

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

(Aus der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt, München.)

Weitere Beiträge zur Kenntnis der Protozoen- fauna des Faulschlammes der Bleilochsperre.

Von

H. Liebmann.

Mit 11 Abbildungen im Text.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einleitung	273
II. Material und Methodik	274
III. Beschreibung der gefundenen Protozoen	277
1. Rhizopoden	277
a) <i>Pelomyxa palustris</i>	277
b) <i>Diffugia pyriformis</i> ?	279
c) <i>Diffugia</i> ? spec.	280
2. Flagellaten	281
d) <i>Astasia curvata</i>	281
e) <i>Distigma pseudoproteus</i>	282
f) <i>Tetramitus pyriformis</i>	282
g) <i>Trigonomonas compressa</i>	283
h) <i>Bodo globosus</i>	284
i) <i>Monas sociabilis</i>	285
3. Ciliaten	287
k) <i>Enchelyodon sulcatus</i>	287
4. Suctorien	288
l) <i>Sphaerophrya soliformis</i>	288
IV. Zusammenfassung	290
V. Literaturverzeichnis	290

I. Einleitung.

Die im Jahre 1936 durchgeführten Untersuchungen an Deutschlands größter Talsperre, der Bleilochsperre (obere Saale), hatten zu dem Ergebnis geführt, daß die Ursachen der schlechten Wasserbeschaffenheit des Stausees in dem regelmäßigen Einleiten großer Abwassermengen aus einer Sulfitecellulosefabrik zu suchen sind (vgl. LIEBMANN, 1937). In einer Abhandlung über „Biologie und Chemismus der Bleilochsperre“ (LIEBMANN, 1938) sind die Folgen dieser Abwassereinleitung auf die Lebewelt des Wassers ausführlich beschrieben worden. Genaue Angaben über die örtlichen Gegebenheiten sowie über die einzelnen biologischen und chemischen Untersuchungen sind in der obengenannten Abhandlung zu finden. An dieser Stelle sollen nur die Befunde nochmals kurz erwähnt werden, die für die vorliegenden Ausführungen wichtig sind.

Die Talsperre ist durch das dauernde Einleiten der Sulfitecelluloseabwässer (über deren Zusammensetzung s. LIEBMANN 1938) bereits wenige Jahre nach Staubeinbruch zu einem Schwefelsee geworden. Es kommt im Staubecken zu großen Faulschlammablagerungen und zu starker Schwefelwasserstoffentwicklung. 12 mg/l H_2S sind keine Seltenheit. Im Gegensatz zu bisher bekannten natürlichen Schwefelseen weicht allerdings die Bleilochsperre in der Lagerung der H_2S -haltigen Schichten in vielen Punkten ab. Durch die besonderen Zu- und Abflüsse des Stausees bedingt, kommt es während der Sommerstagnation im unteren, tiefen Teil des Sees sowohl in einer Grundzone als auch in einer Schicht nur wenige Meter unter der Oberfläche zu starker Schwefelwasserstoffentwicklung, wobei in der oberen Zone weit höhere Schwefelwasserstoffwerte als in der unteren festgestellt werden (vgl. Abb. 1). Die Untersuchungen haben ergeben (vgl. LIEBMANN, 1938), daß die Schwefelwasserstoffentwicklung der Grundzone hauptsächlich von sulfatreduzierenden Bakterien abhängig ist, die auch bei Temperaturen unter $10^{\circ}C$ noch ihnen zusagende Lebensbedingungen finden, während der Schwefelwasserstoff der sog. Zwischenschicht vornehmlich von den sich zersetzenden Eiweißen der Fabrikabwässer stammt, einem Abbauprozess, an dem meist solche Bakterien beteiligt sind, die erst bei Temperaturen über $10^{\circ}C$ gute Entwicklungsmöglichkeiten finden.

Die Untersuchungen des Bodenschlammes der Bleilochsperre haben, besonders protozoologisch, interessante Ergebnisse erbracht; denn es gelang, im Faulschlamm des bis zu 57 m tiefen Sperrsees eine mannigfaltige und charakteristische Sapropelfauna nachzuweisen.

Dies ist um so interessanter, als man bei hydrobiologischen Studien an Schwefelseen bisher immer nur von „tierleerem“ oder gar „sterilem“ Schlamm gesprochen hat. Es gelang, an der Bleilochsperre zum erstenmal nachzuweisen, daß auch der Faulschlamm tiefer Seen zahlreiche Tiere beherbergt. Ich habe in der obengenannten Abhandlung (LIEBMANN, 1938) zunächst die ciliaten Vertreter, die im Grundschlamm der Bleilochsperre vorkommen, beschrieben, habe aber bereits erwähnt, daß neben diesen auch Rhizopoden und Flagellaten vorkommen, die nur damals aus Zeitmangel nicht mit berücksichtigt werden konnten.

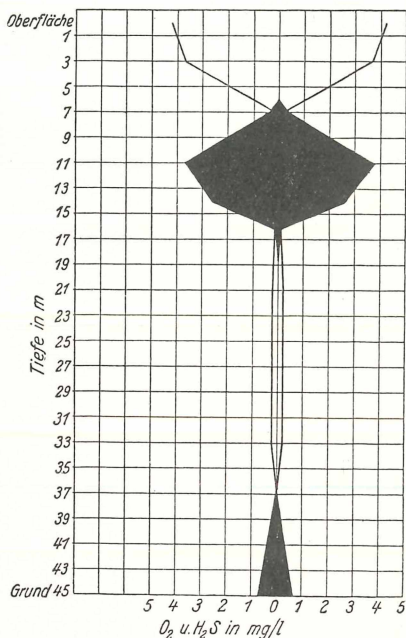


Abb. 1. Die Verteilung von O_2 und H_2S in der Bleilochsperre bei Saalburg am 21. August 1936. Weiß = Sauerstoff, schwarz = Schwefelwasserstoff.
(Aus LIEBMANN, 1937.)

durch weitere Studien zu vervollständigen hoffe. Außer den Rhizopoden und Flagellaten werden im folgenden noch eine Ciliate und eine Suctorie mit beschrieben, die mir bei den vorjährigen Studien entgangen waren.

II. Material und Methodik.

In der zusammenfassenden Arbeit über die Bleilochsperre (LIEBMANN, 1938) sind bereits die Schwierigkeiten erwähnt, die einer systematischen Untersuchung des Faulschlammes der Saaletalsperre

aber bereits erwähnt, daß neben diesen auch Rhizopoden und Flagellaten vorkommen, die nur damals aus Zeitmangel nicht mit berücksichtigt werden konnten. 1937 bot sich die Möglichkeit, die Protozoenstudien an der Bleilochsperre fortzusetzen. Ich benutzte die Gelegenheit, um die Rhizopoden und Flagellaten des Faulschlammes der Bleilochsperre zu studieren. Durch die Schwierigkeiten, die sich bei der Probeentnahme ergeben, sowie durch die Größe des Untersuchungsgebietes bedingt, kann die im folgenden gegebene Beschreibung der Rhizopoden und Flagellaten des Stausees nicht den Anspruch erheben, alle vorkommenden Arten zu erfassen. Die Abhandlung stellt vielmehr nur einen Beitrag zur Protozoenfauna der Bleilochsperre dar, den ich von Zeit zu Zeit

