1889 ZELINKA, S. 350 (Taf. XV Fig. 20). — 1904 VOIGT, S. 147.

Sehr vereinzelt im Faulschlamm eines mit Lemna überwucherten Waldteiches bei Neuhofen. Bis jetzt nur im Winter gefunden.

Dasydytes bisetosus P. G. THOMPSON. — 1904 VOIGT, S. 145 bis 147 (Taf. VII Fig. 53).

Zuerst von P. G. THOMPSON 1891 aus Gewässern der Grafschaft Essex (England) beschrieben, später von VOIGT auch für die Umgebung von Plön nachgewiesen. Ich fand diese recht seltene Art bisher nur einmal in einem Chromatium-Teich nahe dem Altrhein bei Neuhofen.

Dasydytes longisetosus (METSCHNIKOFF). — 1889 ZELINKA, S. 349 (Taf. XV Fig. 21).

Sehr vereinzelt in Lemna- und Characeen-Teichen bei Maudach und Neuhofen.

Gatt. *Lepidoderma* ZELINKA.

Lepidoderma rhomboides STOKES. — 1889 ZELINKA, S. 309 bis 310 (Taf. XV Fig. 4a—d).

Eine der größten Gastrotrichen, deren Länge zwischen 350 bis 390 μ schwankt, wovon 140—153 μ auf die mit knotenförmigen Anschwellungen versehenen Hinterdornen entfallen; die Körperhöhe beträgt 50—55 μ . Bei einem 390 μ langen Exemplar war der Oesophagus 63 μ , der Darm 180 μ lang.

Die auch durch ihre Schlankheit auffallende Art gehört zu den weniger seltenen Gastrotrichen des Faulschlammes; ich habe sie während der kälteren Jahreszeit in keinem der untersuchten Lemna-Teiche vermißt. Einmal traf ich auch ein Exemplar im Sommer im braunflockigen Schlamm zwischen *Utricularia*-Pflanzen. Die Mehrzahl der untersuchten Tiere war gelblich gefärbt.

Gatt. *Aspidiophorus* VOIGT.

Aspidiophorus paradoxus VOIGT 1904, S. 128—132 (Taf. VI u. VII Fig. 45 a, b, Fig. 49 a, b).

Ziemlich einzeln in Lemna- und Characeen-Teichen bei Neu-hofen und Maudach, fast ausschließlich in der kälteren Jahreszeit.

Gatt. *Chaetonotus* EHRENBERG.

Chaetonotus arquatus VOIGT 1903 (S. 90—93, Fig. A—C). — 1904 S. 138—139.

Bisher nur in den Lemna- und Characeen-Teichen bei Maudach und Neuhausen während des Winters recht einzeln.

Chaetonotus nodicaudus VOIGT 1904 (S. 134—137, Taf. V Fig. 42 a—d).

VOIGT nennt diese Art für die Umgebung von Plön „nicht selten“; ich habe sie hier nur ganz vereinzelt gefunden. VOIGTS Vermutung, daß diese Art mit *Ch. macracanthus* LAUTERBORN identisch sei, trifft nicht zu; letztere ist eine Charakterform der Diatomeenrasen am Grund reiner Gewässer und ist mir noch nie im eigentlichen Faulschlamm zu Gesicht gekommen.

Chaetonotus serraticaudus VOIGT 1904, S. 137—138 (Taf. V, Fig. 43 a—d).

Neben *Lepidoderma rhomboides* STOKES eine der größten Gastrotrichen, die über 500 μ lang wird, leicht kenntlich an dem nicht eingeschnürten, im Umriß riemenförmigen Körper. Sehr einzeln in Lemna- und Characeen-Teichen bei Maudach und Neuhausen während des Winters. — Als weitere typisch sapropelische Gastrotrichen führt VOIGT (1904) noch an: *Dasydytes goniathrix* GOSSE, *Chaetonotus linguaeformis* VOIGT, *Ch. uncinus* VOIGT; ich habe diese Arten in meinem Gebiete bis jetzt noch nicht nachweisen können.

10. Die übrigen Tierklassen.

Mit den Rotatorien und Gastrotrichen schließt die Reihe der typisch sapropelischen Organismen. Was von den höheren Tierklassen noch im Faulschlamm vorkommt, trägt mehr oder weniger den Charakter des Gelegentlichen, Zufälligen; keine einzige Form ist in ihrem Vorkommen mehr ausschließlich auf den Faulschlamm beschränkt.

Zu diesen mehr gelegentlichen Mitgliedern der sapropelischen Lebewelt gehören von Nematoden Angehörige der Gattungen *Diplogaster*, *Dorylaimus*, *Trilobus* usw.; von Ohligochaeten fand ich einigemal *Slavina appendiculata* (D'UKEDEM), von Turbellarien *Macrostomum appendiculatum* (O. FABR.) (*M. hystrix* OERST.). Unter den Crustaceen vermögen Arten der Gattungen *Canthocamptus* wie auch *Cyclops* mit sehr geringen Sauerstoffmengen vorlieb zu nehmen und kommen darum auch ab und zu auf der Oberfläche des Faulschlammes vor. Von Daphniden fand ich einmal *Lathonura rectirostris* (O. F. M.) zahlreich zwischen Ceratophyllum-Büschen eines am Boden mit schwefelbakterienreichem Schlamm erfüllten Tümpels; die typisch limikolen Daphniden wie *Iliocryptus*, *Monospilus*, *Leydigia*, gewisse Arten von *Alona* usw. wurden dagegen im eigentlichen Faulschlamm stets vermißt. Dasselbe gilt auch von den Ostrakoden sowie von *Asellus aquaticus*, der im Abwasserschlamm so oft massenhaft auftritt. Tardigraden sind bisweilen durch die eigenartigen Cysten von *Macrobiotus* vertreten. Auffallend selten sind Insekten im Faulschlamm: die Larven von Chironomiden, sonst vielfach charakteristische Abwasserbewohner, fehlen fast völlig, dagegen habe ich einigemal die Larven von *Eristalis tenax* hier getroffen. Auch die Mollusken, Schnecken sowohl wie Muscheln, meiden den schwefelwasserstoffreichen Faulschlamm völlig, ebenso die Fische, obwohl von diesen einige, wie beispielsweise die Karausche (*Carassius carassius* L. spec.) sonst in moorigen Gewässern mit ganz geringem Sauerstoffgehalt noch ausdauern.

Am schärfsten tritt diese Armut an limikolen Würmern, Crustaceen, Insektenlarven, Mollusken naturgemäß in kleineren Tümpeln zu Tag, deren Boden völlig mit Faulschlamm bedeckt ist. In größeren Gewässern, wo sich der Faulschlamm auf einzelne tiefere Stellen beschränkt, wo zudem noch während der wärmeren Jahreszeit eine üppige Vegetation zur Entwicklung gelangt, kann

sich über dem Bereich des Faulschlammes, im freien Wasser und besonders zwischen den Büschen der Sauerstoff spendenden Wasserpflanzen sehr wohl ein recht vielgestaltiges Tierleben entwickeln, das von dem faulschlammfreier Gewässer kaum besonders abweicht. Recht ärmlich ist dagegen meist das eigentliche Plankton: es dürfte dies hauptsächlich daher kommen, daß dessen zu Boden sinkenden Dauerstadien (Cysten, Dauereier) in dem sauerstoffarmen, schwefelwasserstoffreichen Faulschlamm bald ihre Entwicklungsfähigkeit einbüßen.

III. Zur Physiologie und Biologie der sapropelischen Organismen.

1. Die chemischen und physikalischen Bedingungen der nächsten Umwelt.

Die sapropelische Lebewelt in typischer Ausbildung stellt eine Biocoenose dar, die, wie bereits betont, nicht nur morphologisch sondern auch physiologisch ein hohes Interesse beanspruchen darf: entwickelt sie sich doch unter chemischen und physikalischen Bedingungen, die sonst die Entfaltung eines reicheren tierischen und pflanzlichen Lebens nicht nur hemmend sondern in vielen Fällen sogar direkt schädigend beeinflussen.

