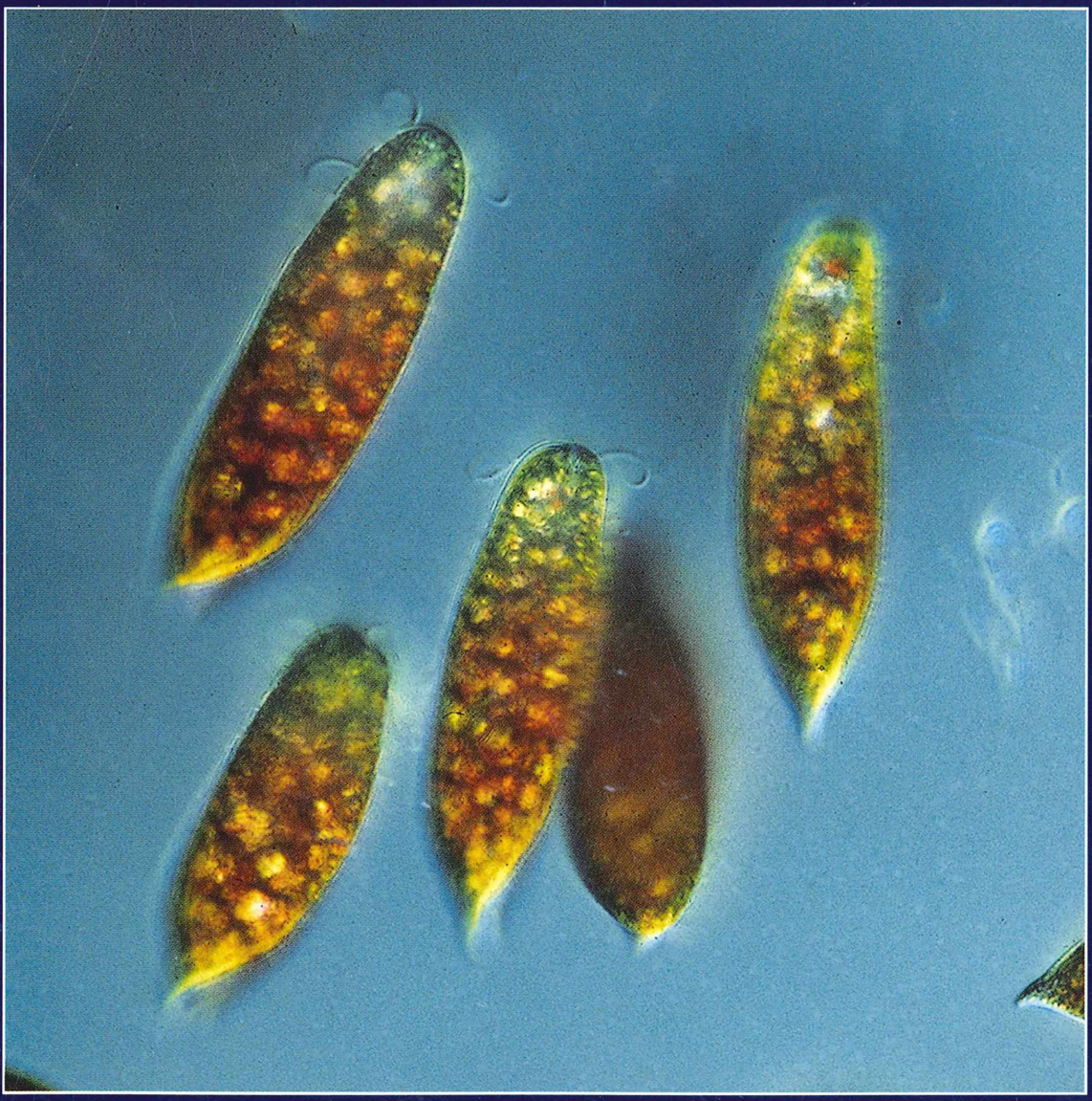
II 90372/88,4

F 20582

MIKROKOSMOS

URBAN & FISCHER

Juli 1999
88. Jahrgang
Heft 4
ISSN 0026-3680



MIKROKOSMOS Zeitschrift für Mikroskopie

Herausgegeben von Klaus Hausmann (Berlin)
Redaktionsassistentin: Gundula Walz (Potsdam)

Mitteilungsorgan für Arbeitskreis Mikroskopie im Freundeskreis Botanischer Garten Köln, Arbeitskreis Mikroskopie im Naturwissenschaftlichen Verein zu Bremen, Berliner Mikroskopische Gesellschaft e. V., Deutsche Mikrobiologische Gesellschaft Stuttgart, Mikrobiologische Vereinigung im Naturwissenschaftlichen Verein zu Hamburg, Mikrobiologische Vereinigung München, Mikroskopische Gesellschaft Wien, Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft der Naturwissenschaftlichen Vereinigung Hagen e. V., Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Hannover, Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Mainfranken, Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Stuttgart, Mikroskopische Gesellschaft Zürich.

Inhalt

Artikel

193 Überraschende Begegnung mit Raubmilben im Hochgebirge
Wolfgang Karg und Udo Karg

197 Auf der Suche nach Leeuwenhoeks Arbeitsmikroskop
Klaus Meyer

203 Verkieselte Zellwände – Teil I: Präparation und Darstellung
Eberhard Schnepf

209 Plankton der Meere – Teil IV: Metazoen
Rudolf Drews

215 Botanik und Zoologie zwischen Karneval und Aschermittwoch
Matthias Wolf

217 Rote Euglenen aus Fischteichen
Heinz Schneider und Bruno P. Kremer

225 Ein Mikroskop zum Schnäppchenpreis: Das ‚Biolam' der russischen Firma Lomo
Rainer Hendel

233 Sinkversuche mit Copepoden
Werner Nachtigall

239 Ein unbekannter Sieger. Alexandre Yersin und die Pest
Norbert Gregor Günkel

243 Die planktisch lebenden Rädertiere der Gattung *Collotheca*
Martin Kreutz

247 Mikro-Einsteiger: Beobachtungen an Protisten, die sich von Algen ernähren
IV. Teil: Pilze – Oomyceten
Eberhard Schnepf

Rubriken

207 Mikro-Lyrik

213, 224 Kurze Mitteilungen

214 Mikro-Ufo

216, 236, 237 Nachrichten

246 Neue Medien

253 Aus der Industrie

253 Buchbesprechungen

254 Aus den Arbeitsgemeinschaften

255 Mikro-Markt

256 Impressum

Indexed in: Bibliography and Index of Geology (also known as GeoRef)/Biological Abstracts/Chemical Abstracts/Excerpta Medica

Mehr Informationen und die Inhaltsverzeichnisse der Zeitschrift MIKROKOSMOS finden Sie im Internet: http://www.urbanfischer.de/journals/mikrokosmos

---

Umschlagabbildung: Rote Euglenen im differentiellen Interferenzkontrast. Siehe Artikel H. Schneider und B. P. Kremer, S. 217–224.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Überraschende Begegnung mit Raubmilben im Hochgebirge

Wolfgang Karg und Udo Karg

Milben als die kleinsten Vertreter der Gliedertiere sind in alle Lebensbereiche eingedrungen. Wir finden sie in den Sanddünen an der Meeresküste ebenso wie im Hochgebirge. Anstoß für die nachfolgende Studie gab eine bemerkenswerte Begegnung mit einer rot gefärbten Milbe, die sich in 1200 m Höhe recht lebhaft auf den Felsen bewegte.

Wanderungen durch den Rondane Nationalpark in Norwegen führten bis in die alpinen und nivalen Höhenstufen. Der Pflanzenbewuchs ist hier nur spärlich. Felsen und Geröllfelder werden vor allem von Moosen und Flechten besiedelt (Abb. 1 und 2). Sehr häufig findet man die am Boden kriechenden Zweige der Gemsheide *Loiseleuria procumbens*, den Alpenbärlapp *Diphasium alpinum* und die Zwerg-Weide *Salix herbacea*.

Begegnung im Hochgebirge

Unerwartet erschien plötzlich auf einer quarzhaltigen Felsplatte ein kleiner roter Arthropo-

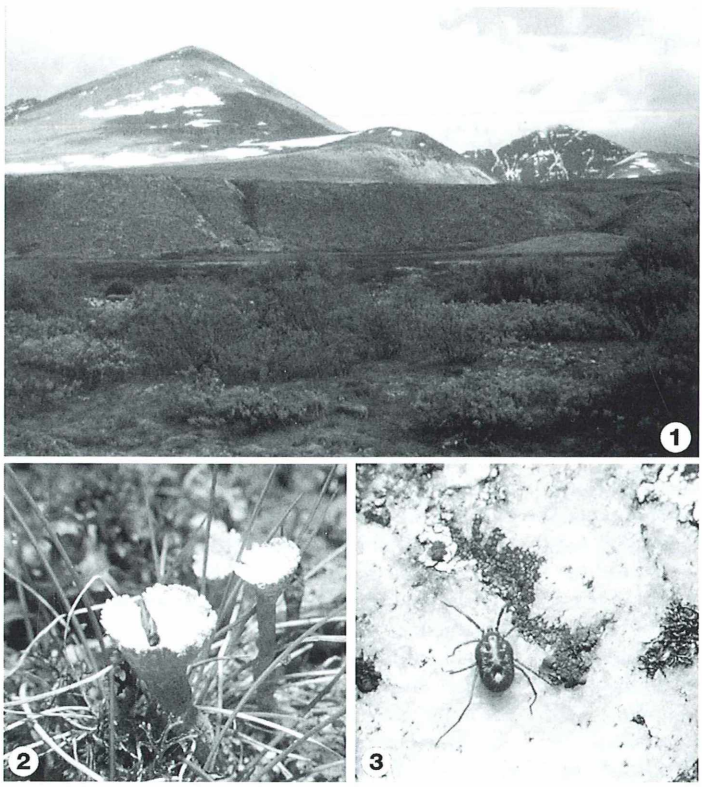


Abb. 1: Biotop in alpiner Region. – Abb. 2: Becherflechte *Cladonia pyxidata* (Makroaufnahme: U. Karg, Berlin). – Abb. 3: Raubmilbe *Erythraeus regalis* (Koch) (Makroaufnahme: U. Karg, Berlin).

 © Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

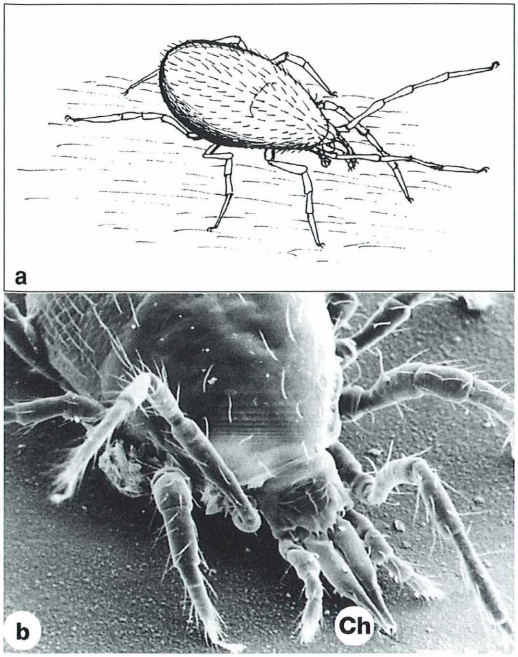


Abb. 4: Blinde Raubmilbe *Pergamasus crassipes* L., Körperlänge 1,5 mm: a laufendes Tier; b Vorderkörper; Ch Cheliceren (REM-Aufnahme: W. Karg und G. Casperson, Kleinmachnow).

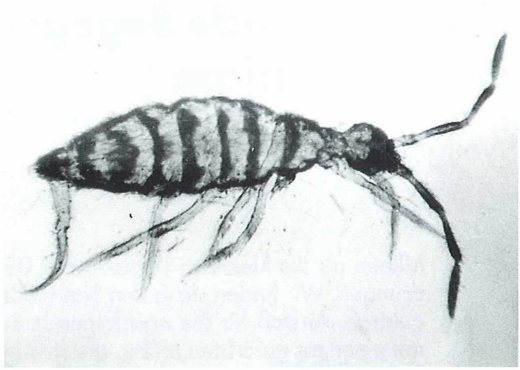


Abb. 5: Springschwanz der Gattung *Entomobrya*, Körperlänge 2 mm (Mikroaufnahme: W. Karg, Kleinmachnow).

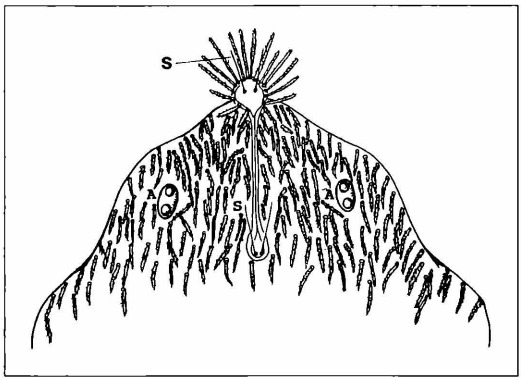


Abb. 6: Sinnesareal auf dem Vorderkörper der roten Milbe *Erythraeus regalis*; A Augen, S Sinneshaare.

denvertreter. Der helle Untergrund ließ das Tier gut erkennen und die Körpergröße auf ca. 3 mm schätzen. Aber das Tier musste einen Schatten bemerkt haben und flüchtete wohl deshalb unter einen kleinen Stein. Das bot Zeit, die Kamera für eine Makroaufnahme zu rüsten. Beim Entfernen des Steines verharrte das Tier einige Sekunden starr in Schreckstellung, Zeit genug für die Aufnahme (Abb. 3). Zugleich wurde klar, dass es sich um eine Milbe handelt. Das Verhalten des Tieres, seine Aktivität am hellen Mittag, erschien für eine Milbe aber sehr ungewöhnlich. Die genauere Bestimmung des Tieres ergab, dass es sich um das räuberisch lebende, erwachsene Stadium von *Erythraeus regalis* (Koch) handelte.

Raubmilben, die sehen können

Bei der rotgefärbten Raubmilbe wurden erstaunliche Sinnesorgane festgestellt. Vorn auf dem Rücken des Tieres ist ein besonderes Areal ausgebildet: In der Mitte eine schmale Leiste, die vorn und hinten je zwei zarte Fühlhaare trägt. Sie vermögen feinste Luftschwingungen zu rezeptieren. Das Sensationelle aber bilden links und rechts je ein Augenpaar (Abb. 6). Ihre Untersuchung zeigte, dass bereits die wichtigsten Elemente vorhanden sind, wie wir sie von den hochentwickelten Lebewesen kennen: Vorn eine Hornhaut, darunter eine Linse, ein Glaskörper und schließlich die Netzhaut mit den Lichtsinneszellen (Abb. 7). Allerdings zählt man nur ca. 200 Sinneszellen (beim Menschen sind es 80.000.000 !). Wenn auch kein scharfes

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://ww

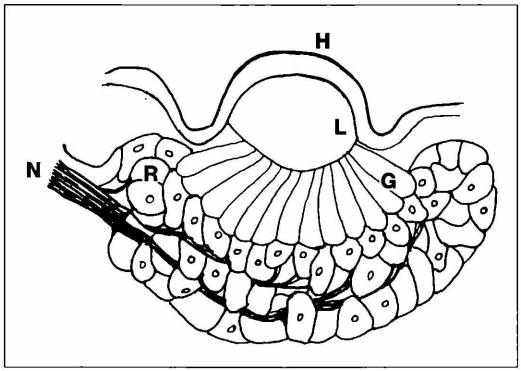


Abb. 7: Querschnitt durch ein Milbenauge; G durchsichtige Glaskörperzellen, H Hornhaut, L Linse, N Augennerv, R Zellen der Retina (Netzhaut) (nach Vitzthum, 1943).

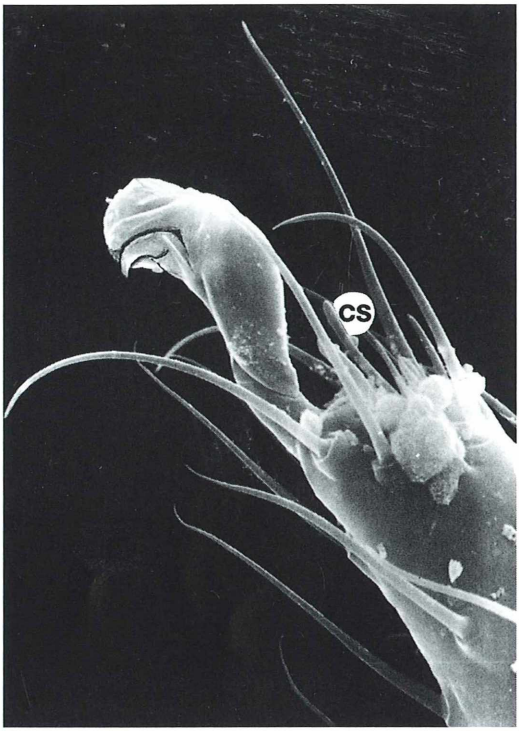


Abb. 8: Spitze des 1. Beinpaares mit Fühlhaaren und chemischen Sinnesorganen (CS).

Bildsehen möglich ist, so dürften die vier Augen gut Bewegungen und Figuren erfassen.

Raubmilben, die blind sind

Die meisten Milben leben im Verborgenen. Nach dem Aufheben von Steinen, sowie Flechten und Moospolstern kamen braune Raubmilben zum Vorschein. Abbildung 4 zeigt einen häufigen Vertreter der höheren Bergregion. Der keilförmige Körper befähigt die Tiere, sich durch die Vegetationsschicht zu bewegen. Nur in der Dunkelheit verlassen sie ihre Verstecke. Sie reagieren ganz anders als die rote Milbe. Sie sind negativ phototaktisch, also lichtscheu. Die beschriebene Sinnesausrüstung fehlt den braunen Raubmilben. Sie sind blind, finden aber trotzdem ihre Beute. Ihr erstes, relativ langes Beinpaar dient nicht zum Laufen, sondern pendelt ständig über dem Untergrund auf und ab. An der Spitze sind Tasthaare und kolbenartige chemische Sinnesorgane lokalisiert (Abb. 8). Sobald die Tiere eine Beute berühren, schlagen die Mundwerkzeuge blitzschnell zu.

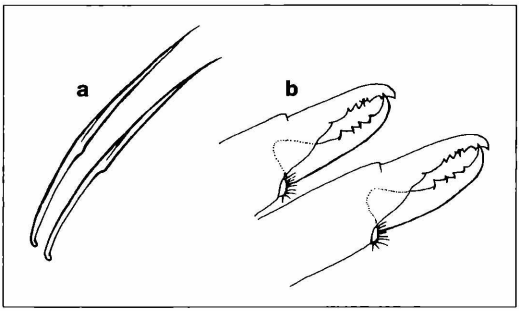


Abb. 9: Mundwerkzeuge der Raubmilben (Cheliceren). Stilettförmig bei der roten Milbe (Acariformes) (a) und zangenförmig bei der braunen, blinden Milbe (Parasitiformes) (b).

Beute und Waffen der Raubmilben

Beide Raubmilbenvertreter machen Jagd auf ähnliche Beutetiere. Dazu gehören vor allem Springschwänze, die noch bis in die höchsten Schneeregionen zu beobachten sind (Abb. 5). Außerdem werden Blattläuse, sowie Larven von Insekten und Spinnen vertilgt. Die Mundwerkzeuge, also gleichsam die Waffen der beiden Jäger sind aber verschieden gebildet. Die

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

rote Raubmilbe verfügt über zwei Stichwaffen. Mit zwei stilettförmigen Mundwerkzeugen sticht sie in den Körper der Beute. Klauen an den Fühlern halten das Opfer fest (Abb. 9a). Verdauungssäfte werden injiziert und der Körperinhalt ausgesaugt. Die braune Raubmilbe hingegen besitzt zwei zangenartige Werkzeuge (Cheliceren) (Abb. 9b). Zuerst wird die eine Chelicere in die Beute geschlagen, dann die andere. Abwechselnd arbeiten jetzt die paarigen Cheliceren. Verdauungssäfte verwandeln die Nahrung in einen Brei, der aufgesaugt wird.