entgegenstehen. So ist es bisher nicht möglich gewesen, genaue Anhaltspunkte über die Verteilung der Faulschlammprotozoen im 28 km langen Stausee zu gewinnen. In den tieferen Schlammsschichten werden die Sapropelciliaten wohl das ganze Jahr über gefunden, deren Besiedlungsdichte aber ist jahreszeitlich verschieden (vgl. LIEBMANN 1938). Es konnte bisher nur festgestellt werden, daß die Faulschlammciliaten dann am häufigsten zu finden sind, wenn die sog. Schmutzwasserwelle am Grunde bis zu der betreffenden Fundstelle vorgedrungen ist. Da die mit dem Grundstrom herangeführte große Menge organischer Substanz sowie die stärkere H_2S -Entwicklung für die Faulschlammciliaten besonders günstige Lebensbedingungen zu liefern scheinen, werden auch die diesjährigen Studien erst dann vorgenommen, wenn im Faulschlamm die höchsten H_2S -Werte zu erwarten sind, und dies ist gewöhnlich in der Zeit von Anfang September bis Mitte Oktober der Fall. Dabei wird angenommen, daß für die Besiedlungsdichte der Rhizopoden und Flagellaten die gleichen Bedingungen wie für die Ciliaten wichtig sind.

Eine gewisse Schwierigkeit, die Protozoenfauna der Bleilochsperre in verschiedenen Jahren vergleichsweise zu studieren, liegt darin, daß sich die Umweltsbedingungen für die Sapropelprotozoen im See bisher von Jahr zu Jahr geändert haben, da durch das dauernde Einleiten der Sulfitecelluloseabwässer eine steigende H_2S -Entwicklung im Stausee erfolgt. Es ist deshalb denkbar, daß man in einem Jahr bei 8 mg/l H_2S Organismen findet, die im folgenden Jahr bei 12 mg/l H_2S und noch mehr nicht wieder auftreten. Durch diese dauernden Veränderungen im Chemismus des Seewassers bzw. -schlammes ergibt sich aber die Möglichkeit, den Einfluß der zunehmenden H_2S -Anreicherung eines Stausees auf die Fauna des Faulschlammes zu studieren. Zwischen der vor- und diesjährigen Untersuchung können wesentliche faunistische Veränderungen im Bodenschlamm der Bleilochsperre kaum erfolgt sein, obwohl der H_2S -Gehalt des Schlammes an manchen Stellen im See zugenommen hat; denn es werden auch in diesem Jahr alle die Sapropelciliaten in ungefähr gleicher Verteilung und Besiedlungsdichte wiedergefunden, wie sie von der ersten eingehenden Untersuchung beschrieben worden sind.

Es sei noch erwähnt, daß auch diesmal bei den bereits beschriebenen Sapropelciliaten eine überraschende Variationsbreite angetroffen wird, daß es sich also bei den früher festgestellten Formveränderlichkeiten innerhalb einer Art nicht um Zufälligkeiten oder gar um degenerierte Formen gehandelt haben kann, sondern daß das Auftreten von stark abweichenden Tieren (vielleicht Übergangs-

formen!) durchaus nicht selten ist. Es ist deshalb auch in der vorliegenden Abhandlung davon abgesehen worden, neue Arten aufzustellen, obwohl sich bei vielen Protozoen Abweichungen zu bisher bekannten Formen ergeben, und man unschwer neue Arten hätte aufstellen können. Ich glaube aber, daß der Forschung damit wenig gedient ist, und daß das dauernde Aufstellen neuer Arten — obwohl oft genug keine zwingenden Gründe dafür vorhanden sind — die bei den Protozoen bis zu einem gewissen Grade vorhandene Unübersichtlichkeit in der Systematik nur noch steigert. Es ist in der Protozoologie dringend erforderlich, daß der Artbegriff straffer als bisher gefaßt wird, und daß es nicht mehr vorkommt, daß neue Arten (ich denke dabei besonders an die Ciliaten) aufgestellt werden, weil geringe Abweichungen in Lage und Form des Macronucleus, in der Länge der Schwanzcilien oder in der Größe festgestellt werden. Die von mehreren Forschern festgestellte Formveränderlichkeit bei verschiedenen Protozoen (bei Faulschlammciliaten siehe LAUTERBORN, 1914—17 und WETZEL, 1928) und die neuerdings an der Bleilochsperre wiederholt gemachten Beobachtungen über die Variationsbreite der Ciliaten zwingen dazu, mit dem Aufstellen neuer Arten sehr vorsichtig zu sein.

Die Ursachen für die Bildung des Faulschlammes und dessen Zusammensetzung sind an anderer Stelle bereits beschrieben worden (vgl. LIEBMANN, 1938). Es sei nur nochmals hervorgehoben, daß es sich nicht um einen festen Faulschlamm, sondern um einen lockeren Schwimmschlamm handelt, der mitunter in einer Schicht von mehreren Metern Mächtigkeit den Boden des Stausees bedeckt.

Das Sammeln des Materials erfolgt wieder in derselben Weise, wie es bereits beschrieben wurde (vgl. LIEBMANN, 1938). Auch bei den diesjährigen Untersuchungen erweist es sich als ganz besonders wichtig, den mit der Schöpfflasche oder mit dem Schlammstecher gehobenen Schlamm möglichst sofort ohne Zusatz irgendwelcher Chemikalien mikroskopisch zu untersuchen; denn die Faulschlammorganismen sind gegenüber feinsten chemischen Veränderungen außerordentlich empfindlich und nehmen schon nach wenigen Stunden anormale Formen an oder platzen gar. Soweit Tiere fixiert werden, geschieht dies nach der bereits bewährten Methode: Fixieren im hängenden Tropfen in Dämpfen mit 2proz. Osmiumsäure, Kernfärbung mit 0,1 proz. Methylgrün + 1 proz. Essigsäure.

Bei den einzelnen Probeentnahmen wird besonderer Wert auf die Feststellung des p_H , des Schwefelwasserstoffs und des Sauer-

stoffs an der Fundstelle gelegt. Leider sind nur von wenigen Autoren, die sich mit den Faulschlammprotozoen befaßt haben, genaue Angaben über die chemische Beschaffenheit des Schlammes gemacht worden. Meistens begnügte man sich damit zu erwähnen, daß H_2S im Schlamm vorhanden ist. Sicher ist aber für die Verbreitung der Faulschlambewohner die Beschaffenheit des Faulschlammes von größter Bedeutung und darf deshalb bei protozoologischen Studien nicht vernachlässigt werden. Unter dem auf S. 278 abgebildeten Längsschnitt der Bleilochsperre (Abb. 2) sind darum bei den einzelnen Fundstellen die Ergebnisse der chemischen Untersuchung mit angegeben worden.

Zur p_H -Bestimmung wird wieder der HELBIGE-Universal-kolorimeter benutzt, desgl. zur Schwefelwasserstoffbestimmung (vgl. LIEBMANN, 1938). Letztere Methode erwies sich mit den beschriebenen Abänderungen bei den vielen Serienuntersuchungen, die angestellt werden mußten, als durchaus brauchbar und ist darum besonders vorteilhaft, weil mit ihr die H_2S -Bestimmungen an Ort und Stelle sofort durchgeführt werden können. Der Sauerstoff wird nach der Acidmethode von ALSTERBERG (MAUCHA, 1932) bestimmt.