Die nächste Umwelt der sapropelischen Lebewelt ist besonders durch folgende Eigentümlichkeiten charakterisiert:

1. Das unmittelbare Medium besteht in einem halbflüssigen faulenden organischen Schlamm, der zum größten Teil aus Cellulose-resten von Pflanzen sowie Residuen von Tieren besteht, mineralische Bestandteile treten ganz zurück.

2. In der Tiefe dieses Schlammes ist der Zutritt des Lichtes mehr oder weniger gehemmt, ganz besonders in jenen Gewässern, deren Oberfläche von einer dichten Lemna-Decke überzogen ist¹⁹⁾.

3. Chemisch ist das Medium der sapropelischen Lebewelt gekennzeichnet durch die starke Anreicherung gelöster organischer Substanzen, wie sie bei der Fäulnis des pflanzlichen und tierischen Protoplasmas sowie bei der Gärung der Cellulose entstehen.

4. Bei all diesen Zersetzungs Vorgängen findet eine starke Sauerstoffzehrung statt: es herrscht darum in der Tiefe des Faulschlammes stets nur ein ganz geringer O-Gehalt, der bis zum völligen Schwunde dieses Gases gehen kann. Im Gegensatz dazu ist die Entbindung sonst das tierische Leben schädigender Gase eine sehr lebhaft: Methan CH_4 , Kohlensäure CO_2 , Schwefelwasserstoff H_2S sind stets in reichlichen Mengen vorhanden.

¹⁹⁾ Im Sommer haben diese Gewässer alle eine niederere Temperatur als offene Becken. Im Winter vermag die Gärung der pflanzlichen Massen die Temperatur etwas zu erhöhen; ich fand wenigstens im Februar unter einer 7 cm starken Eisdecke im Faulschlamm eine Temperatur von $4,6^\circ \text{C.}$, während der normale Schlamm in derselben Tiefe nur $3,9^\circ \text{C.}$ aufwies.

2. Die Atmung.

Bei einer so eigenartigen chemischen Zusammensetzung des Mediums erhebt sich nun vor allem die Frage: Wie vollzieht sich die Atmung der sapropelischen Organismen, vor allem der Tiere?

Es liegt auf der Hand, daß bei dem weitgehenden Mangel an freiem Sauerstoff die normale Oxydationsatmung nur in ganz beschränktem Maße und höchstens an der Oberfläche des Schlammes stattfinden kann. In der Tiefe des Schlammes versagt diese Quelle jedenfalls oft völlig; hier muß also die Betriebsenergie für die vitalen Funktionen der Organismen auf andere Weise gewonnen werden. Es geschieht dies in den meisten Fällen auf dem Wege der sog. intramolekularen Atmung oder Spaltungsatmung, also durch hydrolytische Spaltung bestimmter organischer Verbindungen von hohem Energiewert. Nach dieser Richtung hin kommen in dem an pflanzlichen organischen Stoffen überreichen Faulschlamm in erster Linie die Kohlehydrate und unter diesen vor allem wieder das Glykogen (im weitesten Sinne) in Betracht.

Glykogen ist bei zahlreichen Tieren, welche wie die sapropelischen unter Ausschluß von freiem Sauerstoff, also anaërob oder anoxybiontisch leben, weit verbreitet²⁰⁾. Für die Protozoën haben BÜTSCHLI, CERTES, MAUPAS, BARFURTH u. a. Glykogen bzw. Paraglykogen bei zahlreichen parasitischen sowie fäulnisliebenden Arten festgestellt, während PÜTTER (1905) experimentell die Bedeutung dieses Kohlehydrates bei der Spaltungsatmung ciliater Infusorien klarzulegen suchte²¹⁾. Unter den Würmern

²⁰⁾ Vgl. hierüber die Beobachtungen und zahlreichen Literaturnachweise von E. WEINLAND: Stoffwechsel der Wirbellosen im Handbuch der Biochemie, Bd. IV 2. Hälfte (1909), S. 446 u. ff.

²¹⁾ Wenn PÜTTER in seiner anregenden Arbeit den Protozoën überhaupt eine weitgehende Unabhängigkeit von molekularem Sauerstoff zuschreibt, so kann ich ihm nicht folgen. Für das von ihm benutzte Untersuchungsmaterial — parasitische und saprophile Infusorien (*Opalina*, *Balantidium*, *Nyctotherus* einerseits, *Paramaecium*, *Colpoda*, *Spirostomum* andererseits) — trifft seine Anschauung zweifellos zu. Daneben gibt es aber doch auch noch sehr zahlreiche Protozoën der verschiedensten Abteilungen, welche nur in reinem sauerstoffreichem Wasser gedeihen und im Freien wie in den Kulturen sofort verschwinden, wenn in dem Medium ein Sauerstoffschwund durch Fäulnisvorgänge einzutreten beginnt. Hierher gehören nicht nur die eigentlichen Planktonprotozoën sondern auch zahlreiche der zwischen Wasserpflanzen lebenden Formen.

ist Glykogen für eine ganze Reihe von Darmparasiten als konstantes Vorkommen nachgewiesen: so für Cestoden (*Taenia*) bereits von CLAUDE BERNARD, für Trematoden (*Distomum*) von WEINLAND, für Nematoden (*Ascaris*) ebenfalls von WEINLAND, für Acanthocephalen (*Echinorhynchus*) durch WEINLAND und RUDOLF. Der Gehalt an Glykogen ist in all diesen Fällen ein recht hoher und beträgt bei *Ascaris* beispielsweise 20—34 %, bei *Taenia* 15—47 % der Trockensubstanz des Tieres. Im sauerstofffreien Medium wird nach den sehr exakten Versuchen WEINLANDS an *Ascaris* das Kohlehydrat zersetzt, wobei Kohlensäure und eine niedere Fettsäure, in der Hauptsache Valeriansäure abgespalten werden.

Bei den sapropelischen Organismen ist Glykogen bzw. Paraglykogen weit verbreitet. Des hohen Glykogengehaltes von *Lyngbya Lindavii* wurde bereits gedacht. Unter den Rhizopoden ist eines der typischsten Mitglidern der sapropelischen Lebewelt, die riesige *Pelomyxa palustris* sehr reich an diesem Kohlehydrat, welches in den zahlreichen sog. Glanzkörpern gespeichert ist. Unter den Infusorien geben die Gattungen *Paramaecium*, *Chilodon cucullulus*, *Loxocephalus granulatus* — dieser besonders stark, — *Lacrymaria aquae dulcis*, *Opisthodon niemeccense* ausgeprägte Glykogenreaktionen, unter den Rotatorien vor allem *Rotifer vulgaris*, von den Gastrotrichen *Chaetonotus*.

Bei der — später noch näher auszuführenden — weitgehenden Übereinstimmung der Lebensbedingungen darmparasitärer und sapropelischer Organismen dürften wir für die glykogenführenden Formen der letzteren wohl mit Sicherheit annehmen, daß sie bei ihrer anaërobiontischen Lebensweise ihren Energiebedarf aus der Spaltung des Kohlehydrates decken.

Neben den Glykogen müssen den Bewohnern des Faulschlammes aber auch noch andere Energiequellen zur Verfügung stehen. So ist es mir beispielsweise nie gelungen, bei der so typisch sapropelischen Familie der Ctenostomiden Glykogen nachzuweisen; die Behandlung mit Jodjodkalium ließ bei diesen Infusorien niemals eine braunrote, sondern stets nur eine gelbliche Färbung des Zellinnern hervortreten. Hier wie in anderen Fällen dürften wohl bestimmte Proteine die Energiequelle darstellen. Bei dem Rädertier *Diplacidium trigona* scheinen die reichlichen Fettansammlungen dorsal vom Darm nach dieser Richtung hin eine Rolle zu spielen.