Zwei Hauptgruppen von Milben

Die beiden Milbenvertreter gehören verschiedenen Hauptgruppen von Milben an. Die rote Milbe gehört zur Hauptgruppe der Acariformes, die braune Raubmilbe zur Hauptgruppe der Parasitiformes. Die Körperhülle der beiden Milbengruppen unterscheidet sich in ihrer Mikrostruktur wesentlich. Das Chitin der Acariformes wirkt im polarisierten Licht doppelbrechend, das der Parasitiformes nur einfachbrechend. Es ist daher noch unsicher, ob die beiden Gruppen überhaupt näher verwandt sind; es mag also nicht berechtigt erscheinen, die Milben oder Acari als eine Verwandtschaftsgruppe zu führen. Wie wir gesehen haben, verhalten sich die Vertreter auch ganz unterschiedlich.

Bedeutung der Raubmilben

Von verwandten Raubmilben auf Kräutern und Bäumen des Tieflandes kennen wir die hohe Effektivität beim Vertilgen von Planzenschädlingen. Ein Tier frisst z. B. 100 Eier oder 25 Weibchen der schädlichen Spinnmilbe täglich. In einer Stunde werden 2–3 Blattläuse ausgesaugt. Die Raubmilbe *Pergamasus crassipes* L. vertilgt täglich 2–3 Springschwänze von 2 mm Länge. Es ist sicher, dass die vorgestellten Prädatoren in den Bergregionen zum ökologischen Gleichgewicht beitragen, so dass auch hier sich ein Bestand an Pflanzen und Tieren erhalten kann.

Literaturhinweise

Gerson, U., Smiley, R.: Acarine biocontrol agents. – Chapman & Hall, London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras (1990).

Karg, W.: Acari (Acarina) Milben, Parasitiformes (Anactinochaeta) Cohors Gamasina Leach, Raubmilben. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart (1993).

Karg, W.: Raubmilben, nützliche Regulatoren im Naturhaushalt – Lebensweise, Artenbestimmung und Nutzung. Die Neue Brehm-Bücherei, Westarp Wissenschaften, Magdeburg-Bochum (1994).

Schweizer, J.: Die Landmilben des Schweizerischen Nationalparks, 4. Teil: Ihr Lebensraum, ihre Vergesellschaftung unter sich und ihre Lebensweise. Bd. IV, Neue Folge (1957).

Vitzthum, H.: Acarina. Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs, 5. Bd. 5. Buch. Akademische Verlags Gesellschaft, Leipzig (1943).

Verfasser: Prof. Dr. Wolfgang Karg,
Hohe Kiefer 152, D-14532 Kleinmachnow,
und Dipl.-Ing. Udo Karg,
Golliner Str. 29, D-12689 Berlin

Der Raum

zum Leben wird für viele Tiere und Pflanzen immer kleiner. Wir setzen uns dafür ein, daß wertvolle Natur erhalten bleibt. Helfen Sie mit!

Wie? *Das erfahren Sie in der Broschüre zum Thema „Artenschutz". Gegen DM 6,– in Briefmarken (inkl. Porto) anfordern beim NABU, Postfach 30 10 54, 53190 Bonn.*

NABU

 © Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Auf der Suche nach Leeuwenhoeks Arbeitsmikroskop

Klaus Meyer

Im Jahre 1868 erschien in der „Revue des deux mondes" ein Artikel des Wissenschaftsjournalisten Emil Blanchard unter dem Titel *Les premiers observateurs au microscope*. Von seinen 30 Seiten befaßten sich allein 16 mit Leeuwenhoek, dem als Vater der Mikroskopie der erste Rang von allen eingeräumt wurde.

Die große Laudatio ist jedoch nicht kritiklos. Blanchard fragt: „Konnte er denn wirklich all diese Entdeckungen mit derartig armseligen Instrumenten erreichen? Man darf daran zweifeln. Seine besseren Mikroskope hat Leeuwenhoek niemanden gezeigt. In einigen seiner Unterhaltungen spricht er von Beobachtungen, die er mit einem nur ihm persönlich vorbehaltenen Mikroskop durchgeführt habe. Er zögert nicht zu sagen, daß er gewisse Mikroskope seinen Besuchern zur Verfügung stellt; jedoch besitze er bedeutend bessere, die seinen Studien reserviert seien." Blanchard fährt fort: „Wiederholt habe die Royal Society darauf bestanden, die Natur seiner Instrumente kennenzulernen. Leeuwenhoek antwortet ausweichend oder garnicht. Nach Leeuwenhoeks Tode, so versichern seine Landsleute, habe man nichts gefunden, was erkennen ließe, wie und aus welchem Material er seine Linsen schliff. Es erscheint demnach nicht unmöglich, daß dieser Mann im fortgeschrittenen Alter seine besseren Instrumente verschwinden ließ, in dem Gedanken, in aller Augen der ganz unvergleichliche Beobachter zu bleiben."

Ich habe diese Gedanken Blanchards in den Leeuwenhoek-Biographien nur an einer Stelle erwähnt gefunden, nämlich bei Dobell (1932, Seite 331). Er bezeichnet ihn entrüstet als „unjustifiable" Vielleicht, weil er unkorrekt übersetzte: „destroyed" (das wäre in der Tat pietätlos); Blanchard (1868) schreibt aber „faire disparaitre" – verschwinden lassen. Und das kann durchaus pietätvoll geschehen, beispielsweise als Grabbeigabe.

Dobell selbst zitiert eine Begebenheit von ähnlicher Bedeutung: Der Arzt Dr. Molineux, den die Royal Society zu Leeuwenhoek schickte, um dessen Methodik zu ergründen, beschreibt Leeuwenhoeks Demonstrations-Mikroskope und fährt fort: „Er besitze noch eine andere Sorte, die kein Lebender außer ihm selbst je gesehen habe. Diese benutze er zu seinen privaten Beobachtungen; sie seien weit vollkommener als alle, die er ihm gezeigt habe. Er wollte ihm aber nicht erlauben, einen Blick darauf zu werfen." Konnte Molyneux sein Mißtrauen deutlicher ausdrücken?

Der Mythos der Leeuwenhoek-Mikroskope wird geprüft

Mich selbst beschäftigt das Problem seit Jahren. Schon als Student lernte ich, Leeuwenhoek habe alle seine Mikroskope selbst gebaut. All seine Entdeckungen verdanke er ausschließlich diesen bescheidenen Handmikroskopen. Als ich ein Menschenalter später seine Schriften studierte und übersetzte (Meyer, 1998), fand ich zunächst keine Bedenken gegen dieses herkömmliche Dogma, das ja auch durch mancherlei Fakten ausreichend belegt erscheint: Tausende haben die Leeuwenhoek-Mikroskope in der Hand gehalten, hindurchgeschaut und ihre gewaltige Vergrößerung bestaunt. Und niemand hat je ein anderes, ein zusammengesetztes Mikroskop von Leeuwenhoek gesehen. Wie es mit Dogmen und Mythen so geht: Man staunt, man wundert sich, aber man nimmt es hin.

Erst folgende Erfahrung weckte mein Argwohn: Unter Leeuwenhoeks Experimenten spielen die kristallographischen Versuche eine gewisse Rolle. Er beschreibt eingehend die ver-

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

schiedenen chemischen Methoden, aus mancherlei Lösungen Kristalle zu gewinnen. Zuletzt wird immer ein Tropfen der Lösung auf ein Glas gelegt, wo es eintrocknet und auskristallisiert (Meyer, 1998; Seite 148). So einfach das ist – es kann nur auf einer ruhigen und horizontalen Fläche gelingen, niemals auf einem frei in der Luft gehaltenen Leeuwenhoek-Mikroskop. Analoges gilt auch für andere Präparationen, z.B. für die mühselige Aufspaltung eines Mückenstachels in mehrere Borsten (Meyer, 1998; Seite 201). Man kann ohne Übertreibung festellen: Wer ein Leeuwenhoek-Mikroskop in der einen Hand trägt und es mit der anderen Hand fokussiert, der hat für andere Manipulationen keine Hand mehr frei.
Wir finden auch in Leeuwenhoeks Briefsammlung und in der zeitgenössischen Literatur keine Angaben, daß die den mikroskopischen Beobachtungen vorangehenden Präparationen von Augenzeugen beobachtet wurden bzw. daß er sie an oder auf einem seiner Mikroskope vorgenommen hätte, es sei denn eine ganz einfache Materialbeschickung (z. B. Austernbrut in eine Kapillare ziehen) (Uffenbach, 1764).
Wohl wissen wir aus den wenigen Augenzeugnissen und auch aus Leeuwenhoeks eigenen Mitteilungen, wie solche Demonstrationen stattfanden (Dobell, 1932): Angemeldeten oder eingeladenen Besuchern wurden wohlvorbereitete, fertig bestückte Mikroskope in die Hand gegeben und damit keines verschwand, argwöhnisch zurückgenommen. Dazu waren die uns so gut bekannten Leeuwenhoek-Mikroskope bestens geeignet; das erklärt auch, warum er eine so große Anzahl davon besaß. Auch sein Vermächtnis von 26 so präparierten kleinen Mikroskopen stellt im Grunde nichts anderes dar als eine derartige auf Dauer angelegte Demonstration. Ich wähle deshalb für diese kleinen Instrumente mit Bedacht den Ausdruck Demonstrations-Mikroskop.