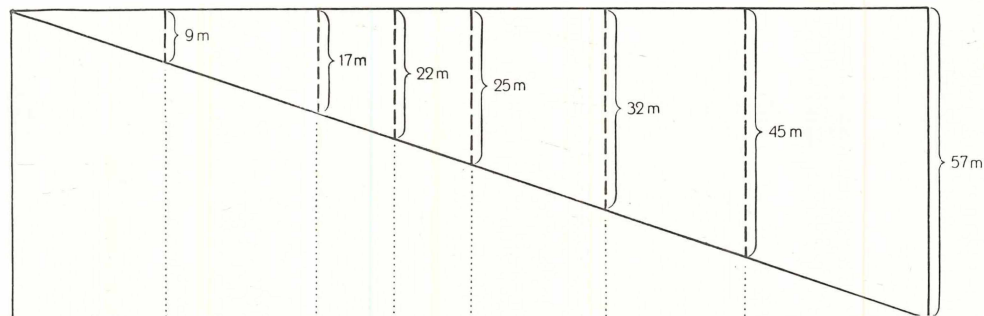
III. Beschreibung der gefundenen Protozoen.

1. Rhizopoden.

Pelomyxa palustris, GREEF, 1874.

Diese Amöbe kommt von allen im Faulschlamm der Bleilochsperre lebenden Protozoen am häufigsten vor und ist im gesamten Staugebiet überall dort anzutreffen, wo sich Schlammansammlungen befinden. Ich kann LAUTERBORN'S (1914—17, p. 440) Beobachtung bestätigen, daß der Rhizopode nie auf der Oberfläche des Schlammes, sondern stets nur innerhalb desselben vorkommt. Die Amöbe, die auch während der vorjährigen Untersuchungen häufig beobachtet wurde, wird auch noch im Schlamm bei 12,63 mg/l H_2S gefunden (0,00 mg/l O_2 , $p_H=6,20$). Im Gegensatz zu den streng anaerob lebenden Saproelciliaten des Grundschlammes erweist sich *Pelomyxa palustris* gegenüber einem plötzlichen Wechsel von O_2 -freiem zu O_2 -haltigem Wasser als weniger empfindlich. Jedenfalls konnten bei Exemplaren, die aus H_2S -haltigem und O_2 -freiem Schlamm in H_2S -freien und O_2 -haltigen übergeführt wurden, nach 8 Stunden Aufenthalt in letzterem noch keinerlei Schädigungen wahrgenommen werden.

Tiefe in Metern bei Vollstau



Chem. Unters.-Grund		Fabrik	Harra	Mühlberg	Saaldorf	Heinrichstein	Zoppothen	Saalsburg	Sperrmauer
	Temp. O ₂ H ₂ S pH		12,0° 0,00 mg/l Spuren 6,20	14,2° 0,00 mg/l 8,06 „ 6,47	13,7° 0,00 mg/l 6,18 „ 6,50	13,1° 0,00 mg/l 12,63 „ 6,35	9,4° 0,00 mg/l 5,88 „ 6,45	8,0° 0,00 mg/l 1,00 „ 6,30	7,4° 0,00 mg/l Spuren 6,35
Biol. Unters.-Grund	<i>Pelomyxa palustris</i>		+	+	+	+	+	+	+
	<i>Diffugia pyrif.</i>		—	—	—	+	+	+	—
	<i>Diffugia spec.</i>		—	—	—	+	+	+	—
	<i>Astasia curvata</i>		+	+	+	+	+	+	+
	<i>Distigma pseudopr.</i>		+	+	+	+	+	+	+
	<i>Tetramitus pyrif.</i>		—	—	—	+	+	+	—
	<i>Trigonomonas compr.</i>		—	+	+	+	+	+	—
	<i>Bodo globosus</i>		+	+	+	+	—	—	—
	<i>Monas sociabilis</i>		+	+	+	+	+	+	—
	<i>Enchelyodon sulc.</i>		—	+	+	—	—	—	—
	<i>Sphaerophrya solif.</i>		+	+	+	—	—	—	—

Abb. 2. Schematischer Längsschnitt der Bleilochsperre bei Vollstau mit Angaben der Fundorte der beschriebenen Protozoen und der an diesen Stellen am 5. Oktober 1937 gemessenen O₂-H₂S- und p_H-Werte am Grund.

Diffflugia pyriformis? PERTY (Abb. 3 a u. b).

Für diese wiederholt gefundene *Diffflugia* ist der Schalenbau charakteristisch, der bei allen studierten Formen die in Abb. 3 a wiedergegebene Form zeigt: 100 μ lang, 70—80 μ breit, walzenförmig, nicht seitlich zusammengedrückt, hinten leicht zugespitzt, vorn breit abgestutzt, ohne umgeklappten vorderen Rand und mit drei auffallenden Zacken versehen. Die Schale besteht aus Fremdkörpern (Schlammpartikel, Cellulosefasern und Steinchen) und ist nicht mit Schuppen bedeckt. Die Pseudopodienöffnung liegt in der Mitte der vorderen Abstutzung. Die *Diffflugia* besitzt typische Lobopodien

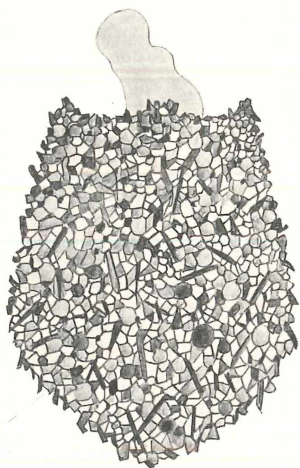


Abb. 3 a. *Diffflugia pyriformis*? PERTY, 1852. Ok. LEITZ 4, Obj. LEITZ $\frac{1}{12}$ Ölimm.

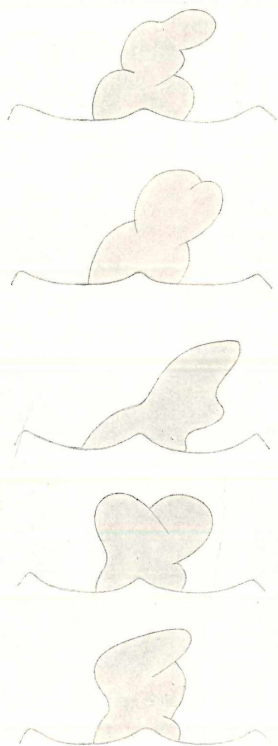


Abb. 3 b. *Diffflugia pyriformis*? PERTY, 1852. Bewegungsskizzen der Pseudopodien. Ok. LEITZ 4, Obj. LEITZ 8.

(s. Abb. 3 b) ohne Körnchenströmung, die nie fadenförmig endigen. Das Tier wird regelmäßig im Grundschlamm des mittleren Seeteils zwischen Heinrichstein und Saalburg (vgl. Abb. 2, S. 278) gefunden und ist im obersten und untersten Teil des Stausees bisher noch nicht beobachtet worden. Es kommt noch bei einem Gehalt von 12,63 mg/l H_2S vor (0,00 mg/l O_2 , $p_H = 6,35$). Wie *Pelomyxa palustris*, so wird auch *Diffflugia pyriformis* wiederholt in H_2S -freies und O_2 -haltiges Schlammwasser übergeführt, und es zeigt sich, daß bereits nach 3 bis

4 Stunden Aufenthalt in letzterem die Fließbewegungen der Pseudopodien nachlassen und schließlich ganz aufhören. *Diffflugia pyriformis* ist demnach gegenüber chemischen Veränderungen in der Kulturflüssigkeit empfindlicher als *Pelomyxa palustris*.