Jedenfalls liegt hier noch ein sehr interessantes Feld für weitere Forschungen vor!

3. Die „Pseudovakuolen“ sapropelischer Bakterien und Cyanophyceen.

Es mag vielleicht auffallen, wenn ich die Pseudovakuolen der Cyanophyceen und Bakterien gerade an dieser Stelle behandle. Es geschieht dies darum, weil diese Gebilde so konstante und charakteristische Einschlüsse zahlreicher sapropelischer Schizophyten darstellen, daß sie in irgend einer bedeutsamen Beziehung zum sapropelischen Leben stehen müssen.

Die Pseudovakuolen sind zuerst bei planktonischen, eine „Wasserblüte“ bildenden Cyanophyceen beobachtet worden. Anfangs für Schwefelkörnchen gehalten, wurden sie von STRODTMANN (1895) und KLEBAHN (1895) auf Grund der auffallenden Erscheinung bei Druck zu verschwinden, für Gasvakuolen erklärt, die das Aufsteigen und Schweben der Algen bewirken sollten. Die Gasnatur des Vakuoleninhaltes wurde später von BRAND (1901, 1906) bezweifelt und dann, man kann wohl sagen endgültig, von MOLISCH (1903, 1906) widerlegt. Diesem Forscher gelang es auch, die angeblichen Gasvakuolen zu isolieren und festzustellen, daß diese „entweder flüssigen oder festen Aggregatzustand besitzen oder ein Mittelding zwischen beiden, etwa wie bei dickflüssigem Syrup, Harz oder beim Protoplasma“. 1906 schlug MOLISCH für die Gebilde, die er auch bei Purpurbakterien nachweisen konnte, den Namen Schwebekörper oder Airosomen vor.

Ich glaube nun, daß diese Bezeichnung der eigentlichen Natur der fraglichen Zelleinschlüsse nicht in vollem Umfange gerecht wird und ziehe darum den indifferenten bereits von LEMMERMANN (1910, S. 11—13) gebrauchten Namen Pseudovakuolen vor²²⁾. Die „Schwebekörper“ sind nämlich durchaus nicht nur auf die freischwebenden Algen und Bakterien beschränkt, sondern finden sich auch, worauf schon BRAND und LEMMERMANN hinwiesen, auch bei grundbewohnenden Formen. Am deutlichsten sind sie hier wiederum bei den sapropelischen Formen ausgebildet, also gerade bei denjenigen Arten, die normalerweise stets in der Tiefe, auf und bisweilen selbst im Schlamm vegetieren und kaum jemals in höhere Schichten aufsteigen: Pseudovakuolen von solcher Größe und Schärfe, wie sie beispielsweise *Oscillatoria Lauterbornii*

²²⁾ Der Anschauung LEMMERMANN'S (1910, S. 13), daß die Pseudovakuolen Schutzorgane gegen allzu intensive Lichtwirkung darstellen, kann ich mich allerdings in keiner Weise anschließen.

oder *Lyngbya Hieronymusii* aufweisen, besitzt keine einzige der mir bekannten planktonischen Cyanophyceen. Ausdrücklich sei hierbei betont, daß die Pseudovakuolen der sapropelischen Cyanophyceen genau dieselben Reaktionen ergeben wie diejenigen der freischwebenden: sie verschwinden bei Druck und beim Erwärmen, ebenso in schwachen Mineralsäuren, Essigsäure, Kali- und Natronlauge, Alkohol usw.

So leicht es nun ist nachzuweisen, daß die Erhöhung der Schwebefähigkeit kaum die Hauptfunktion der Pseudovakuolen sein kann, so schwer ist es über die eigentliche Bedeutung dieser Gebilde ein Urteil abzugeben, umsomehr, als die bis jetzt vorliegenden Beobachtungen über deren chemische Natur unzureichend sind. Der Umstand, daß die Pseudovakuolen der Cyanophyceen und Bakterien ihre höchste Entfaltung unter den eigenartigen Lebensbedingungen des sapropelischen Mediums erlangen, legt den Gedanken nahe, daß dieselben hier ein physikalisch sehr labiles Stoffwechselprodukt gespeichert enthalten, das als Energiequelle verwendet werden kann. Eine ähnliche physiologische Funktion wäre auch für die Gasvakuolen der planktonischen Cyanophyceen nicht ausgeschlossen. Wir dürfen nämlich nicht vergessen, daß die eine „Wasserblüte“ bildenden blaugrünen Algen wie beispielsweise *Clathrocystis aeruginosa*, *Anabaena flos aquae* Massenentfaltungen nur in solchen Gewässern zeigen, die reich an gelöster organischer N-haltiger Substanz (sowie an Chloriden) sind. In einem derartigen Medium kann es aber in warmen schwülen Nächten, wo die Assimilation ruht, die Atmung der zu einer „Wasserblüte“ dicht zusammengedrängten Algen sowie der Tiere aber fort dauert, leicht zu einer beträchtlichen Sauerstoffzehrung kommen, die unter Umständen selbst Fischsterben hervorzurufen vermag. In diesem Zusammenhang wäre auch bis zu einem gewissen Grade zu verstehen, warum die Cyanophyceen an organischen Verbindungen armer Gewässer kaum jemals Pseudovakuolen zur Ausbildung bringen.

4. Die spezifische Schwere einiger sapropelischer Organismen.

Es ist in dieser Arbeit früher schon einmal darauf hingewiesen worden, daß die typisch sapropelische Lebewelt in vieler Hinsicht gewissermaßen den biologischen Gegenpol zur planktonischen bildet. Während wir bei der letzteren eine ganze Reihe von Einrichtungen

treffen, die auf verschiedenen Wegen darauf hinwirken, den Organismen ein möglichst niederes spezifisches Gewicht zu verleihen, und sie so befähigen, mit geringstem Kraftaufwand sich im freien Wasser schwebend zu erhalten, treffen wir bei gewissen sapropelischen Organismen Zelleinschlüsse von so hohem spezifischem Gewicht, daß dieselben geradezu als Beschwerer wirken müssen.

Das gilt besonders für zwei kryptopelisch, d. h. in der Tiefe des Faulschlammes lebende Organismen, das den Schwefelbakterien nahestehende *Achromatium oxaliferum* SCHEW. sowie für den Rhizopoden *Pelomyxa palustris* GREEF, beide Riesenformen ihres Geschlechtes. *Achromatium* ist durch seine Calciumoxalat-Kugeln, *Pelomyxa* durch ihre Paraglykogen-Körper so schwer, daß beide, wie schon früher hier hervorgehoben, selbst durch eine ansehnliche Schlammschicht rasch passiv hindurchsinken und darum in den Kulturgefäßen sich immer am Boden ansammeln. Daß diese ausgesprochene Kryptopelie von *Achromatium* und *Pelomyxa* sehr wesentlich durch die genannten Inhaltskörper bedingt wird, erscheint mir kaum zweifelhaft, auch wenn die physiologische Hauptfunktion der Zelleinschlüsse auf anderem Gebiete liegt.

5. Sapropelische und parasitische Infusorien.

Wenn wir Umschau halten, welche Lebensgenossenschaft von Tieren mit derjenigen des Faulschlammes die meiste Ähnlichkeit besitzt, so lenkt sich der Blick des Protozoenforschers auf ein scheinbar recht weit entferntes Gebiet: auf die Bewohner des Darmes der pflanzenfressenden Wiederkäuer und des Coecums der Equiden.