Demonstrations-Mikroskop: Praktisch zur Demonstration – ungeeignet für die Forschung

Demonstrations-Mikroskope waren übrigens zu Leeuwenhoeks Zeit nicht ungewöhnlich. Der große Christian Huygens hat, zusammen mit Hartsoeker und Römer, eine ganze Anzahl davon entworfen, von denen mehrere eine Objektrevolverscheibe trugen (Fourier, 1989). Da

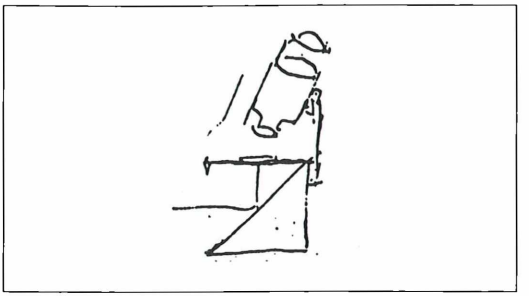


Abb. 1: Handzeichnung eines Arbeitsmikroskops, angefertigt 1679 von Christian Huygens (aus Fourier, 1988).

konnte man dann nacheinander sechs oder mehr Objekte bestaunen. Objekte und Scheibe auszuwechseln war aber recht lästig und für den Normalgebrauch- nämlich ein paar Gäste zu unterhalten – nicht vorgesehen.
Die Brüder Christian und Constantin Huygens haben sehr wohl zwischen Demonstrations- und Arbeitsmikroskopen zu unterscheiden gewußt. In einem Brief aus dem Jahre 1679 bittet Christian den Bruder, ihm ein Mikroskop zu besorgen, auf dem er Insekten zergliedern könne, und er zeichnete ihm die Skizze eines solchen Instrumentes (Abb. 1). Constantin bestätigt den Auftrag mit einer ebensolchen Skizze. Wir verdanken die Information und die Abbildungen Marion Fournier, die sie 1988 in der Schrift „Kleinkijkerij" des Boerhave Museums veröffentlicht hat. So simpel Huygens Entwurf auch ist, es ist der Idealtypus des Arbeitsmikroskops.
Im Prinzip ganz ähnlich dürfen wir uns auch Leeuwenhoeks Arbeitsmikroskop vorstellen: Als Stativ ein einfaches, etwa kubisches Kästchen (3 Zoll Kante nach Huygens), Untertischspiegel zur Durchlichtbeleuchtung nach Wahl und darüber, wie Huygens schreibt, ein oder zwei Linsen. Das heißt, mit einer Linse ist es als Einfachmikroskop zu gebrauchen; mit zwei Linsen in einem Tubus als zusammengesetztes Mikroskop. Was in der Skizze nicht zu sehen ist, ist die Fokussiereinrichtung. Daß Huygens sich auf deren Konstruktion verstand, ist bei Kenntnis seiner anderen Entwürfe ganz sicher und auch Leeuwenhoek hat ja jedes seiner 500 Hand-Mikroskope mit einer Fokussierschraube ausgerüstet. Daß Leeuwenhoek, der

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten;

ja mit allen drei Huygens befreundet war (Dobell, 1932), diese Entwürfe wenigstens im Prinzip kannte, möchte ich als sicher annehmen.

Gedankliche Entwicklung eines Arbeitsmikroskop

Wir werden der wahren Gestalt des Arbeitsmikroskops näher kommen, wenn wir in unserem Gedankenentwurf von dem beschriebenen Huygensschen Idealtyp ausgehen und ihn durch Leeuwenhoeks Attribute verfeinern. Das sind

- die kleinen, sauberen, stark vergrößernden Linsen,
- eine feine Fokussierung,
- helle Durchlichtbeleuchtung.

Entscheidend sind natürlich die Linsen. Leeuwenhoek hat sie durchweg bikonvex geschliffen. Die Brennweite der meisten lag zwischen 2 und 3 mm; die subjektive Vergrößerung (als Lupe) weit gestreut, um 100. Die berühmte Utrechter Wunderlinse ist, wie van Zuylen nachgewiesen hat (1881), erschmolzen, ihre Form eine leicht gedrückte Kugel, ihre Brennweite knapp 1 mm. Möglicherweise hat Leeuwenhoek noch mehr erschmolzene Kugellinsen besessen. All diese Linsen bedürfen einer sehr feinen Fokussierung, wie sie nur durch eine Mikrometerschraube geschehen kann. Diese Konstruktionsaufgabe hat Leeuwenhoek an seinen Hand-Mikroskopen auf eine Weise gelöst, die sich leicht auf ein Stativmikroskop übertragen und gleichzeitig verbessern läßt, indem man die Fokussierschraube gegen eine Feder wirken läßt, etwa so, wie es die Abbildung 2 zeigt.
Als Stativ ist im Grunde nichts weiter notwendig als ein Holzklotz oder ein Kästchen.Die beiden Fassungbleche werden ein wenig verstärkt zu Schienen, die untere an ihrem objektseitigen Ende etwas verbreitert, so daß sie einen einfachen, kleinen Objekttisch bildet, auf dem das Präparat bearbeitet werden kann. Der Clou ist natürlich die Erweiterung dieses kleinen Instrumentes zu einem zusammengesetzten Mikroskop durch Hinzufügen eines Tubus mit Okular (Abb. 3).
Ich gebe zu, ich habe sehr lange gezögert, ob ich Leeuwenhoeks optischen Verständnis diese

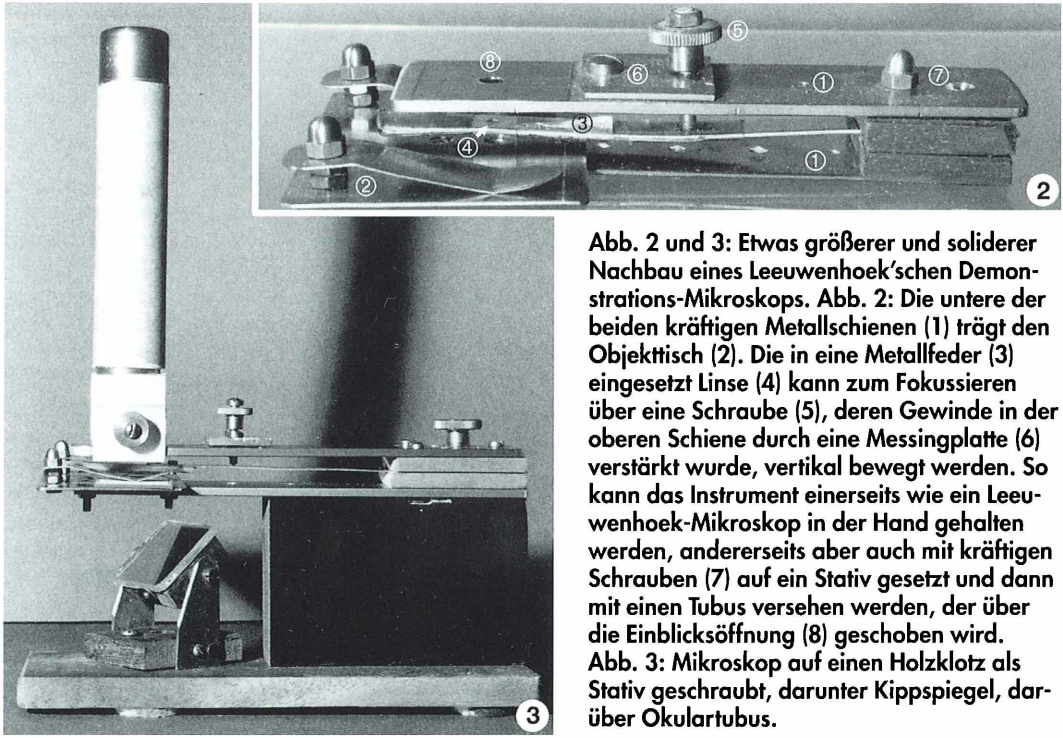


Abb. 2 und 3: Etwas größerer und soliderer Nachbau eines Leeuwenhoek'schen Demonstrations-Mikroskops. Abb. 2: Die untere der beiden kräftigen Metallschienen (1) trägt den Objekttisch (2). Die in eine Metallfeder (3) eingesetzt Linse (4) kann zum Fokussieren über eine Schraube (5), deren Gewinde in der oberen Schiene durch eine Messingplatte (6) verstärkt wurde, vertikal bewegt werden. So kann das Instrument einerseits wie ein Leeuwenhoek-Mikroskop in der Hand gehalten werden, andererseits aber auch mit kräftigen Schrauben (7) auf ein Stativ gesetzt und dann mit einen Tubus versehen werden, der über die Einblicksöffnung (8) geschoben wird. Abb. 3: Mikroskop auf einen Holzklotz als Stativ geschraubt, darunter Kippspiegel, darüber Okulartubus.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Verbesserung zutrauen durfte. Ich kannte aus den ARCANA NATURAE DETECTA seine reichlich naive Behandlung der Optik des Insektenauges, und fürchtete, er habe das Wesen des Okulartubus nicht begriffen. Erst Jahre später erhielt ich einige weitere seiner Briefe in Latein und Niederländisch selten gelesene Texte. Aus diesen geht eindeutig hervor, daß Leeuwenhoek den optischen Vorgang im Okulartubus vollkommen begriffen hat (Brief Nr. 111 vom 9. Mai 1698). Die Ergänzung des einfachen Mikroskops zum zusammengesetzten Mikroskop durch Hinzufügen des Tubus mit Okular konnte ihm theoretisch keine Schwierigkeiten bereiten, praktisch noch viel weniger.

Okular und Tubus

Beim laienhaften Bau eines Mikroskops ist nichts dankbarer als einen Okulartubus anzufertigen. Es empfiehlt sich, von einem etwa 6fach vergrößernden Okular auszugehen und ein Rohr passender Weite aus einigen Lagen kräftigen Papiers zu wickeln (Papiersorte z. B. sogennante Elefantenhaut, kein Karton). Man wählt das Rohr zunächst nicht zu lang, etwa 12 cm, und befestigt es mit einem Winkel (oder Holzklotz) senkrecht über der Einblicköffnung der oberen Metallschiene.
Hat man vorher das Präparat bei direkter Beobachtung durch die Leeuwenhoek-Einzellinse gut, scharf und hell gesehen, so bedarf es nur einer geringen Verstellung der Fokussierschraube, um es nun im Okular größer, heller und vor allem bequemer zu betrachten. Später mag man das Okular auch selbst anfertigen, wozu man nach Ramsden (1731–1800) nur zwei gleiche Konvexlinsen von etwa 5 bis 3 cm Brennweite benötigt.
Die Erleichterung der mikroskopischen Arbeit und die Besserung des mikroskopischen Bildes durch Tubus und Okular sind so frappant, daß jedem, der den Unterschied erlebt, sofort klar wird: Kein Mikroskopiker, der die Vorzüge des zusammengesetzten Mikroskops kennengelernt hat, wird je ohne Not zum Einfachmikroskop zurückkehren.
Natürlich bleiben einige Indikationen zur Arbeit mit dem Microscopium simplex bestehen (Ford, 1985): Es ist billiger, kleiner, leichter und auch ausreichend zu mancherlei Präparierarbeit geringerer Vergrößerung; dazu wurde es auch bis in unsere Tage gelegentlich genutzt. Je stärker es aber vergrößern soll, desto kürzer wird der Arbeitsabstand, desto lästiger die entoptischen Störungen, desto schlimmer die Belastung der Augen.
Um etwa, wie die Utrechter Linse, 250 mal zu vergrößern, muß die Einzellinse eine Brennweite von rund 1 mm haben; die Einblicköffnung ist noch enger, der Arbeitsabstand weit kürzer und die Annäherung des Auges an die Linse beträgt wenige Milimeter. Wer will unter solchen Bedingungen arbeiten und forschen!?
Ich habe vor kurzem dargelegt, daß Leeuwenhoek das berühmte Utrechter Mikroskop sehr wahrscheinlich nie zur Funktion gebracht hat (Meyer, 1999); auch alle seine Bewunderer haben es nicht als Einfachmikroskop eingesetzt, sondern als Objektiv an einer Kamera. Von van Cittert (1934), van Zuylen (1881) und Ford (1985) gibt es übereinstimmende, mit der Utrechter Linse hergestellte Mikrofotogramme in starker Vergrößerung und guter Auflösung.