Pseudopodienform und Schalenstruktur sprechen dafür, daß es sich bei der vorliegenden Form um *Diffflugia pyriformis* handelt, wenngleich, meines Wissens, bisher keine *Diffflugia pyriformis* beschrieben worden ist, welche konstant die charakteristische Dreizackigkeit des scharf abgestutzten Vorderendes wie die vorliegende Form zeigt. Zahlreiche Beobachtungen anderer Autoren und auch

eigene stimmen aber darin überein, daß die Schalenform von *Diffflugia pyriformis* außerordentlich variabel ist und die verschiedensten Formen von rundlich bis halsartig ausgezogen und birnenförmig aufweisen kann, so daß es sich bei der beschriebenen Form wohl ebenfalls um eine Variation von dieser Amöbe handeln wird.

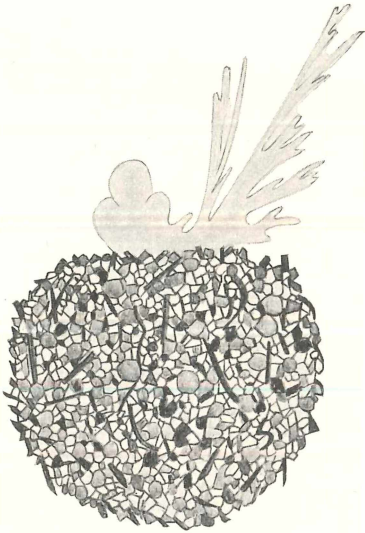


Abb. 4. *Diffflugia?* spec. Ok. LEITZ 4,
Obj. LEITZ $\frac{1}{12}$ Ölimm.

Diffflugia? spec. (Abb. 4).

Die konstant beobachtete Schalenform und -struktur dieser Thecamöbe ist folgende: 60—70 μ lang und fast ebenso breit, beinah rund, nicht seitlich zusammengedrückt, hinten ohne Zuspitzung, vorn breit abgestutzt und ohne umgeklappten Rand. Die Schale besteht aus denselben Fremdkörpern wie bei der oben beschriebenen *Diffflugia pyriformis* und ist ebenfalls nicht mit Schuppen versehen. Wie bei *Diffflugia pyriformis* so liegt auch bei *Diffflugia spec.* die Pseudopodienöffnung in der Mitte der vorderen Abstützung. Die Plasmafortsätze, die keine Körnchenströmung aufweisen, sind sowohl Lobopodien als auch retikulo-lobose Pseudopodien (vgl. DE SAEDELEER, 1934), was mir besonders bemerkenswert erscheint. Ich habe die verschiedenartigen Pseudopodien bei mehreren Tieren beobachtet, so daß ein Irrtum als ausgeschlossen gelten kann. Für Vorkommen, Verhalten gegenüber O_2 und H_2S gilt für diese Form das gleiche, wie es bereits von *Diffflugia pyriformis* festgestellt worden ist (vgl. S. 279 u. Abb. 2, S. 278). Nach Schalenbau und -struktur gehört

die beschriebene Amöbe zu den Diffflugien (Eulobosa), denn die Schale ist vollständig aus Fremdkörpern zusammengesetzt, die mit einer bräunlichen Kittsubstanz zusammengefügt sind. Nach der Form der Pseudopodien aber gehört die Amöbe zu den Reticulobosa (s. DE SAEDELEER, 1934) und stimmt von diesen mit *Phyryganella paradoxa*, PENARD, 1902, am meisten überein. Von dieser ist das Vorkommen sowohl von dicken, fingerförmigen, als auch von spitzen, fadenähnlichen Pseudopodien nachgewiesen. Um *Phyryganella paradoxa* kann es sich aber bei der vorliegenden Form nicht handeln, da deren Schalenfremdkörper regelmäßig einander berühren und innerhalb der sichtbaren Schale kein regelmäßiges organisches Integument vorhanden ist (s. DE SAEDELEER, 1934). Die beschriebene Thecamöbe läßt erneut die Schwierigkeiten erkennen, die sich oft bei der Bestimmung von Amöben einstellen und zeigt, daß trotz aller Bemühungen, die Rhizopoden systematisch zu ordnen, doch immer wieder Formen auftreten, die sich nur schwer einordnen lassen.

2. Flagellaten.

Astasia curvata, KLEBS, 1883 (Abb. 5).

Die gefundenen Formen sind alle flach, stabförmig. Der Körper ist auffallend starr und zeigt nicht die sonst bei Astasiaceen häufige Metabolie. Das Vorderende ist etwas verschmälert und schwach abgestutzt, das Hinterende ist leicht ausgezogen. Die Länge der Zellen schwankt zwischen 30—40 μ , die Breite zwischen 4—5 μ . Die Membranstreifung ist schraubig und nur sehr schwer zu erkennen. Die Geißel ist fast körperlang. Der Zellkern (oval bis rund, im Durchmesser 3 μ) liegt etwa in der Körpermitte und ist selbst an gefärbten Tieren nur schwer sichtbar. Ein Stigma wird nicht gefunden. Die länglichen, kleinen Paramylonkörner liegen im Plasma unregelmäßig verstreut, fehlen jedoch am Vorder- und Hinterende. Die Tiere bewegen sich langsam kriechend zwischen den Schlammpartikeln. Sie werden überall im Faulschlamm der Bleilochsperre gefunden und kommen noch bei 12,63 mg/l H_2S , 0,00 mg/l O_2 und $p_H=6,35$ vor (vgl. Abb. 2, S. 278). Gegenüber plötzlichen Veränderungen der Kulturflüssigkeit erweisen sie sich völlig unempfindlich



Abb. 5. *Astasia curvata*
KLEBS, 1893.
Ok. LEITZ 4,
Obj. LEITZ
1/12 Ölimm.

und können ohne merkliche Schädigungen aus stark H_2S -haltigem Schwimmschlamm in H_2S -freien und O_2 -haltigen gebracht werden. Von den typischen Vertretern von *Astasia curvata* fallen die gefundenen Zellen durch ihre Starrheit auf, die für sie eigentlich nicht typisch ist. Doch erwähnt auch PRINGSHEIM (1936), daß bei *Astasia curvata* mitunter Formen auftreten, deren Körper aus noch unbekannten Gründen starr ist. Die Körperstarrheit scheint nach diesen übereinstimmenden Beobachtungen bei *Astasia curvata* demnach öfters aufzutreten.

***Distigma pseudoproteus*, PRINGSHEIM, 1936.**

Von dieser Form kann ich mir eine Beschreibung ersparen, da die von PRINGSHEIM (1936) beschriebene Art genau mit der in der Bleilochsperre gefundenen *Distigma* übereinstimmt. Wie PRINGSHEIM bereits hervorgehoben hat, ist die ruckweise und zittrige Schwimmweise von *Distigma pseudoproteus* in der Tat ein gutes Kennzeichen für diese Art. Für Fundorte und Empfindlichkeit gegenüber plötzlichen Umweltveränderungen gilt für *Distigma pseudoproteus* das gleiche, wie es bereits für *Astasia curvata* gesagt wurde.