Die physikalischen und chemischen Bedingungen der nächsten Umwelt zeigen an beiden Stätten eine viel weitergehende Übereinstimmung als es im ersten Augenblick wohl scheinen möchte. Der Rumen der Wiederkäuer, das Coecum der Pferde sind erfüllt mit einem Brei von Cellulosestrümmern, der physikalisch ähnliche Bedingungen darbietet, wie die zerfallenden Pflanzenmassen des Faulschlammes am Grunde der Gewässer. Da wie dort umspült eine an gelösten organischen Stoffen reiche Flüssigkeit die zwischen den Pflanzenresten hausenden Tiere, da wie dort wird die Gasatmosphäre durch die Produkte der Cellulosegärung, also durch reichliche Mengen von Methan, Kohlensäure usw. charakterisiert;

Sauerstoff fehlt. Wesentlich verschieden ist eigentlich nur die Temperatur; übereinstimmend ist bis zu einem gewissen Grade die Dunkelheit, die an beiden Stätten herrscht.

Wir haben im systematischen Teile bereits gesehen, daß der Faulschlamm durch eine auffallend große Anzahl seltsam gestalteter Infusorien ein besonderes Gepräge erlangt. Ähnliche bizarre Formen finden sich nun auch in beträchtlicher Artenzahl im Rumen der Wiederkäuer sowie im Coecum des Pferdes, wie ein Blick auf die Abbildungen von SCHUBERG (1888), FIORENTINI (1890), EBERLEIN (1895), BUNDLE (1895) u. a. erkennen läßt.

Eine weitere Gruppe durch ihre eigenartige Körpergestalt auffallender Protozoen bilden die *Trichonymphiden*, die in ihrem Bau Merkmale der Flagellaten und Infusorien vereinen. Auf ihre Ähnlichkeit mit den im Darm der Wiederkäuer und Equiden hausenden Infusorien hat schon DOFLEIN (1901, S. 245) hingewiesen. Diese Trichonymphiden leben nun vorherrschend im Darm von holzfressenden Termiten, also auch an einem Orte, der mit Resten von Cellulose erfüllt ist.

So sehen wir also an einer Reihe von Stätten lebhafter Cellulosegärung eine Infusorienfauna von ganz eigener Formgestaltung entwickelt. Bei aller Verschiedenheit der Typen im einzelnen — jede der Stätten hat ihre eigentümliche wohlcharakterisierte Fauna — zeigen doch zahlreiche Infusorien da wie dort übereinstimmend gewisse gemeinsame Züge in der Ausprägung der Körpergestalt, die wir wohl als Formreaktionen auf die speziellen Bedingungen der nächsten Umwelt, vor allem auf das Leben innerhalb des Cellulosebreies ansprechen dürfen. Hierher gehört zunächst die panzerartige Erhärtung der Pellicula, wofür im Faulschlamm die Gattungen *Discomorpha*, *Saprodinium*, *Pelodinium*, *Dactylochlamys* usw., im Rumen der Wiederkäuer sowie im Pferde-Coecum die Gattungen *Entodinium*, *Diplodinium*, *Ophryoscolex*, *Didesmys*, *Cycloprosthium* entsprechende Beispiele bieten. Häufig findet sich bei diesen starren Formen das Hinterende in spitze Fortsätze, Dornen und Stacheln ausgezogen, die im Faulschlamm den Gattungen *Saprodinium*, *Discomorpha* sowie *Caenomorpha*, im Wiederkäuermagen usw. den Angehörigen der Gattungen *Ophryoscolex*, *Entodinium*, *Diplodinium*, ein so auffallendes Aussehen verleihen. Eine derartig starre Pellicula muß Tieren, welche sich ständig zwischen dichtgedrängten — im Rumen der Wiederkäuer dazu noch lebhaft hin- und hergeschobener — Massen von Cellulosestrümmern

hindurchzuzwängen haben, schon rein mechanisch einen beträchtlichen Schutz verleihen. Wahrscheinlich wirkt auch die Torsion des Körpers, wie wir sie im Faulschlamm bei *Metopus*, *Caenomorpha*, *Dactylochlamys*, *Tropidoatractus*, teilweise auch bei *Spirostomum*, im Termitendarm bei *Trichonympha*, *Pyrsonympha* ausgeprägt finden, in demselben Sinne, ganz besonders bei den weichhäutigen Formen, deren Körper durch die Spiralwindungen gewissermaßen eine Versteifung erfährt. Weniger leicht zu erklären ist die Ausbildung oft gruppenweise angeordneter langer, fast geißelartiger Cilien besonders bei den Infusorien mit starrer Pellicula. Wir finden dieselben im Faulschlamm bei den Gattungen *Dactylochlamys*, *Caenomorpha*, *Discomorpha*, *Pelodinium*, *Saprodinium*, im Coecum der Pferde bei *Didesmys*, *Paraisotricha*, *Blepharocoris*, im Termitendarm bei *Trichonympha*, *Joenia*, sowie bei *Lophomanas*. Weit verbreitet ist auch eine leicht gelbliche Färbung der Infusorien sowie das reichliche Vorkommen von Paraglykogen, das in dem sauerstofffreien Medium intramolekular veratmet wird.

Aus vorstehenden Ausführungen ergibt sich also eine bemerkenswerte Übereinstimmung in der Lebensweise sapropelischer und darmparasitärer Organismen, eine Übereinstimmung, die so weit geht, daß sie den beiderseits vorkommenden Infusorien auch morphologisch eine ganze Reihe gemeinsamer Züge aufprägt. Diese Feststellung scheint mir nicht ohne Bedeutung für die Frage nach der Herkunft der Parasiten überhaupt: zeigt sie doch, daß ein Übergang von der freilebenden zur parasitären, speziell darmparasitären Lebensweise bei keiner Biocoenose unserer Gewässer sich weniger schroff, unter weniger grundlegenden Änderungen der allgemeinen Existenzbedingungen (u. a. auch der osmotischen) vollziehen würde als bei den Mitgliedern der sapropelischen Lebewelt²³⁾.

²³⁾ Ganz allgemein scheint in verunreinigten, d. h. an gelösten organischen sowie an gewissen mineralischen Stoffen (Chloriden usw.) reichen Gewässern, die Entwicklung sowie der Übergang parasitärer Bakterien und Protozoen auf den tierischen Organismus weit leichter zu erfolgen als in reinen nährstoffarmen Gewässern. Bei der bekannten Beulenkrankheit der Barben (*Myxoboliasis tuberosa* Hofer) war es mir immer sehr auffallend, daß dieselbe in den letzten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts am verheerendsten in solchen Flüssen aufzutreten begann, deren Wasser durch Salzlagerstätten in ihrem Gebiete besonders reich an Chloriden ist (Mosel, Neckar, Hochrhein zwischen Rheinfelden und Basel).

6. Sapropelische und Abwasserorganismen.

Der Begriff der „sapropelischen Lebewelt“, wie ich denselben im Jahre 1901 aufstellte und umgrenzte, umfaßte in erster Linie die Tiere und Pflanzen des Faulschlammes natürlicher, d. h. vom Menschen in keiner Weise beeinflusster Gewässer. Gleichzeitig wies ich in der genannten Arbeit aber auch darauf hin, daß der sapropelischen Lebewelt eine besondere Bedeutung noch dadurch zukommen dürfte, daß zahlreiche und sehr charakteristische Formen aus ihrem Bestande auch in den durch fäulnisfähige Abwässer verunreinigten Gewässern sich wiederfinden. Seit jener Zeit ²⁴⁾ hat die Lehre von den Abwasserorganismen durch die Arbeiten von HOFER, KOLKWITZ, LAUTERBORN, MARSSON, SCHIEMENZ, THIENEMANN, VOLK u. a. mannigfache Förderung erfahren. Wir sind jetzt im Stande, auf biologischem Wege, d. h. auf Grund des jeweiligen Vorkommens bestimmter Organismen die Verunreinigung der Gewässer nach Herkunft, Stärke und Ausdehnung weit schärfer festzustellen, als dies mit Hilfe der früher allein üblichen chemischen und bakteriologischen Methoden möglich war. Wir haben dabei auch einen immer klareren Einblick in die Vorgänge bei der Selbstreinigung unserer Gewässer gewonnen und vermögen die fortschreitende Aufarbeitung der zugeführten Schmutzstoffe im Spiegelbilde einer entsprechenden Wandlung der Tier- und Pflanzenwelt direkt zu verfolgen.