Leeuwenhoek, die Mikroskopiker seiner Zeit und die kleinen Linsen

Ich habe kürzlich nachgewiesen, daß man zur Anfertigung von Aufnahmen gleicher Qualität der Utrechter Originallinse nicht bedarf (Meyer, 1999). Man erreicht das Gleiche mit ganz gewöhnlichen Glaskügelchen, wie sie jedermann in Stundenfrist zu Hunderten erschmelzen kann.
Ich halte es deshalb für hinreichend wahrscheinlich, daß Leeuwenhoek einige besonders anspruchsvolle Exemplare seiner Arbeitsmikroskope mit sehr kleinen, stark vergrößernden, selbstgeschliffenen Objektivlinsen ausgestattet hat. Die kleinsten und stärksten derselben waren, so vermute ich, Glaskügelchen, ähnlich wie die Utrechter Linse.
Nun wollen wir nicht übersehen, daß um die Zeit Leeuwenhoeks größter Erfolge die wenigen ernsthaften Mikroskopiker der wissenschaftlichen Welt doch schon über einige recht gute Mikroskope verfügten (Hooke, 1665), wie sie von Hooke in London, Wiesel und Depiere in Augsburg, Campani und Bonani in Rom u.a. hergestellt wurden (Keil, 1995). Ihre geschliffenen Objektivlinsen allerdings waren nicht so fein wie die von Leeuwenhoek. Alle diese Hersteller kannten natürlich Glaskügelchen, mit denen damals jeder experimentierte. Warum haben sie diese nicht als Objektiv eingesetzt?

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten;

Ich bin überzeugt, versucht haben sie es gewiß alle – vermutlich ist es ihnen aber nicht gelungen. Es ist nämlich nicht so einfach, mit einem Millimeterkügelchen als Objektivlinse zu mikroskopieren. Es hat eine Brennweite von 0,75 mm, vom Kugelmittelpunkt an gemessen. Die freie Brennweite, der Arbeitsabstand beträgt 0,25 mm. Die Schärfentiefe ist noch viel kürzer, nach Gerlach (1985) bei 400facher Vergrößerung und 0,3 Apertur etwa 0,01 mm. Wenn man nicht genau weiß, worauf es ankommt, und wenn man nicht eine sehr feine Fokussierschraube anwendet, gelingt es nicht, zu einem Bild zu kommen. Die Fokussiereinrichtungen waren aber selbst an den komfortabelsten Mikroskopen recht grob (Zahn, 1685). Hookes berühmtestes Mikroskop wurde über ein Gewinde scharf eingestellt, das fast so grob war wie ein Edinson-Glühlampensockel. Depieres Mikroskop fokussierte man mit einer „Kartonschraube". Mit solchen groben Mitteln ist ein Schärfentiefenanspruch von 0,01 mm nicht zu befriedigen. Kein Wunder, daß diese bewährten Mikroskopiker das Problem, winzig kleine Objektivlinsen oder gar Kügelchen an ihren Stativmikroskopen einzusetzen, nicht gelöst haben

Experimente

Dies alles findet man nur heraus, wenn man selbst experimentiert. Kugellinsen zu erschmelzen ist ein Kinderspiel; selbst kleine Linsen zu schleifen, ist weniger schwierig als befürchtet. Die Konstruktion eines alten Mikroskops nachzuempfinden und nachzubauen, ist ein Vergnügen (Meyer, 1998). Aber ein mit Millimeterkügelchen ausgestattetes Mikroskop scharf einzustellen, ist ein arges Geduldsspiel. Deshalb will ich meinen Nachfolgern in diesem Hobby einen Tip geben: Wenn Sie nicht zum Erfolg kommen – nicht verzagen! Suchen Sie den Fehler immer in dem kurzen Arbeitsabstand der winzigen Linsen, insbesondere der Kugeln. Die Kugel muß das Deckglas fast berühren. Sie muß ihre Fassung deutlich überragen. Das Deckglas darf nicht zu dick sein; das Präparat muß diesem unmittelbar anliegen. Schon ein Lackrand behindert die notwendige Annäherung des Objektivs an das Präparat.
Auch die Beleuchtung ist sehr kritisch. Sie muß ziemlich eng eingeblendet sein und sehr hell. Manchmal ist der Hohlspiegel günstiger als der Kondensor. Schiefe Beleuchtung sollte erprobt werden, wenn mir auch bisher eine Steigerung der Auflösung nicht gelang. Dunkelfeld wäre sehr wünschenswert, ist mir aber ebensowenig gelungen. Es hat schon seinen Grund, daß die alten Mikroskopiker mit den Kugellinsen wenig Glück hatten.

Gesucht und nicht gefunden

Kommen wir auf die eingangs gestellte Frage zurück: Gefunden haben wir das Arbeitsmikroskop nicht. Unterstellt, es existiere noch, so würde ich es am ehesten in Leeuwenhoeks Grab vermuten. Seine Tochter, die einzige Begleiterin seiner letzten Jahre, hat ihm ein sehr kostbares Grabmal gesetzt. Wenn es der letzte Wille ihres Vaters war, sein Arbeitsinstrument zu opfern, um seinen Mythos zu bewahren, so gab es – wollte sie die Instrumente nicht zerstören – keinen würdigeren Ort sie zu retten als zu Seiten seines Sarges. Wer würde die Pietätlosigkeit auf sich nehmen, sie dort zu suchen? Es bleibt uns aber die interessante Möglichkeit, das Instrument im Geiste zu rekonstruieren. Mein Anliegen war darzulegen, daß eine solche hypothetische Rekonstruktion gar nicht so unmöglich ist

Eine neue Forschungssituation

An Leeuwenhoek-Linsen steht uns seit Jahrhunderten nichts anderes zur Verfügung als das kostbare Utrechter Original und 7 weitere, penibel gehütete Museumsstücke, die alle in ihrem Blechgehäuse eingeschlossen, außerdem auch vom Zahn der Zeit angegriffen und verstaubt sind. Niemand wird sie zu Experimenten degradieren und gefährden.
Nun habe ich kürzlich zeigen können, daß die beste aller bekannten Leeuwenhoek-Linsen, die Utrechter, de facto ein Glaskügelchen von 0,9 mm Brennweite ist und daß solche Kügelchen geeignet sind, als Modell der Leeuwenhoek-Linsen zu dienen (Meyer, 1999). Mit ihnen kann man leicht die gleiche (oder noch höhere) Vergrößerung und auch die gleichen Diatomeen-Mikrofotos erzielen wie mit jenen, die eine numerische Apertur von 0,35 erfordern.
Damit ist nun eine ganz neue Situation entstanden: Im Besitz dieses beliebig herstellbaren Modells können wir ausgiebige Versuche an-

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

stellen, die Leistung von Linsen, die der Utrechter gleichwertig sind, nachzuprüfen und zu ergründen. Ich habe einige solcher Kügelchen an die sehr erfahrenen Mikroskopiker G.Göke, E. Sake und H.-J. Voß weitergegeben; sie alle konnten sogleich meine Ergebnisse bestätigen.

Die Maßstabszahl einer solchen Kugel als Objektiv hängt natürlich von der optischen Tubuslänge ab; sie ist leicht auf über 100 zu steigern. Als numerische Apertur habe ich (nach dem Verfahren von Gerlach, 1985) 0,3 bis 0,35 gemessen, niemals aber mehr. Ölimmersion gelingt natürlich nicht, weil das Kügelchen mit Laienmitteln nicht dicht zu fassen ist und infolgedessen sogleich im Öl ertrinkt.

Ich hoffe, in der Leeuwenhoek-Forschung vier kleine Schritte vorwärts getan zu haben, nämlich glaubhaft zu machen, daß

- die Leeuwenhoek-Arbeitsmikroskope ihrem Wesen nach zusammengesetzte Mikroskope waren.
- Leeuwenhoek selbst im Handwerk und in der Optik fähig war, ein brauchbares Arbeitsmikroskop herzustellen.
- die Utrechter Linse ein leicht gedrücktes Kügelchen ist.
- solche Kugellinsen als Modelle der Leeuwenhoek-Linsen bei zukünftigen Experimenten dienen können.

Ich hoffe, daß es meinen Nachfolgern gelingen wird, einige weitere Geheimnisse unseres unübertroffenen Autodidakten zu lüften. An lohnenden Aufgaben mangelt es nicht. Leeuwenhoek hat - und das geht aus seinen Zeichnungen eindeutig hervor verschiedene Bakterien gesehen und zwar ungefärbt und in Bewegung. Wie er die notwendige Vergrößerung erzielte, wissen wir zwar; wie aber steht es um die erforderliche Auflösung? Er hat seine Objekte gerne in Kapillaren mikroskopiert; eine Methode, die keiner seiner Nachfolger nachvollziehen oder loben wollte. Werden wir solche Fragen noch einmal lösen können?

Literaturhinweise

Blanchard E.: Les premiers observateurs au microscope. Les travaux deLeeuwenhoek. Revue de deux mondes XXXVIII T76 1868.

Cittert, P. H. van: Descriptive catalogue of the collection of microscopes in charge of the Utrecht university museum. P. Noordhoff N.V., Groningen, Holland 1934.

Dobell, C.: Antony van Leeuwenhoek an his "Little Animals" N.V.Swets and Zeilinger, Amsterdam 1932.

Ford, J. B.: Single lens. The story of the simple microscope. Haper and Row, New York 1985.

Fourier, M.: Kleinkjkerij. Schrift des Boerhave Museums, Leiden 1988.

Fourier, M.: Huygens designs for a simple microscope. Annals of Science *46*, 575–596 (1989).

Gerlach, D.: Das Lichtmikroskop. Thieme Verlag, Stuttgart 1985

Gloede, W.: Vom Lesestein zum Elektronenmikroskop. Berlin 1986.