***Tetramitus pyriformis*, KLEBS, 1893**
(Abb. 6).

Die Zellen (15—20 μ lang, 5—8 μ breit) sind sichelförmig, vorn breit abgerundet, seitlich etwas vorgebogen und basal spitz ausgezogen. Die Mundfalte beginnt unterhalb des vorgebogenen Vorderendes und reicht fast bis zum spitz ausgezogenen Hinterende. Die Ränder der länglichen

Abb. 6. *Tetramitus pyriformis*
KLEBS, 1893. Ok. LEITZ 4,
Obj. LEITZ $\frac{1}{12}$ Ölimm.

Mundfalte springen scharf vor. Das Tier besitzt 4 ungleich lange Geißeln, die alle dicht über dem vorderen Mundrand in einer kleinen, grubenartigen Vertiefung entspringen. Es sind vorhanden: eine etwa körperlange Schleppgeißel, zwei halbkörperlange Geißeln und eine etwa $\frac{2}{3}$ körperlange Schwimmgeißel. Der runde Kern liegt etwas seitlich am Vorderende, die Vakuole im hinteren Körperdrittel. Das Plasma ist farblos und enthält nur wenige punktförmige Einschlüsse. Die Tiere bewegen sich schnell rotierend durch

den lockeren Schlamm. Sie treten häufig zwischen dem Heinrichstein und Saalburg auf (s. Abb. 2, S. 278) und sind auch noch bei 12,63 mg/l H_2S und $p_H=6,30$ zu finden ($O_2=0,00$ mg/l). Gegenüber plötzlichen Umweltveränderungen erweisen sie sich empfindlicher als die beiden vorher beschriebenen Flagellaten. Die beschriebene Form weicht in der Gestalt von KLEBS *Tetramitus pyriformis* stark ab, doch wird es sich wohl nur um eine starke Abänderung von KLEBS Form und nicht um eine neue Art handeln; denn nach KLUG (1936) werden bei *Tetramitus pyriformis* verschiedene Abänderungen von der KLEBSschen Form festgestellt, und die beschriebene Art stimmt gut mit der KLUGschen mondförmigen Abänderung von *Tetramitus pyriformis* überein (KLUG, 1936).

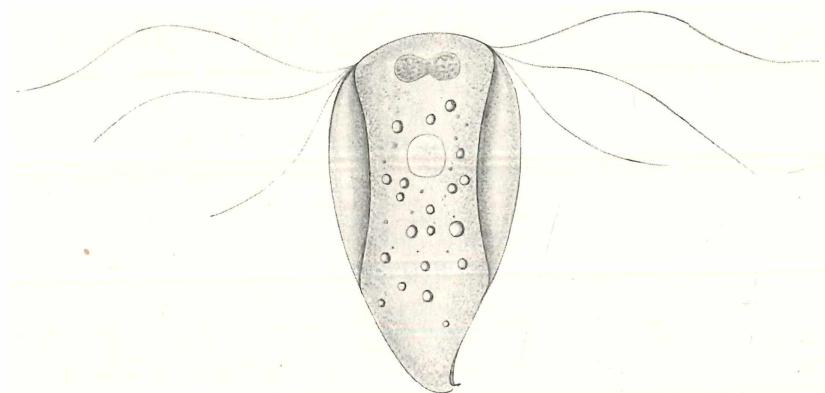


Abb. 7. *Trigonomonas compressa* KLEBS, 1893. Ok. LEITZ 4, Obj. LEITZ $\frac{1}{12}$ Ölimm.

***Trigonomonas compressa*, KLEBS, 1893 (Abb. 7).**

Diese Flagellate (24—33 μ lang, 10—16 μ breit) ist stark abgeplattet und mehr oder weniger deutlich ausgeprägt dreieckig. Das Vorderende ist breit gerundet, während das Hinterende in eine oft schraubig verdrehte Spitze ausläuft. An den beiden Schmalseiten liegt je eine eiförmige Grube, an deren oberen Enden die Mundstellen liegen. Am oberen Rand der 2 Mundstellen entspringen in einer grubenartigen Vertiefung je 3 Geißeln. Die 3 Geißeln jedes Paares sind alle ungleich lang, je eine fast körperlang, eine $\frac{2}{3}$ - und eine knapp $\frac{1}{2}$ körperlang. Die Geißeln schlagen nach allen Richtungen, keine schleppt nach. Der, wie KLEBS (1893) treffend sagt: „semmelförmige“ Kern besteht aus 2 Teilen und liegt dicht unterhalb des Vorderendes, die kontraktile Vakuole liegt etwa in der Körpermitte. Das Plasma ist durchsichtig und mit zerstreut liegenden ölartigen

Tropfen gefüllt. Nach KLEBS (1893) werden die aufgenommenen Bakterien, von denen sich *Trigonomonas compressa* nährt, in rundliche, lichtbrechende Kugeln verwandelt, um die es sich bei den von mir beobachteten Einschlüssen handeln könnte. Doch habe ich diesen Umwandlungsprozeß nie beobachten können und muß deshalb die Frage nach der Herkunft der Einschlüsse offen lassen. Die Tiere bewegen sich gleichmäßig rotierend durch das Wasser, liegen jedoch auch mitunter zitternd an einer Stelle längere Zeit still. Sie treten im Stausee zwischen Mühlberg und Saalburg auf (s. Abb. 2, S. 278). Man findet sie nicht selten bei 12,63 mg/l H_2S und $p_H = 6,20$ ($O_2 = 0,00$ mg/l). Bei plötzlichen Umweltveränderungen reagieren sie wie *Tetramitus pyriformis* (vgl. S. 283). Bereits KLEBS (1893) erwähnt die starke Formveränderlichkeit dieser Flagellate, und es ist deshalb nicht verwunderlich, daß meine Form von der KLEBSSchen Form etwas abweicht. Auch KLUG (1936), der neuerdings *Trigonomonas compressa* öfter in Wasser fand, das durch die Abflüsse aus Schlachthäusern verunreinigt war, bestätigt die Formveränderlichkeit dieses Tieres und gibt davon mehrere Beispiele.