Für all jene Organismen, welche in ihrem Auftreten eine Abhängigkeit von zersetzlichen organischen Nährstoffen erkennen lassen, haben KOLKWITZ und MARSSON (1902) den Namen Saprobien vorgeschlagen und 1908 eine Oekologie der pflanzlichen, 1909 eine solche der tierischen Saprobien gegeben. Sie unterscheiden hierbei je nach dem Grade der Selbstreinigung bzw. der Mineralisierung der organischen Stoffe Polysaprobien, Mesosaprobien — die wieder in α - (stark) und β - (schwach) Mesosaprobien zerfällt werden — sowie Oligosaprobien. Die Organis-

²⁴⁾ Für die biologische Beurteilung der Abwässer nach ihrer Tier- und Pflanzenwelt ist das schon 1898 erschienene Buch von C. MEZ: Mikroskopische Wasseranalyse — trotz mancher Schwäche im einzelnen — in vieler Beziehung bedeutungsvoll gewesen. Es muß daher auffallen, daß dieses Werk in gewissen historischen Übersichten der Abwasserbiologie sowie in gewissen Literaturzusammenstellungen durchaus nicht die Berücksichtigung gefunden hat, die ihm nach Inhalt und Zeit seines Erscheinens zweifellos zukommt.

men ganz reiner Gewässer werden Katharobien genannt. Uns interessiert hier zunächst nur die Zone der Polysaprobien. Dieselbe wird nach den Angaben von KOLKWITZ und MARSSON (1908, S. 507) charakterisiert durch „das Überwiegen von Reduktions- und Spaltungsprozessen, durch Mangel oder geringen Gehalt an Sauerstoff, durch Reichtum an Kohlensäure und u. a. relativ hohen Gehalt an stickstoffhaltigen zersetzungsfähigen Nährstoffen; der Schlamm dieser Zone ist häufig reich an Schwefeleisen.“ Biologisch zeichnet sich die Zone „vor allem durch den Reichtum an Schizomyceten nach Individuenzahl, Spezies und Gattungen aus.“

Wenn irgend eine Biocoenose der freien Natur den Namen „polysaprob“ verdient, ist es sicherlich die sapropelische Lebewelt. Die ganze oben wiedergegebene Charakteristik paßt Wort für Wort auch auf den Faulschlamm der Lemna-Characeen- und Chromatium-Teiche. Man sollte nun wohl erwarten, die Charakterformen dieses Schlammes unter den „Polysaprobien“ zu finden. Für die Schizomyceten *Beggiatoa*, *Lamprocystis*, *Chromatium* trifft dies auch zu. Anders jedoch bei den Tieren: von diesen wird von KOLKWITZ und MARSSON kaum eine einzige der mit *Beggiatoa*, *Lamprocystis*, *Chromatium* zusammen vorkommenden wirklich typisch sapropelischen Formen unter den „Polysaprobien“ aufgezählt. Was zur Erwähnung gelangt, wird den Mesosaprobien zugezählt, wobei Infusorien wie *Metopus pyriformis*, *M. contortus*, *Opisthodon*, *Plagiopyla*, Rädertiere wie *Atrochus*, *Floscularia atrochoides*, Gastrotreichen wie *Lepidoderma rhomboides*, *Dasydytes saltitans*, *D. longisetosum*, *Stylochaeta* sogar nur „schwach (β) mesosaprob“ sein sollen. Das ist ganz unmöglich, wenn man weiter sieht, daß KOLKWITZ und MARSSON unter ihren „ β -Mesosaprobien“ von anderen schlammbewohnenden Formen selbst Fische wie den Aal, Würmer wie *Criodrilus*, *Rhynchelmis*, *Haemopsis sanguisuga*, Mollusken wie *Unio tumidus*, *Lithoglyphus naticoides* usw. aufführen.

Diese wenigen Stichproben dürften genügen, um zu zeigen, daß die Mesosaprobien im Sinne von KOLKWITZ und MARSSON selbst in ein und derselben Biocoenose wie z. B. im Grundschlamm, Tiere von sehr verschiedenen Ansprüchen zusammengewürfelt enthalten. Das gilt nicht nur für die Gruppe als Ganzes, sondern auch für die beiden Unterabteilungen, deren Auseinanderhaltung im Einzelnen zudem manchmal doch etwas gar zu künstlich und gesucht erscheint, wie schon die zahlreichen Unbestimmtheiten und Abschwächungen („vielleicht auch polysaprob, neigt zur α

(bzw. β) mesosaproben Lebensweise, auch oligosaprob“ usw.) erkennen lassen. Auf eine Reihe weiterer Unstimmigkeiten zwischen den Angaben von KOLKWITZ-MARSSON und meinen Befunden näher einzugehen, ist hier nicht der Ort. Es kann dies erst geschehen, wenn die in Aussicht gestellte zusammenfassende Arbeit erschienen sein wird, da diese die eingehende Darlegung der Erwägungen bringen soll, welche für die Einreihung der einzelnen saproben Organismen in die entsprechenden Zonen maßgebend waren. Hoffentlich ist dieses für die Abwasser-Biologie begrüßenswerte Unternehmen durch MARSSONS vorzeitigen Tod nicht in allzuweite Ferne gerückt!

Schlußwort.

Die vorliegende Arbeit ist im Frieden begonnen und während des Krieges vollendet worden. In dieser gewaltig bewegten Zeit, die auch an den Forscher so ganz anders geartete Anforderungen stellte, war es nicht immer möglich, gewisse Lücken der Beobachtungen sowie manche erst bei der Ausarbeitung auftauchende Fragen überall so zu ergänzen und so klarzustellen, wie ich es selbst wohl gerne gewünscht hätte. Wenn daher namentlich die Schilderungen der Schizomyceten im wesentlichen auf Beobachtungen am lebenden Objekte gegründet sind, wenn weiterhin an anderen Stellen statt eines tieferen Eindringens in diese oder jene Frage öfter nur die allgemeinen Richtlinien gezogen, nur Hinweise, Andeutungen und Anregungen gegeben wurden, so wolle dies den besonderen Zeitumständen zugute gehalten werden. Die sapropelische Lebewelt umschließt einen solchen Reichtum morphologisch interessanter Gestalten und birgt in sich eine solche Fülle physiologischer und biologischer Probleme, daß sie der Einzelne niemals erschöpfen wird. Nur gemeinsame Arbeit kann hier zum Ziele führen.

Literaturverzeichnis.