Hooke, R.: MICROGRAPHIA or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses. London 1665.

Keil, I.: Der Augsburger Optiker Johann Wiesel und seine Beziehungen zu Herzog August dem Jüngeren von Braunschweig-Lüneburg. In: Brüning, J. (Hrsg.): Augsburg in der frühen Neuzeit. Akademieverlag, Berlin 1995.

Leeuwenhoek, A. van: ARCANA NATURAE DETECTA, lateinisch. Reprint Delphis Batavorum, apud Henricum Krooneveld 1695.

Meyer, K.: Geheimnisse des Antony van Leeuwenhoek. Papstverlag, Lengerich 1998.

Meyer, K.: Frühe Mikroskope als Repliken. Mikrokosmos *87*, 274–280 (1998).

Meyer, K.: Das Utrechter Leeuwenhoek-Mikroskop. Mikrokosmos *88*, 43–48 (1999).

Uffenbach, Z. C. von: Merkwürdige Reisen durch Niedersachsen, Holland und Engelland. II. Teil, Ulm 1754.

Zahn, J.: Oculus artificialis teledioptricus, sive telescopium. R.P.F. Herbipolis 1685.

Zuylen, J. van: On the microscopes of Antoni van Leeuwenhoek. Janus *68*, 159–198 (1980).

Verfasser: Dr. Klaus Meyer,
Kolkstraße 4, D-59494 Soest

 © Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Verkieselte Zellwände – Teil I: Präparation und Darstellung

Eberhard Schnepf

In diesem ersten Artikel zum Thema „Verkieselte Zellwände" wird gezeigt, wie man die Kieselstrukturen präpariert und wie sie aussehen. In dem folgenden zweiten Teil wird mit dem Polarisationsmikroskop untersucht, in welcher Form die Kieselsäure in den Zellwänden vorliegt.

Wohl jeder hat schon – meist unangenehme – Berührungen mit verkieselten Zellwänden gehabt. Sie/er hat sich an Brennesseln gebrannt, an einem Schilfblatt geschnitten oder wurde von einer Gerstengranne gekratzt. Das Brennhaar der Brennessel hat eine Sollbruchstelle, die verkieselt ist und das Haar zur Injektionsspritze macht. Die Epidermiswände der Schilfblätter (und der Blätter von anderen Süß- und Sauergräsern) haben Einlagerungen von Kieselsäure. Sie machen die Blattkanten hart und scharf. Ebenso sind die Wände der kurzen, spitzen Haare an den Gerstengrannen verkieselt. Unsere Urgroßmütter hatten aber auch eine positive Beziehung zu verkieselten Wänden; sie putzten ihr Zinngeschirr mit Schachtelhalm, der deshalb auch Zinnkraut genannt wird.

Kieselsäure als Zellwandbestandteil

In allen diesen Fällen ist die Zellwand mit Kieselsäure inkrustiert, das heißt die Kieselsäure hat sich in das Gerüst aus Zellulose und anderen organischen Makromolekülen eingelagert. Nicht nur Epidermen können verkieseln, auch innere Zellwände (Hodson und Sangster, 1989). Eine Übersicht über das Vorkommen von Kieselsäure in dikotylen Pflanzen gibt Metcalfe (1983).

Auch manche Einzeller haben Schalen oder Skelette aus Kieselsäure: Die Kieselalgen (Diatomeen), die Silicoflagellaten, viele Radiolarien und manche Chrysophyceen (Goldalgen) wie *Synura* haben Kieselschalen, Kieselskelette und Kieselschuppen. Ablagerungen von fossilen Diatomeen und Silicoflagellaten werden z. B. in der Lüneburger Heide und am Limfjord in Jütland abgebaut. Das gewonnene Material, die Kieselgur (bzw. die Moler aus Jütland), dient als Wärmeisolator oder Filter und wurde von Alfred Nobel benutzt, um das hochexplosive Nitroglycerin aufzusaugen. Mit diesem Dynamit konnte man dann ungefährdet arbeiten. Ohne Diatomeen kein Nobelpreis!

In der Natur kommt Kieselsäure, SiO_2, in zwei Hauptmodifikationen vor, nämlich kristallisiert als Bergkristall, Quarz, oder amorph und wasserhaltig als Opal. In welcher Form liegt die Kieselsäure in den Zellwänden vor?

Um das zu untersuchen, müssen zunächst die verkieselten Wände, die Kieselskelette, von den organischen Substanzen wie Zellulose befreit werden. Wenn die Wände großflächig und stark verkieselt sind, erhält man dann größere, intakt erscheinende Zellkomplexe, bei lokalen Verkieselungen einzelne „Kieselsteine" Mit dem Polarisationsmikroskop lässt sich dann prüfen, ob die gewonnenen Kieselstrukturen hoch geordnet, kristallin sind oder amorph.

Die Präparation von Kieselskeletten

Eine scheinbar einfache Methode, Kieselskelette von organischem Material zu befreien, ist die Veraschung (z. B. Gerlach, 1977). Die Pflanzenteile werden getrocknet und dann auf einem Glimmerplättchen, einem Platinblech oder in einem Porzellantigel mit einem Bunsenbrenner verkohlt und verascht. Die schließlich weiße Asche sollte nicht zu lange stark erhitzt werden, weil die Kieselstrukturen sonst zusam-

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

mensintern. Eine Veraschung auf dem Objektträger oder dem Deckglas misslingt meist, weil das Glas beim Erhitzen oder Abkühlen oft springt. Vor dem Veraschen sollte man Calcium-Verbindungen, die sich ebenfalls in den Wänden befinden können, durch Salzsäure entfernen. Diese Verbindungen werden ja durch das Veraschen nicht ausgetrieben. Die Dauer dieser Vorbehandlung hängt vom Objekt, von der Probengröße usw. ab; die Regel: Ein paar Stunden. – Mit der (trockenen) Veraschung gelingt es aber meist nur selten, schöne Präparate herzustellen.

Besser ist es deshalb, das organische Material mit Schwefelsäure und Oxidationsmitteln zu entfernen. Gerade auch hier sollte man zunächst die Objekte, z. B. Flachschnitte durch Schachtelhalm-Sprosse, Stücke von Grasblättern und von Grannen, Teile von *Pilea*-Blättern usw. durch HCl entkalken. Man bringt also die Pflanzenteile zunächst für einige Stunden in ein Reagenzglas oder einen Kolben mit verdünnter Salzsäure. Das Gefäß sollte nicht zu klein sein! Oft fallen die Teile dabei auseinander. Wenn sie sich am Ende der Entkalkung nicht abgesetzt haben, kann man durch Zugabe von Aqua dest. oder durch Zentrifugieren die Sedimentation fördern. Dann gießt man die überstehende Salzsäure ab und füllt etwas konzentrierte Schwefelsäure ein. Diese sollte einige Tage einwirken; die Probe wird dabei braun. Dann tropft man vorsichtig (!!) etwas gesättigte $KMnO_4$-Lösung in das Glas. Es entwickelt sich dabei meist ein Schaum; dann muss man in Intervallen eintropfen. Dieses Oxidationsmittel lässt man wieder einige Tage einwirken. Manchmal klärt sich dabei die Flüssigkeit, meist nicht. In diesem Fall tropft man etwas Oxalsäure (konzentrierte Lösung) ein, bis die Flüssigkeit klar geworden ist. – Diese Methode verwendet man übrigens auch, um Schalenpräparate von Diatomeen herzustellen (Drebes, 1974).

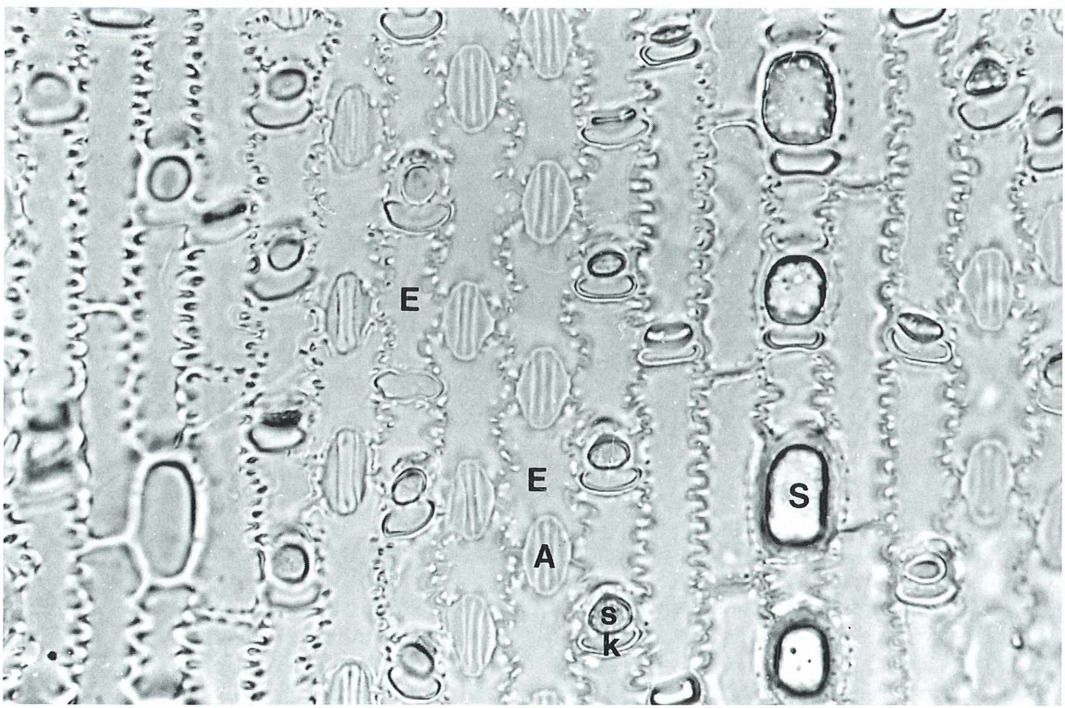


Abb. 1: Kieselskelett der Blattepidermis von *Phragmites australis* (Schilf). Zwischen Zellreihen mit Spaltöffnungsapparaten (A) gibt es solche, in denen sich Paare aus Kork- (k) und kleinen Kieselzellen (s) mit langgestreckten Epidermiszellen (E) abwechseln; manche Reihen enthalten große Kieselzellen (S); Vergr. 550×.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www

Die Kieselskelette sedimentieren in dieser Lösung oft nicht gut. Dann verringert man durch Zugabe von (vergälltem) Äthanol die Dichte der Flüssigkeit. Wenn dabei Kristalle ausfallen, löst man sie, indem man Aqua dest. zufügt. Das Sediment besteht dann aus den Kieselgerüsten und kann mit der Pipette entnommen werden.