***Bodo globosus* STEIN, 1878 (Abb. 8).**

Die Bodonacee (25 μ lang, 20 μ breit) besitzt einen sehr metabolischen Körper, so daß die Form des Tieres zwischen eiförmig und fast kugelig schwankt. Doch überwiegt bei den wenigen Exemplaren, die gefunden werden, die in Abb. 8 wiedergegebene eiförmige Gestalt mit dem breit gerundeten Basalteil und dem spitzen, zapfenartigen Vorderende, das besonders bei der Nahrungsaufnahme, die ich öfters beobachten konnte, deutlich zu sehen ist. Am Vorderende liegt eine kleine Geißelgrube, der 2 Geißeln, eine fast körperlange Schwimmgeißel und eine $1\frac{1}{2}$ körperlange Schleppgeißel entspringen. Der Bläschenkern, selbst bei gefärbten Tieren nur schwer zu erkennen, liegt im vorderen Körperdrittel, desgl. die kontraktile Vakuole. Das Plasma der gefundenen Bodonaceen ist über und über mit tropfenförmigen, stark lichtbrechenden Einschlüssen gefüllt, die mitunter rotbraun gefärbt sind. KLEBS (1893) hat genau beschrieben, wie *Bodo globosus* Spirogyra-Oedogoniumzellen usw. in sich aufnimmt, und ich kann seine Beobachtungen betreffs der Nahrungsaufnahme vollauf bestätigen. Nur bohren die Bodonaceen, die im Grundschlamm der Bleilochsperre leben, nicht die von KLEBS (1893) erwähnten Algenarten an, sondern sie nehmen den grünen Inhalt von Desmidiaceen (*Scenedesmus*, *Selenastrum*) in sich auf (über deren Vorkommen am Grunde des Sperrsees s. S. 289). Zu diesem Zwecke legen

sich die Flagellaten z. B. an eine Scenedesmuszelle an und bleiben unbeweglich liegen. Das Vorderende wird zapfenartig ausgezogen — nur im Augenblick der Nahrungsaufnahme ist der Zapfen deutlich zu erkennen — und in die Scenedesmuszelle hineingebohrt. Nach wenigen Minuten ist deren grüner Inhalt von der Flagellate aufgenommen, und es bleibt nur die leere Zellhaut übrig. KLEBS (1893) erwähnt, daß die grüne Farbe der Algenzellen im Körper der Bodonacee bei der Verdauung in rot übergeht. Ich habe zwar diese Farbveränderung niemals beobachten können, doch ist, wie erwähnt, das Plasma der gefundenen Flagellaten oft mit rotbraun gefärbten Kugeln gefüllt, bei denen es sich um verdaute grüne Zellen handeln kann.

Bodo globosus wird nur im oberen Teil des Stausees bis zum Heinrichstein abwärts gefunden (s. Abb. 2, S. 278), auch noch bei hohen H_2S -Werten (12,63 mg/l H_2S , 0,00 mg/l O_2 , $p_H = 6,20$). Die studierten Flagellaten sind größer als die von STEIN (1878) und von KLEBS (1893) beschriebenen, und die Schleppgeißel ist nur $1\frac{1}{2}$ und nicht doppelt körperlang. Da die übrigen Angaben der genannten Autoren mit meinen Befunden, selbst in den Einzelheiten der Nahrungsaufnahme, übereinstimmen, handelt es sich bei der beschriebenen Form wohl sicher um einen etwas abweichenden *Bodo globosus*, was ich um so eher annehme, da ja auch von dieser Flagellate bedeutende Formveränderlichkeit bekannt ist.

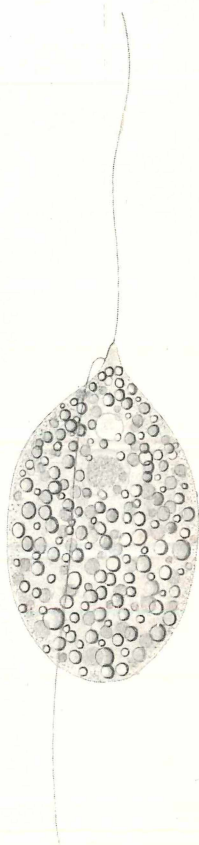


Abb. 8. *Bodo globosus*
STEIN, 1878. Ok. LEITZ 4,
Obj. LEITZ $\frac{1}{12}$ Ölimm.

***Monas sociabilis*, MEYER, 1897—98 (Abb. 9).**

Diese, bisher nur von MEYER in einer Kultur aus Sumpfwasser und Kartoffeln beobachtete Flagellatenkolonie konnte im Grundschlamm wiederholt festgestellt werden. Die einzelnen Tiere der Kolonie sind etwa $8-10\mu$ lang und etwa 5μ breit. Die Zellen sind ei- oder tropfenförmig vorn abgerundet und basal schwach zugespitzt. Es sind 2 Geißeln vorhanden, die Hauptgeißel ist mehr als körperlang, während die Nebengeißel, nur schwer sichtbar, etwa

$\frac{1}{4}$ so lang ist. Kern und kontraktile Vakuole habe ich nicht finden können, obwohl über 1 Dutzend dieser Kolonien untersucht worden sind. Die Zellen sind farblos. Im Plasma finden sich regelmäßig, besonders nach dem Vorderende zu, stark lichtbrechende öartige Tropfen, basalwärts kann Leukosin nachgewiesen werden. Die langsam durch den Schwimmschlamm rotierenden Kolonien werden vom oberen Seeteil abwärts bis nach Saalburg hin regelmäßig in einzelnen

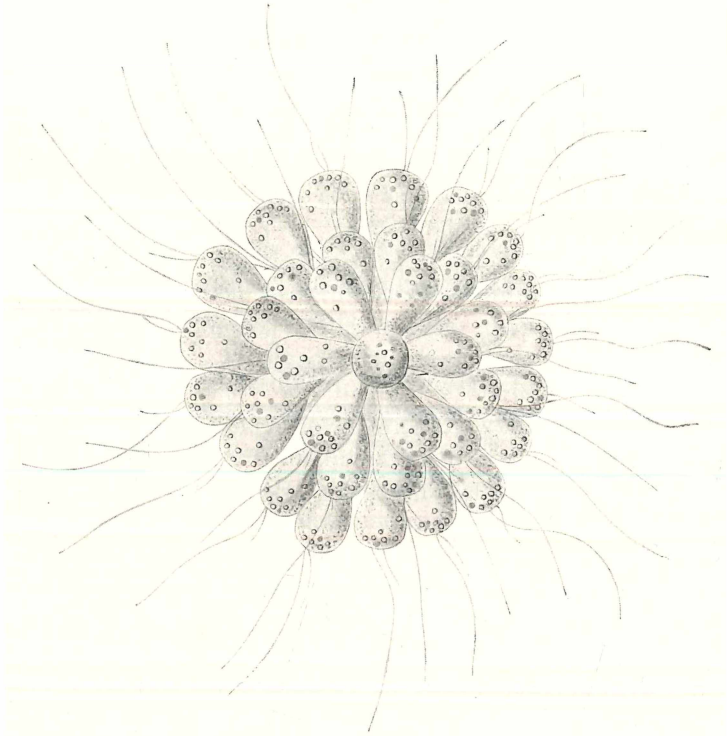


Abb. 9. *Monas sociabilis* MEYER, 1897—98. Ok. LEITZ 4, Obj. LEITZ $\frac{1}{12}$ Ölimm.

Exemplaren gefunden und sind gegen hohe H_2S -Werte (bis 12,63 mg/l) und niederen p_H (6,20) nicht empfindlich. Sie können ohne wahrnehmbare Schädigungen aus O_2 -freiem in O_2 -haltiges Wasser übergeführt werden. Von Unterschieden in der Größe und Form abgesehen (MEYER erwähnt das häufige Auftreten von Schwanzfäden, die ich nie gesehen habe), stimmen meine Befunde mit denen von MEYER (1897/98) überein. Ich habe allerdings nie beobachtet, wie dies MEYER beschreibt, daß sich die Kolonien nach einiger Zeit auflösen, und die Tiere wieder einzeln leben, sondern ich fand die Flagellaten stets

nur zu kugelförmigen Kolonien vereinigt. Die Zahl der zu einer Kolonie verbundenen Tiere schwankt, meist setzt sich die Kolonie aus 40—50 Tieren zusammen. Doch werden auch Kolonien gefunden, die nur aus 20—30 Tieren bestehen.