- 1895 F. BLOCHMANN: Mikroskopische Tierwelt des Süßwassers. Abt. I.: Protozoa. 134 S., 8 Tafeln.
- 1901 F. BRAND: Bemerkungen über Grenzzellen und über spontan rote Inhaltskörper der Cyanophyceen. In Ber. Deutsch. Botan. Gesellschaft, Bd. 19 (1901), S. 152—159.
- 1906 F. BRAND: Über die sogenannten Gasvakuolen und die differenten Spitzenzellen der Cyanophyceen. In: Hedwigia, Bd. 45 (1906), S. 1—15.
- 1914 J. BUDER: Chloronium mirabile. In: Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellschaft, Bd. 31 (1913), S. (80—92). Mit Tafel XXIV.
- 1895 A. BUNDLE: Ciliate Infusorien im Coecum des Pferdes. In: Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. 60 (1895), S. 284—350. Mit Taf. XV—XVI.
- 1889 O. BÜTSCHLI, Protozoa, 3. Abteilung: Infusorien und System der Radiolarien.
- 1900 M. A. CERTES: Colorabilité élective «intra vitam» des filaments sporifères du Spirobacillus gigas (CERT.) etc. In: Compt. rend. Association franc. pour l'avancement des sciences. August 1900. 9 S. mit 1 Tafel.
- 1851—1861 E. CLAPARÈDE et J. LACHMANN: Etudes sur les Infusoires et les Rhizopodes. In: Mém. Institut Genevoise. Tome V—VII.
- 1877 F. COHN: Untersuchungen über Bakterien. In: Beiträge zur Biologie der Pflanzen. 3. Heft (1875), S. 141—207. Mit Taf. V. u. VI.
- 1912 C. DOBELL: Researches on Spirochaetes and related organisms. In: Archiv f. Protistenkunde, Bd. 26 (1912), S. 117—240. Mit Taf. 13—17.
- 1901 F. DOFLEIN: Die Protozoen als Parasiten und Krankheitserreger. Jena 1901.
- 1858 E. EBERHARD: Infusorienforschungen. In: Programm der Realschule Coburg 1858. S. 21—50. Mit 2 Tafeln.
- 1862 E. EBERHARD: Zweite Abhandlung über die Infusorienwelt. In: Programm der Realschule Coburg 1862, S. 1—26. Mit 3 Tafeln.
- 1895 R. EBERLEIN: Über die in Wiederkäuermagen vorkommenden ciliaten Infusorien. In: Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. 59 (1895), S. 233 bis 304. Mit Taf. 16—18.
- 1838 CH. G. EHRENBURG: Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen.
- 1848 CH. G. EHRENBURG: Beobachtung zweier genetisch neuer Formen des Frühlingsgewässers bei Berlin als lebhaft grüne Wasserfärbung. In: Monatsberichte der Berliner Akademie, 1848, S. 233—237.
- 1862 TH. W. ENGELMANN: Zur Naturgeschichte der Infusorien. In: Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 11 (1862), S. 347—393. Taf. 28—31.
- 1882 TH. W. ENGELMANN: Zur Biologie der Schizomyceten. In: Botan. Zeitung, Bd. 40 (1882), S. 185.

- 1908 E. FAURET-FRÉMIET: Sur deux Infusoires nouveaux de la famille des Trachelidae. In: Bullet. Soc. Zoolog. France. Vol. 33 (1908) S. 15—16.
- 1890 A. FIORENTINI: Intorno ai protisti dello intestino degli Equini. Pavia 1890.
- 1892 F. FÖRSTER: Über eine merkwürdige Erscheinung bei *Chromatium Okenii* Ehrb. sp. In: Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Bd. XI (1892), S. 257—264. Mit 1 Tafel.
- 1897 J. FRENZEL: Neue oder wenig bekannte Süßwasserprotisten. I. *Modderula hartwigi* n. g. n. sp. In: Biolog. Centralblatt, Bd. XVII (1897), S. 801—808.
- 1851 P. H. GOSSE: Catalogue of Rotifera found in Britain. In: Annals of Natural History, 1851, S. 197 u. ff.
- 1886 P. GOURRET et P. ROESER: Les Protozoaires du Vieux-Port de Marseille. In: Archives d. Zoologie expérimentale et générale. 2. Serie. Tome 4 (1886). Mit Taf. 28—35.
- 1874 R. GREEF: *Pelomyxa palustris*, ein amöbenartiger Organismus des Süßwassers. In: Archiv f. mikr. Anatomie, Bd. 10 (1874), S. 51—73.
- 1913 H. K. HARRING: Synopsis of the Rotatoria. In: Smithsonian Institution U. S. National Museum Bull. 81. 226 Seiten.
- 1903 G. HINZE: *Thiophysa volutans*, ein neues Schwefelbakterium. In: Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellschaft. Bd. XXI (1903), S. 309. Taf. XV.
- 1913 G. HINZE: Beiträge zur Kenntnis der farblosen Schwefelbakterien. In: Berichte d. Deutsch. Botan. Gesellschaft, Bd. XXXI (1913), S. 189—202. Mit Taf. IX.
- 1905 S. HLAVA: Über die system. Stellung von *Polyarthra fusiformis*. In: Zoolog. Anzeiger, Bd. 28 (1905), S. 331—336.
- 1886 C. T. HUDSON and P. H. GOSSE: The Rotifera or Wheel-Animalculs. 2 Bde. u. Suppl. London 1886—1889.
- 1881—1882 W. S. KENT: A Manual of the Infusoria, Bd. II u. III (Atlas). London 1881—1882.
- 1895 H. KLEBAHN: Gasvacuolen, ein Bestandteil der Zellen der wasserblütbildenden Phycochromaceen. In: Flora, Bd. 80 (1895), Heft 1.
- 1897 H. KLEBAHN: Bericht über einige Versuche, betreffend die Gasvacuolen von *Gloietrichia echinulata*. In: Forschungsberichte Biolog. Station Plön, Teil 5 (1892), S. 166—179.
- 1909 R. KOLKWITZ: Schizomycetes. In: Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, Bd. V, 1. Heft, S. 1—186.
- 1908 R. KOLKWITZ und M. MARSSON: Ökologie der pflanzlichen Saprobien. In: Berichte Deutsch. Botan. Gesellsch., Bd. XXVI (1908), S. 505—519.
- 1909 R. KOLKWITZ und M. MARSSON: Ökologie der tierischen Saprobien. In: Intern. Revue d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie, Bd. II (1909), S. 126—152.
- 1892, 1898 W. KÜHNE: Bedeutung des Sauerstoffs für die vitale Bewegung. In: Zeitschrift f. Biologie, Bd. 35 (1897), S. 43. Bd. 36 (1898), S. 1.
- 1898 R. LAUTERBORN: Über *Modderula hartwigi* Frenzel. In: Biol. Zentralblatt, Bd. XVIII (1898), S. 95—97.