Verkieselte Zellwände im Mikroskop

Ein Ergebnis dieser Präparation zeigt Abbildung 1, das Kieselskelett der Epidermis eines Schilfblattes, *Phragmites australis*. Die Zellen bilden wie bei allen Gräsern Längsreihen, in denen Spaltöffnungen mit ihren Schließzellen und deren Nebenzellen abwechseln mit großen Epidermiszellen, deren Wände wellig verlaufen. In anderen Reihen folgt auf eine große Epidermiszelle ein Paar von Kurzzellen. Es be-

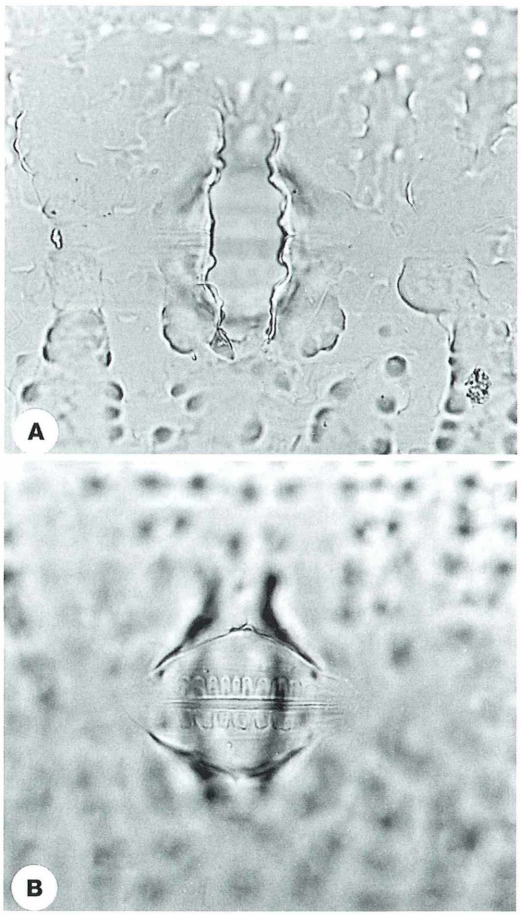


Abb. 2: Kieselskelett der Sproßepidermis von *Equisetum hyemale* (Winterschachtelhalm): A. Aufsicht auf den Vorhof einer Spaltöffnung. B. Dieselbe Stelle, fokussiert auf den Boden des Vorhofs mit der Oberfläche der Schließzellen; Vergr. 375×.

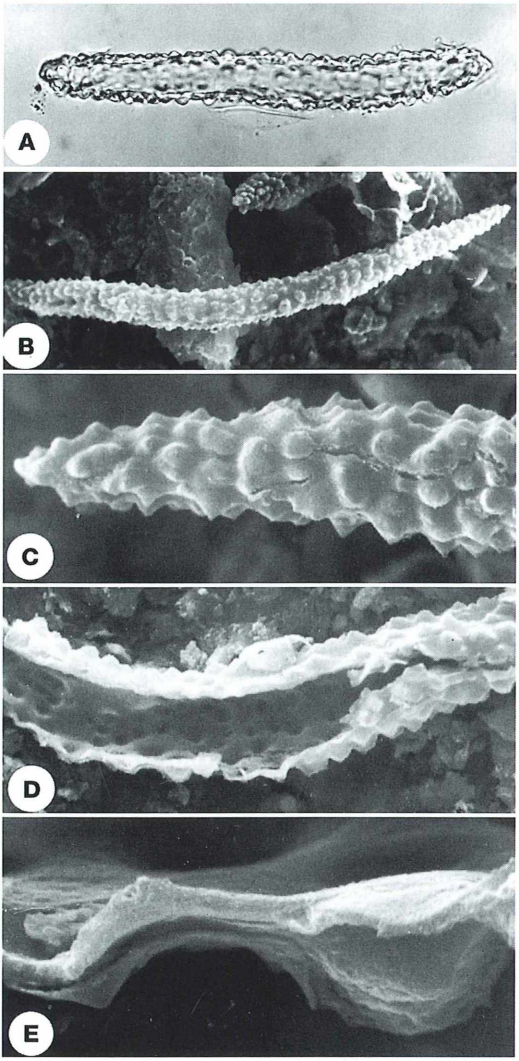


Abb. 3: Kieselskelette isolierter Cystolithen von *Pilea cardieri*. A lichtmikroskopisch; 375×. B–E rasterelektronenmikroskopisch. B Übersicht; 200×. C Ein Ende bei höherer Vergrößerung; 975×. D Aufgebrochener Cystolith; 860×. E Rand eines aufgebrochenen Cystolithen, Ausschnitt aus D; 4500×.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

steht aus einer Korkzelle und einer vor ihr, zur Blattspitze hin, liegenden Kieselzelle. Bei der ist nicht nur die Zellwand, sondern auch das Zell-Lumen verkieselt. Dieser Kieselpfropf fällt allerdings manchmal bei der Präparation heraus. Außer den Reihen mit kleinen gibt es auch solche mit großen Kieselzellen.

Das Kieselskelett der Sproßepidermis von *Equisetum hyemale*, dem Winterschachtelhalm, ist in Abbildung 2 dargestellt. In Abbildung 2A blickt man auf die Oberfläche der Epidermis, die nicht glatt, sondern über den antiklinalen Querwänden zwischen den Epidermiszellen warzig ist. In der Bildmitte sieht man in den länglichen Vorhof einer tief eingesenkten Spaltöffnung. Seine Ränder sind in der Mitte etwas erhöht. In Abbildung 2B ist auf den Boden des Vorhofes fokussiert, auf die Oberfläche der beiden Schließzellen, die quer zur Längsrichtung des Vorhofes ausgerichtet sind.

Auch innere Wände können verkieseln. Abbildung 3A zeigt einen isolierten Cystolithen von *Pilea cardieri*, genauer: Sein Kieselskelett. *Pilea*-Pflanzen kann man gelegentlich in Gärtnereien kaufen. Sie haben alle, wie z. B. auch *Ficus*-Arten (Gummibaum, Feige), in ihren Blättern Lithocysten. Das sind große Epidermiszellen, die aber nach innen verlagert sind, und von deren Außenwand in das Zellinnere hinein eigentümliche Wucherungen gebildet werden, eben die Cystolithen (= Zellsteine). Diese sind traubenförmig, kugelig oder, wie hier, hohlzylinderartig mit einer warzigen Oberfläche und abgerundeten oder zugespitzten Enden. Sie bestehen aus Zellulose und Callose und sind mit Calciumcarbonat und, wie ihre Resistenz gegen Säuren und Oxidationsmittel zeigt, bei *Pilea* mit Kieselsäure inkrustiert, mineralisiert (daher der Name). Diese Cystolithen können recht unterschiedlich groß sein.

Im Rasterelektronenmikroskop erkennt man ihre Struktur natürlich noch besser (Abb. 3B–E), und wenn ein Cystolith aufgebrochen ist (Abb. 3D), sieht man, dass die Warzen nicht massiv sind, sondern eigentlich Beulen darstellen, und, bei höherer Vergrößerung, dass das Kieselgerüst aus mehreren Lagen besteht (Abb. 3E).

Bei den Versuchen, verkieselte Zellwandteile zu präparieren, muss beachtet werden, dass trotz der brutalen Behandlung mit Säuren und Oxidationsmitteln verholzte oder verkorkte Strukturen manchmal ebenfalls nicht aufgelöst werden.

In einem folgenden Artikel wird an den Verkieselungen in den Blättern einer Glockenblume, *Campanula persicifolia*, untersucht, in welcher Form, kristallin oder amorph, die Kieselsäure in die Zellwände eingelagert wird.

Danksagung

Die Rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen wurden in der Wattenmeerstation Sylt des Alfred-Wegener Instituts für Polar- und Meeresforschung, Biologische Anstalt Helgoland, List/Sylt von Frau H. Halliger angefertigt. Herzlichen Dank!

Literaturhinweise

Drebes, G.: Marines Phytoplankton. Thieme Verlag, Stuttgart 1974.

Gerlach, D.: Botanische Mikrotechnik. 2. Aufl. Thieme Verlag, Stuttgart 1977.

Hodson, M. J., Sangster, A. G.: Subcellular localization of mineral deposits in the roots of wheat (*Triticum aestivum* L.). Protoplasma *151*, 19–32 (1989).

Metcalfe, C. R.: Silica. In: Metcalfe, C. R., Chalk, L. (eds.): Anatomy of the dicotyledons. 2nd ed., vol. II, pp. 91–94. Clarendon Press, Oxford 1983.

Verfasser: Prof. Dr. Eberhard Schnepf,
Dürerweg 11, D - 69168 Wiesloch

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Mikro-Lyrik

Mikroskop-Geschichte

Vor nicht allzu langer Zeit war im MIKROKOSMOS ein historisches Lobgedicht auf das Mikroskop aus dem Jahre 1685 zu lesen, das in einem wissenschaftlichen Lehrbuch zur Mikroskopie von 1896 gefunden wurde. Dass das Mikroskop nicht nur in früheren Zeiten zum Dichten stimulierte, zeigt das folgende Gedicht, das kürzlich Peter Pavlicek aus Wien verfasst hat. Basierend auf einer gründlichen Literaturrecherche wird in launigen Versen die Entstehungsgeschichte dieses optischen Instruments erzählt.

Das Mikroskop

Dem Mensch, als Wesen der geschaffen,
beliebt es weit umher zu gaffen.
Zu sehen all die vielen Dinge,
als ob ums Leben es ihm ginge.
Dabei, so die Erkenntnis zeigt,
zu sehen, glaubt der Mensch, dann neigt.
Doch seiner Augen Leistung ist
beschränkt, so wie ihr sicher wißt.
Und nun ihm, nicht nur ferne Sachen,
nein, kleine auch, zu schaffen machen.
Die Neugier, als des Triebes Kraft,
belebt, auch wenn's nicht jeder schafft,
den Wunsch, „Vergrößern all die Dinge,
bis, größer noch, es nicht mehr ginge"
Um hinter der Natur Geschehn
zu schauen und vielleicht verstehn.