3. Ciliaten.

Enchelyodon sulcatus, KAHL, 1930 (Abb. 10).

Dieses bisher nur von KAHL bei Oldesloe gefundene Infusor fand ich nur in 3 Vertretern. Es scheint im Faulschlamm der Bleilochsperre selten aufzutreten, so daß es mir bei den eingehenden Ciliatenstudien von 1936 entgangen ist. Die elliptische und sehr biegsame Ciliate ist 80—90 μ lang, 30—35 μ breit, basal abgerundet und vorn schwach zugespitzt. Der Körper ist abgeflacht. Der an der Spitze gelegene Schlund springt mit einer kleinen Kuppe vor, die dünne, nur schwer erkennbare Trichocysten trägt. Das bräunlichgelb gefärbte Ektoplasma ist scharf gerippt. Je Seite sind 10 bis 12 Wimperreihen vorhanden, in denen die weichen, 10 μ langen Wimpern locker stehen. Am Hinterende stehen die Cilien dichter und sind doppelt so lang wie die übrigen Cilien. Auf der einen Seite stehen dicht unterhalb des Mundzapfens etwas stärkere und gespreizte Wimpern als Dorsalbürste in einer nur kurzen Reihe. Der Macronucleus ist wurstförmig und liegt im vorderen Körperteil, der runde Micronucleus liegt dicht neben ihm. Die kontraktile Vakuole befindet sich terminal. Das Endoplasma ist dicht mit tropfenförmigen, stark lichtbrechenden Einschlüssen unbekannter Entstehung angefüllt. Bei den drei gefundenen Exemplaren finden sich ferner im Endoplasma, durch dessen viele Einschlüsse nur schwer erkennbar, mehrere Vakuolen, die Bakterien enthalten. KAHL (1930) nimmt an, daß *Enchelyodon sulcatus* ein Infusorienfresser ist. Dem wider-

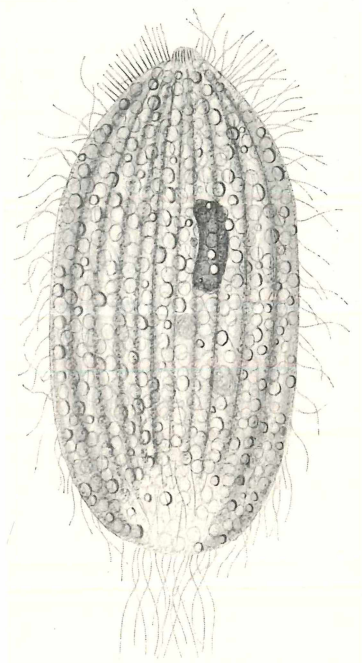


Abb. 10.

Enchelyodon sulcatus KAHL, 1930.
Ok. LEITZ 4, Obj. LEITZ $\frac{1}{12}$ Ölimm.

sprechen aber meine Beobachtungen über die bakterienhaltigen Vakuolen. Da aber nach KAHL (1930) alle Enchelyodonten räuberisch leben, und die Mundstruktur bei der vorliegenden Art auch für deren räuberische Lebensweise spricht, nehme ich an, daß es sich bei den Bakterien nicht (oder nicht nur) um Nahrung, sondern vielleicht auch um Symbionten handelt, die ja bei vielen Saproelciliaten des Faulschlammes der Bleilochsperre bereits nachgewiesen werden konnten (vgl. LIEBMANN, 1937 a und 1938). Leider erlaubten es die Zeit und das geringe Material nicht, weitere Untersuchungen an *Enchelyodon sulcatus* vorzunehmen. Es sei jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß im Grundschlamm des Sperrsees auch Vertreter des sonst räuberisch lebenden *Spathidium spatula*, MÜLLER, 1786, beobachtet wurden, die ebenfalls im Endoplasma mit Bakterien gefüllte Vakuolen aufwiesen. Es scheint demnach mitunter vorzukommen, daß im allgemeinen räuberisch lebende Infusorien, wenn sie in einem für sie nicht typischen Milieu leben, Bakterieneinschlüsse aufweisen. Die Frage muß vorläufig offen bleiben, ob diese sonst räuberisch lebenden Ciliaten in der Bleilochsperre tatsächlich Bakterienfresser sind, oder ob sie neben ihrer räuberischen Lebensweise nur Bakterien mit aufnehmen, die, wie es bei vielen Saproelciliaten nachgewiesen wurde, in Vakuolen angesammelt als Symbionten ein Leben dieser Ciliaten im H_2S -haltigen Faulschlamm erst ermöglichen.

Enchelyodon sulcatus, wie auch das früher beschriebene *Spathidium spatula*, sind in der Bleilochsperre an den H_2S -haltigen und O_2 -freien Grundschlamm gebunden und sterben nach kurzer Zeit ab, wenn sie in H_2S -freies und O_2 -haltiges Wasser überführt werden.

Das sich nur träge vorwärts bewegende Infusor wird bisher nur bei Mühlberg (1 Exemplar 8,06 mg/l H_2S , 0,00 mg/l O_2 , $p_H = 6,47$) und bei Saaldorf (2 Exemplare, 6,18 mg/l H_2S , 0,00 mg/l O_2 , $p_H = 6,50$) gefunden (s. Abb. 2, S. 278). Es weicht von KAHL'S (1930) Beschreibung durch seine geringere Größe, durch die verlängerten Schwanzwimpern, durch die größere Zahl der Wimperreihen und durch das Vorhandensein von bakterienhaltigen Vakuolen ab.

4. Suctorien.

Sphaerophrya soliformis, LAUTERBORN, 1908 (Abb. 11).

Die Suctorie hat einen Körperdurchmesser von 100 μ . Sie ist kugelig und besitzt auffallend viele, sehr eng stehende Tentakeln, die etwa 30 μ lang sind. Sie sind sehr dünn und nur ganz schwach geknöpft. Der Kern ist oval und etwas seitlich verschoben. Es ist

eine kontraktile Vakuole vorhanden. Das Plasma ist dicht mit braunschwarzen Kugeln gefüllt. Die Tiere leben sapropelisch und werden nur im Grundschlamm angetroffen, wenn dieser O_2 -frei und stark H_2S -haltig ist. Sie sind in ihrer Verbreitung auf den oberen Seeteil beschränkt (s. Abb. 2, S. 278), wo sie noch bei 8 mg/l H_2S und $p_H = 6,47$ gefunden werden. Es werden nur drei Exemplare beobachtet, für die LAUTERBORN (1908) Beschreibung zutrifft. In der Tat besitzt diese Suctorie, worauf LAUTERBORN (1908) hinweist und in der Artbezeichnung ausgedrückt hat, weitgehende äußerliche Ähnlichkeit mit einem Heliozoon, die besonders bei schwacher Vergrößerung überraschend ist.