- 1901 R. LAUTERBORN: Beiträge zur Mikrofauna und -flora der Mosel. Mit bes. Berücksichtigung der Abwasserorganismen. In: Zeitschrift f. Fischerei, Bd. IX (1901), S. 1—25.
- 1901 R. LAUTERBORN: Die „sapropelische“ Lebewelt. In: Zoolog. Anzeiger, Bd. XXIV (1901), S. 50—55.
- 1906 R. LAUTERBORN: Zur Kenntnis der sapropelischen Flora. In: Allgem. Bot. Zeitschrift, 1906, S. 196—197.
- 1908 R. LAUTERBORN: Protozoenstudien. V. Teil: Zur Kenntnis einiger Rhizopoden und Infusorien aus dem Gebiete des Oberrheins. In: Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. XC (1908), S. 645—669. Mit Taf. XLI—XLIII.
- 1913 R. LAUTERBORN: Zur Kenntnis einiger sapropelischer Schizomyceten. In: Allgem. Bot. Zeitschrift, Bd. XIX (1913), S. 97—100.
- 1913 R. LAUTERBORN: Rotatoria. In: Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. 8 (1913), S. 483—495.
- 1913 R. LAUTERBORN: Süßwasserfauna. In: Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. 9 (1913), 60 Seiten.
- 1905 E. LEMMERMANN: Brandenburgische Algen. III. Neue Formen. In: Plöner Forschungsberichte, Bd. XII (1905), S. 145—153. Mit Taf. IV.
- 1910 E. LEMMERMANN: Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. III. Bd.: Algen. Leipzig 1910.
- 1914 E. LEMMERMANN: Flagellaten. I. In: PASCHERS Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Heft 1.
- 1894 K. M. LEVANDER: Beiträge zur Kenntnis einiger Ciliaten. In: Acta Soc. pro Fauna et Flora fennica. Bd. IX (1894), No. 7. 87 S. mit 3 Tafeln.
- 1904 M. MARSSON: Die Abwasserflora und -fauna einiger Kläranlagen bei Berlin und ihre Bedeutung für die Reinigung städtischer Abwässer. In: Mitteilungen d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. Heft 4 (1904), S. 125—166.
- 1901 J. MASSART: Recherches sur les Organismes inférieurs. V.: Sur le protoplasme des Schizophytes. In: Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Académie royale de Belgique, Bd. LXI (1901), 40 S. mit 6 Tafeln.
- 1900 W. MIGULA: System der Bakterien, Bd. II.
- 1903 H. MOLISCH: Die sogenannten Gasvakuolen und das Schweben gewisser Phycochromaceen. In: Botan. Zeitung, Bd. 61 (1903), S. 47—58.
- 1906 H. MOLISCH: Zwei neue Purpurbakterien mit Schwebekörperchen. In: Botan. Zeitung, Bd. 64 (1906), S. 223—232. Mit Taf. VIII.
- 1907 H. MOLISCH: Die Purpurbakterien. Mit 4 Tafeln.
- 1912 H. MOLISCH: Neue farblose Schwefelbakterien. In: Zentralbl. f. Bakteriologie, Bd. 33 (1912), 2. Abteilung, S. 55.
- 1786 O. F. MÜLLER: Animalcula infusoria, fluviatilia et marina. Hafniae et Lipsiae 1786. Mit 50 Tafeln.
- 1903 G. NADSON: Die Mikroorganismen als geologische Faktoren. I. Über die Schwefelwasserstoffgärung im Weissowo-Salzsee und über die Beteiligung der Mikroorganismen bei der Bildung des Schwarzen Schlammes (Heilschlammes).

- 1906 G. NADSON: Zur Morphologie der niederen Algen. In: Bulletin Jardin Botanique de St. Petersburg, Bd. 6 (1906).
- 1909 K. NÄGLER: Eine neue Spirochaete aus dem Süßwasser. In: Zentralblatt für Bakteriologie, I. Abt., Bd. 50 (1909), S. 445—447.
- 1905 W. OMELIANSKI: Der Kreislauf des Schwefels. In: Lafars Handbuch der techn. Mykologie, Bd. 3, S. 214—244.
- 1905 W. OMELIANSKI: Die Cellulosegärung. In: Lafars Handbuch der techn. Mykologie, Bd. 3, S. 245—268. Mit Taf. VII.
- 1914 E. PENARD: Un curieux Infusoire *Legendrea bellerophon*. In: Revue Suisse de Zoologie, Bd. 22 (1914), S. 407—432. Mit Tafel 12.
- 1852 M. PERTY: Zur Kenntnis kleinster Lebensformen nach Bau, Funktionen, Systematik, mit Spezialverzeichnis der in der Schweiz beobachteten. Mit 17 Tafeln. Bern 1852.
- 1905 A. PÜTTER: Die Atmung der Protozoen. In: Zeitschrift f. allgem. Physiologie, Bd. V (1905), S. 566—612.
- 1862 A. QUENNERSTEDT: Bidrag till Sveriges Infusorierfauna. In: Acta Soc. Lundensis, Bd. IV (1862), 47 Seiten, 2 Tafeln.
- 1901 J. ROUX: Faune infusorienne des eaux stagnantes des environs de Genève. 148 S., 8 Tafeln.
- 1889 W. SCHEWIAKOFF: Beiträge zur Kenntnis der holotrichen Ciliaten. Mit 7 Tafeln. Kassel 1889.
- 1893 W. SCHEWIAKOFF: Über einen neuen bakterienähnlichen Organismus des Süßwassers. In: Verhandl. Med.-Naturh. Vereins. Heidelberg 1893.
- 1901 W. SCHMIDLE: Neue Algen aus dem Gebiet des Oberrheins. In: Beihefte z. Bot. Centralblatt, Bd. 10 (1901), S. 179—180.
- 1888 A. SCHUBERG: Die Protozoen des Wiederkäuermagens. I. In: Zoolog. Jahrbücher. Abteil. f. Systematik, Bd. 3 (1888).
- 1859 F. STEIN: Charakteristik neuer Infusoriengattungen. In: Lotos, Zeitschrift f. Naturwissenschaften, Bd. IX.
- 1859 F. STEIN: Der Organismus der Infusionsthiere nach eigenen Forschungen in systematischer Reihenfolge bearbeitet. 1. Abteilung: Die hypotrichen Infusionsthiere. Mit 14 Tafeln. Leipzig 1859.
- 1860 F. STEIN: Über die Einteilung der holotrichen Infusionsthiere und einige neuere Gattungen und Arten dieser Ordnung. In: Sitzungsber. d. k. Böhm. Gesellschaft der Wiss. in Prag (1860), S. 56—72.
- 1862 F. STEIN: Der Organismus der Infusionsthiere. II. Abteilung: Naturgeschichte der heterotrichen Infusorien. Mit 16 Tafeln. Leipzig 1862.
- 1895 S. STRODTMANN: Bemerkungen über die Lebensverhältnisse des Süßwasserplankton. In: Forschungsberichte Biolog. Station Plön, Teil 3 (1895), S. 145—179.
- 1913 B. STRZESZEWSKY: Beitrag zur Kenntnis der Schwefelflora in der Umgebung von Krakau. In: Anzeiger der Akademie Krakau, 1913, B., S. 309—334. Mit Tafeln.
- 1910 W. SZAFER: Zur Kenntnis der Schwefelflora in der Umgebung von Lemberg. In: Anzeiger der Akad. der Wissenschaften in Krakau 1910. Math. Klasse. B., S. 161—162. Mit Taf. VI.

- 1869 J. G. TATEM: On a new infusorium. In: Monthly micros. Journal Vol. I (1869), S. 111—118. Taf. IV.
- 1880 VAN TIEGHEM: Observations sur des Bactériacées vertes, sur des Phycochromacées blanches et sur les affinités de ces deux familles. In: Bullet. Soc. Bot. de France, Bd. 27 (1880), S. 174—179.
- 1912 J. VIRIEUX: Sur l'Achromatium oxaliferum Schew. In: Compt. Rend. Acad. d. Sciences. Bd. CLIX (1912), S. 716.
- 1913 J. VIRIEUX: Recherches sur l'Achromatium oxaliferum. In: Ann. Scienc. nat. 9. Serie. Botan. Bd. 18 (1913), S. 265—287.
- 1903 M. VOIGT: Eine neue Gastrotrichenspezies (*Chaetonotus arquatus*) aus dem Schloßparkteich zu Plön. In: Forschungsberichte a. d. Biol. Station Plön. Teil X (1903), S. 90—93.
- 1904 M. VOIGT: Die Rotatorien und Gastrotrichen der Umgebung von Plön. In: Forschungsberichte der Biol. Station Plön. Teil XI (1904), S. 1—175. Taf. I—VII.
- 1876 E. WARMING: Om nogle ved Danmarks Kyster levende Bakterier. In: Videnskab. Meddelelser Naturhist. Forening Kjöbenhavn 1875. S. 307—420 u. Taf. VII—X (mit einem Resumé in franz. Sprache, 35 Seiten).
- 1896 E. WARMING: Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Deutsche Ausgabe von E. KNOBLAUCH. Berlin 1896.
- 1910 E. WEINLAND: Der Stoffwechsel der Wirbellosen. In: Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere, Bd. IV. 2. Hälfte, S. 446 bis 528.
- 1909 G. S. WEST and B. M. GRIFFITHS: *Hillhousia mirabilis*, a great Sulphur Bacterium. In: Proceed. Royal Soc. Botan. Vol. LXXXI (1909), S. 398.
- 1913 G. S. WEST and B. M. GRIFFITHS: The Lime Sulphur-Bacteria of the Genus *Hillhousia*. In: Annals of Botany, Bd. XXVII (1913), S. 83—91.
- 1893 A. WIERZEJSKY: *Atrochus tentaculatus* nov. gen. et spec. Ein Rädertier ohne Räderorgan. In: Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. LV. (1893), S. 696—712. Mit Taf. XXXII.
- 1893 A. WIERZEJSKY: *Floscularia atrochoides* sp. nov. In: Zoolog. Anzeiger, Bd. 16 (1893), S. 312—314.
- 1888 S. WINOGRADSKY: Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Bakterien. Heft I: Zur Morphologie und Physiologie der Schwefelbakterien. 120 Seiten. Mit 4 Tafeln.
- 1911 S. M. WISLOUCH: Über eine durch *Oscillatoria Agardhii* hervorgerufene Wasserblüte, sowie *Spirulina flavovirens*. In: Bullet. Jard. Imp. Bot. St. Petersburg, Bd. XXIV (1911), S. 155—161 (Russisch mit deutschem Resumé).
- 1889 C. ZELINKA: Die Gastrotrichen. In: Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. XLIX (1889), S. 209—384, Taf. XI—XV.
- 1903 ZETTNOW: Beiträge zur Kenntnis von *Spirobacillus gigas*. In: Festschrift für R. Koch, S. 383—388. Mit Taf. VIII.
- 1882 W. ZOPF: Zur Morphologie der Spaltpflanzen (Spaltpilze und Spaltalgen). Leipzig 1882.