Es sei noch erwähnt, daß außer den beschriebenen Amöben, Flagellaten, Ciliaten und Suctorien im Faulschlamm der Bleilochsperre auch wiederholt Rotatorien angetroffen werden (besonders *Rotifer vulgaris*), die also auch in der Lage sein müssen, unter anaëroben Bedingungen bei Gegenwart von H_2S zu

leben. LAUTERBORN (1914—17) erwähnt ebenfalls einige Rotatorien (u. a. auch *Rotifer vulgaris*), die er im Faulschlamm wiederholt antrifft. Ferner finden sich im Grundschlamm des Stausees nicht selten Desmidiaceen (besonders *Scenedesmus quadricauda* und *Selenastrum Bibrariaurum*) und Cyanophyceen (besonders Oscillatorien), deren Vorkommen, wie erwähnt, für die Ernährung von *Bodo globosus* wichtig ist (vgl. S. 284).

Die Eigenart des Faulschlammes mit seinen, besonders in der Bleilochsperre sich oft ändernden chemischen Bedingungen (vgl. LIEBMANN, 1938) mag es mit sich bringen, daß bei vielen der beschriebenen Protozoen Abweichungen zu bisher bekannten Arten beobachtet werden. Diese Abänderungen zeigen deutlich, daß bei vielen Ein-

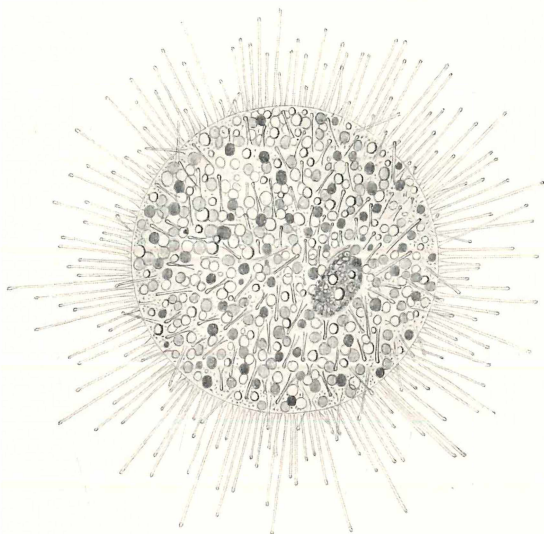


Abb. 11. *Sphaerophrya soliformis* LAUTERBORN, 1908.
Ok. LEITZ 4, Obj. LEITZ $\frac{1}{12}$ Ölimm.

zellern, sowohl bei Amöben und Flagellaten als auch bei Ciliaten eine große, mitunter zu wenig beachtete Variationsbreite herrscht, über deren Gründe wir zur Zeit noch ungenügend unterrichtet sind.

IV. Zusammenfassung.

1. Im O_2 -freien und H_2S -haltigen Grundschlamm der Bleilochsperre, die durch das Einleiten von Abwässern einer Sulfitcellulosefabrik zu einem Schwefelsee geworden ist, werden mehrere Rhizopoden und Flagellaten, ferner eine Ciliate und eine Suctorie gefunden, die als Sapropelprotozoen im Faulschlamm der bis zu 57 m tiefen Talsperre vorkommen.

2. Viele der gefundenen Protozoen werden noch bei 12,63 mg/l H_2S , 0,00 mg/l O_2 und $p_H=6,20$ beobachtet.

3. Im Gegensatz zu den meisten, bereits an anderer Stelle beschriebenen Faulschlammciliaten der Bleilochsperre erweisen sich viele der studierten Rhizopoden und Flagellaten gegenüber plötzlichen Umweltveränderungen weniger empfindlich als die Infusorien.

4. Viele der studierten Protozoen werden im Faulschlamm eines tiefen Sees zum erstenmal nachgewiesen. Sie weichen mehr oder weniger von bisher bekannten Formen ab und weisen z. T. eine große Variationsbreite auf, die in ähnlichen Ausmaßen auch bei den Ciliaten des Faulschlammes festgestellt worden war.

5. Durch die vorliegenden Funde im Bodenschlamm eines Schwefelsees wird erneut bewiesen, daß die Ansicht vom tierleeren Grundschlamm von Schwefelseen nicht den Tatsachen entspricht, daß im Gegenteil im Bodenschlamm dieser Seen eine mannigfaltige und charakteristische Tierwelt anzutreffen ist.

Literaturverzeichnis.

- GREEF, R. (1874): *Pelomyxa palustris*, ein amoebenartiger Organismus. Z. mikrosk. Anat. 10.
- KAHL, A. (1930): Ciliata I, die Tierwelt Deutschlands 18.
- KLEBS, G. (1883): Die Organisation einiger Flagellatengruppen und ihre Beziehungen zu Algen und Infusorien. Unters. Bot. Inst. Tübingen 2.
- (1893): Flagellatenstudien. Z. Zool. 55.
- KLUG, G. (1936): Neue oder wenig bekannte Arten der Gattungen *Mastigamoeba*, *Mastigella*, *Cercobodo*, *Tetramitus* und *Trigonomonas*. (Studien über farblose Flagellaten, I.) Arch. Protistenkunde 87.

- LAUTERBORN, R. (1901): Die sapropelische Lebenswelt. Zool. Anz. **24**.
— (1908): Protozoenstudien. V. Teil. Zur Kenntnis einiger Rhizopoden und Infusorien aus dem Gebiet des Oberrheins. Z. Zool. **90**.
— (1914—17): Die sapropelische Lebenswelt. Verh. naturhist.-med. Vereins, Heidelberg, neue Folge **13**.
LIEBMANN, H. (1937): Über die Wirkung von Abwässern aus Sulfitzellulosefabriken auf stehende Gewässer. Gesundheitsingenieur, H. 33, Jhg. 60.
— (1937 a): Bakteriensymbiose bei Faulschlammciliaten. Biol. Zbl. **57**.
— (1938): Biologie und Chemismus der Bleilochsperre, zugleich ein Beitrag zur Frage über die Wirkung von Abwässern aus Sulfitzellulosefabriken auf stehende Gewässer. Arch. f. Hydrobiol. **33**.
MAUCHA, R. (1932): Hydrochemische Methoden in der Limnologie. Die Binnengewässer **12**.
MEYER, H. (1897—98): Untersuchungen über einige Flagellaten. Rev. Suisse Zool. **5**.
PENARD, E. (1902): Faune Rhizopodique du Bassin du Léman, Genf.
PERTY, M. (1852): Zur Kenntnis kleinster Lebensformen in der Schweiz.
PRINGSHEIM, E. G. (1936): Zur Kenntnis saprotropher Algen und Flagellaten. I. Mitt. Über Anhäufungskulturen polysaprophyter Flagellaten. Arch. Protistenkunde **87**.
SAEDELEER, DE H. (1934): Beitrag zur Kenntnis der Rhizopoden: morphologische und systematische Untersuchungen und ein Klassifikationsversuch. Mém. d. Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique, No. 60.
STEIN, F. (1878): Der Organismus der Infusionsthiere, III. 1. Hälfte, Flagellaten, Leipzig.
WETZEL, A. (1928): Der Faulschlamm und seine ciliaten Leitformen. Z. Morph. u. Ökol. Tiere **13**.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1938

Band/Volume: [90_1938](#)

Autor(en)/Author(s): Liebmann Hans

Artikel/Article: [Weitere Beiträge zur Kenntnis der Protozoenfauna des Faulschlammes der Bleilochsperre. 272-291](#)