Tafelerklärungen.

TAFEL III.

- Fig. 1. *Pelonema tenue* LAUTERBORN — Fadenende. Vergr. 1000.
 Fig. 2. *Pelonema pseudovacuolatum* LAUTERBORN — Fadenende. Vergr. 1000.
 Fig. 3. *Pelonema* (?) *spirale* LAUTERBORN — Fadenende. Vergr. 1000.
 Fig. 4. *Peloploca undulata* LAUTERBORN — Ende eines Fadenbündels. Vergr. 1000.
 Fig. 5. *Peloploca undulata* LAUTERBORN — Einzelzelle: zeigt den wandständigen dünnen Plasmabelag und die durch zarte Plasma-
brücken abgegrenzten vakuolenartigen Binnenräume. Sehr stark vergr.
 Fig. 6. *Peloploca taeniata* LAUTERBORN — Ende eines Fadenbündels. Vergr. 1000.
 Fig. 7. *Peloploca taeniata* LAUTERBORN — Einzelzelle mit der inneren Struktur (wie bei Fig. 5). Sehr stark vergrößert.
 Fig. 8—11. *Achromatium oxaliferum* SCHEWIAKOFF. — Vergr. 600.
 Fig. 8. Gewöhnliche Zelle, strotzend mit den Binnenkörpern erfüllt.
 Fig. 9. Fortschreitende Korrosion der Binnenkörper. Sichtbarwerdung des grobschaumigen Plasmagerüsts mit kleinen Schwefelkügelchen, besonders in den Knotenpunkten des Maschenwerkes.
 Fig. 10. Binnenkörper fast völlig verschwunden. In dem sehr deutlichen plasmatischen Gerüstwerk zahlreiche Schwefelkügelchen.
 Fig. 11. „*Achromatium mobile*“ LAUTERBORN. Schwärmende Zellen, vielleicht in den Entwicklungskreis von *Achr. oxaliferum* gehörig. — Vergr. 700.
 Fig. 12—14. *Thiovulum* (*Thiophysa*?) *Mülleri* WARMING spec. Vergr. 1000.
 Fig. 12. Schwärmende Zelle, an einem Pole mit dunklen Schwefelkügelchen.
 Fig. 13. Beginn der Teilung durch einseitige Einschnürung.
 Fig. 14. Eben vollendete Teilung.
 Fig. 15. *Pelosigma palustre* LAUTERBORN — Vergr. 1000.
 Fig. 16. *Spirophis minima* WARMING spec. — Fadenende. Vergr. 1000.
 Fig. 17. *Spirophis minima* WARMING spec. — Fadenstück, stärker vergrößert.
 Fig. 18. *Pelosphaera rotans* LAUTERBORN — Optischer Durchschnitt durch eine junge Kolonie. Vergr. 1000.
 Fig. 19. *Pelosphaera rotans* LAUTERBORN — Optischer Durchschnitt durch eine ältere Kolonie. Die vergrößerten Zellen der einen Kugelhälfte zeigen stark lichtbrechende Einschlüsse (Sporen). Vergr. 1000.
 Fig. 20. *Mastigamoeba trichophora* LAUTERBORN — Vergr. 500.
 Fig. 21. Skizze eines wahrscheinlich in den Entwicklungskreis von *Caenomorpha medusula* gehörenden Infusors.

- Fig. 22. *Lyngbya Hieronymusii* LEMMERMAN? — Fadenende. Vergr. 600.
- Fig. 23. *Oscillatoria chlorina* KÜTZING var. *perchlorina* LAUTERBORN — Fadenende, die Querstreifung sowie die farblose plasmatische Endkuppe zeigend. Vergr. 800.
- Fig. 24. *Oscillatoria Lauterbornii* SCHMIDLE. — Fadenende mit den sehr deutlichen Pseudovakuolen. — Vergr. 800.
- Fig. 25. *Oscillatoria putrida* SCHMIDLE. — Fadenende. Vergr. 1000.
- Fig. 26. *Pseudanabaena constricta* SZAFFER spec. — Stück eines Fadens. Vergr. 1000.
- Fig. 27. *Pseudanabaena catenata* LAUTERBORN. — Stück eines Fadens. Vergr. 1500.
- Fig. 28. *Pelochromatium roseum* LAUTERBORN. — a) schwärmende Kolonie. b) beginnende Teilung. c) optischer Querschnitt. Vergr. 1700.
- Fig. 29—37. *Chlorobakterien*.
- Fig. 29. *Schmidlea luteola* SCHMIDLE spec. — Kleine Kolonie, mit vakuolenartigen Räumen im Innern. Vergr. 1000. Daneben Einzelzelle sehr stark vergrößert.
- Fig. 30. *Pelogloea bacillifera* LAUTERBORN. — Kleine Kolonie. Vergr. 1000.
- Fig. 31. *Pelogloea bacillifera* LAUTERBORN. — Einzelzellen, z. T. in Teilung, sehr stark vergrößert.
- Fig. 32. *Pelogloea chlorina* LAUTERBORN. — Kleine Kolonie. Vergr. 1000.
- Fig. 33. *Pelodictyon clathratiforme* SZAFFER spec. — Stück eines netzartig durchbrochenen Verbandes. Vergr. 1000.
- Fig. 34. *Amoeba chlorochlamys* LAUTERBORN, mit ihrem gelbgrünen Mantel von Chlorobakterien (*Chlorobacterium symbioticum* LAUTERBORN). Vergr. 1000.
- Fig. 35. *Amoeba chlorochlamys* LAUTERBORN. — Optischer Durchschnitt. An der Spitze des Pseudopodiums weicht der Besatz von Chlorobakterien fiederförmig auseinander. Vergr. 1000.
- Fig. 36. Farbloser Flagellat (*Mastigamoeba*?) von einem gelbgrünen Mantel von Chlorobakterien umschlossen. Vergr. 1000.
- Fig. 37. *Chlorochromatium aggregatum* LAUTERBORN. — a) Schwärmende Kolonie. b) Beginnende Teilung. c) Optischer Querschnitt. Vergr. 1500.

Alle Figuren sind nach dem Leben gezeichnet.