Vor langer Zeit, so kann's gewesen,
da kam ein Lehrling, mit dem Besen,
um abends, in der Glaserhütte,
des Tages Müll in seine Bütte
hinein zu kehren und zu tun,
den nächsten darf auch er noch ruh'n.
Da sah er, bei dem Müll am Grund,
ein Stück vom Glase, welches rund.
Wohl ist nur bei der Arbeit Hast
ein Tropfen von dem, flüssig fast,
weil, aus des Ofens heißer Glut,
worin des Glases Schmelze ruht,
nun von des Meisters Glasblaspfeife,
womit er sich die Schmelze greife,
ist einer nur zur Erd' gepatzt
und weil beim Landen nicht geplatzt,
er langsam kühlt. Der Bursch, der kehrt,
ihn aufhebt, weil man ihn gelehrt
zu sammeln und auch aufzuheben,
das Material, weil kostbar eben.
Und auf des Tisches Platte dann
es später noch zu liegen kam.
Am runden Glas, nicht mit Bedacht,
war eine Seite krumm gemacht.
So daß, wenn man auf diese schaut,
die Flasche einen Buckel baut.
Gleich wie ein Tropfen, wenn er fest,
die Krümmung noch erkennen läßt.
Die zweite Seite, nicht so dumm,
die war nun plan und gar nicht krumm.

Doch dies ist auch nicht wundersam,
vom Boden sie die Form annahm.
Auf dieser ebnen Fläche nun,
da lag das Glas, nur um zu ruh'n.
Denn auf der krummen, runden Seite
es sucht, weil's schaukelt, nur das Weite.
Am nächsten Morgen, man wollt' eben,
die Scherben in den Ofen geben.
Nun als man auf dies Glas geblickt,
gehörig stark man jetzt erschrickt.
Die Dinge, die darunter liegen,
beachtlich große Maße kriegen.
Dies war, so höret nur die Kunde,
der Linse, ihre erste, Stunde.

Man weiß nicht mehr, wie es gekommen
daß, später, man ein Rohr genommen
zwei Linsen hat hineingetan.
Und nun, da man hindurch sehn kann,
da hat der gute Galilei
bemerkt daß man jetzt besser seh'
Des Himmels Weiten und die Sterne,
Jupiters Monde, in der Ferne.
Doch als die Linsen, wie verschroben,
weit auseinander hat geschoben.
man hat die nahen kleinen Dinge,
als ob es gar nicht anders ginge,
recht groß gesehn und auch recht klar.
Das Bild zwar nicht besonders war,
an Kanten bunt, wie nachgezogen,
auch g'rade Linien rund gebogen,
doch war der Weg schon angezeigt,
den zu beschreiten man geneigt.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Das Ding, zum Sehen kleiner Sachen,
das wollte einer besser machen.
Er blickt durch einen Wassertropfen,
sein Herz begann ganz wild zu klopfen,
denn nun, wenn auch total verkehrt,
doch fast, beinahe, nicht verzerrt,
er sah ein gutes Bild der Sachen.
Doch noch viel besser wollt er's machen,
und als dann die Entfernung stimmt,
ein kleines Ding Gestalt annimmt.
Ja plötzlich, das ist doch famos,
erscheint es einem riesengroß.
Der Leeuwenhoek, durch seine Linsen,
nicht nur den Floh sah, grimmig grinsen.
Er hat sie ganz allein geschliffen,
poliert, bis sie ganz ohne Riefen.
Er sah Bakterien, in Schwärmen,
wie auch des Menschen flotte Spermien.

In nächster Zeit man viel versucht,
mancher Forscher hat geflucht.
Das Licht zu lenken und zu mahnen,
so daß es folgt bestimmten Bahnen.
Campani und der Musschenbroek,
die haben neben Leeuwenhoek,
sowie der Marshall und der Plössl
das Licht gelenkt, als wär's ein Rössl.
Seinen Charakter kannten schon
Descartes, Huygens und Newton.
Wie Frauenhofer, Smith & Beck
verfolgten alle nur den Zweck:
Die winzig kleinen und geringen
Dinge sehen und zu zwingen,
doch endlich mal Gesicht zu zeigen
und vor der Forschung sich zu beugen.
Ja viele haben Tag und Nacht
sich angestrengt, daran gedacht,
wie man das Licht dazu kann kriegen
die Strahlen auseinand' zu biegen.

Leitz, Zeiss und Reichert diese nun,
sie lernten, folgendes zu tun.
Das Licht, geschickt positioniert,
durch eine Blende wird geführt,
durch Prismen und auch über Spiegel,
und darauf geb ich meinen Siegel,
es durchgeschickt und umgelenkt
durch eine zweite Blende zwängt.
Dann durch Kondensors krummes Glas,
und dies beileibe ist kein Spaß,
die Licht formierende Idee
berechnete der Herr Abbe.
Und das der ersten Blende Rand,
im Präparat dann wird erkannt,
von Köhler die Erkenntnis kommt,
ein scharfes Bild belohnt dich prompt.

Das Ding, welches man sehen will,
nun von alleine hält's nicht still.
Man erst es präparieren muß.
Doch dies erzähl ich euch zum Schluß,
in einer anderen Geschicht',
sonst viel zu lang wird mein Gedicht.
Ich will nur noch des Lichtes Strahl
beschreiben wie er, mit viel Qual,
ins Auge des Betrachters kommt.
Denn nach dem Dinge, er dann prompt,
von einer Linse wird gesammelt.
Damit er später nicht vergammelt,
auch weiter noch, von deren vielen,
und dazu muß er nicht 'mal Zielen.

Dies war die Optik, nun er muß
und für ihn ist das nicht der Schluß,
gezwängt durchs Filter, das Polar,
durch Gips, Rot-eins, und dann sogar
durch weitre Prismen und durch Blenden,
um nicht als Streulicht zu verenden,
nach langem Weg, den er sich windet,
ins Okular nun schließlich findet.
Dort wird er noch herumgedreht,
so daß er, endlich, richtig steht.
Um dem, der da ein Aug' riskiert,
gerade so als wie poliert,
ganz groß in allen Einzelheiten,
Erkenntnis, Freude zu bereiten.

Die Zeit war lang. Sie war auch hart.
Und mit dem Fleiß war Glück gepaart,
um endlich diese winzig kleinen,
fast unsichtbar, wie manche meinen,
die Dinge und die vielen Sachen,
erkennbar und bekannt zu machen.
Nur all zu viele gute Namen,
die müßte an den Tag man kramen.
Den Drebbel und den Divini,
den Wilson, Hertel, Cuff, denn sie
wie Culpepper und Selique
wie Adams, Tolles, die ich seh'
auch Powell, Lealand, Amici
und viele andre die wie Sie.
Sie alle, die ein kleines Stück,
dazu geleistet, uns zum Glück,
so daß man heute, wie geschenkt,
den Blick ins Okular gesenkt,
erkennt und auch vielleicht versteht,
der Welten Ordnung, wie sie geht.

Nun dies Gerät, das ich beschrieben,
nein, es war gar nicht übertrieben.,
man nennt es schlicht, doch mit viel Lob,
ganz einfach nur, das Mikroskop.

 © Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Plankton der Meere – Teil IV: Metazoen

Rudolf Drews

„Alles Leben kommt aus dem Meer". Diese vielzitierte Aussage über die Herkunft der Bautypen der Organismen beinhaltet, dass Vertreter so gut wie aller Tierstämme im Meer vorkommen. Ein Teil von ihnen ist nicht nur als Larve, sondern auch als Adultstadium Bestandteil des Mikroplanktons.

Coelenteraten (Hohltiere), Polychaeten (Vielborster), Chaetognathen (Pfeilwürmer), Crustaceen (Krebstiere), Salpen und Appendicularien fehlen in keiner größeren Sommerplanktonprobe aus einem nährstoffreichen ozeanischen Gewässer.

Der Fang

Die durch mehrere Netzzüge im Netzgefäß angereicherte Probe wird in ein durchsichtiges und verschließbares Gefäß (z. B. aus Polystyrol) gegossen und bei abgedecktem Gegenlicht mit oder ohne Lupe überprüft. Ist der Inhalt vielversprechend, wird das Gefäß im Verlauf weiterer Fänge etwa zu drei Vierteln gefüllt. Zur Betäubung der empfindlichen Organismen setzt man in Abständen einige Tropfen konzentrierter Magnesiumchlorid- oder Magnesiumsulfatlösung hinzu. Wenn in dem Gefäßinhalt keine Bewegung mehr wahrgenommen wird, wird 40%iges Formalin hinzugetropft, bis die Lösung etwa 2%ig ist; das heißt man gibt etwa ein Zwanzigstel des Probenvolumens Formalin hinzu. Anschließend wird das Gefäß randvoll mit Seewasser aufgefüllt und gut verschlossen. Die vollständige Füllung ist sehr wichtig, damit während des Transportes die empfindlichen Organismen nicht durchgeschüttelt und umhergewirbelt werden.

Die Formen

Abgesehen davon, dass man bereits in der lebenden Probe die Gruppenzugehörigkeit einiger größerer Formen erkennen kann, offenbart doch erst das Mikroskop die Vielfalt. Leider treten trotz aller Präparationsvorsicht oft Schrumpfungen, unnatürliche Verbiegungen und andere Veränderungen der Organismen auf, so dass die spätere genauere Identifizierung immer ein Problem ist. Auch dichtes Anheften von Detritusteilchen und unentwirrbares Verhaken von verschieden großen Objekten wirkt sich störend aus. Spülen mit der Pipette bringt manchmal Abhilfe. Marine Planktonproben können folgenden Metazoen-Bestand aufweisen:

1. Medusen (Hydrozoen, Staatsquallen, Rippenquallen und weitere);
2. Krebstiere (Copepoden, Euphausien, Mysidaceen, Asseln);
3. Pfeilwürmer;
4. Salpen und Appendicularien;
5. Übrige mikroskopische Organismen; Junge Lanzettfischchen, Aszidienlarven, Eier, kleine Mollusken, Jungfische, Turbellarien, Ringelwürmer, vom Boden aufgewirbelte Formen wie junge Garnelen, Cumaceen, Tanaiden und Amphipoden (Flohkrebse).

Es folgen nun – teils mit Bildern belegte – Übersichten über die einzelnen Gruppen und deren Merkmale, um eine grobe Einordnung der aufgefundenen Formen möglich zu machen.

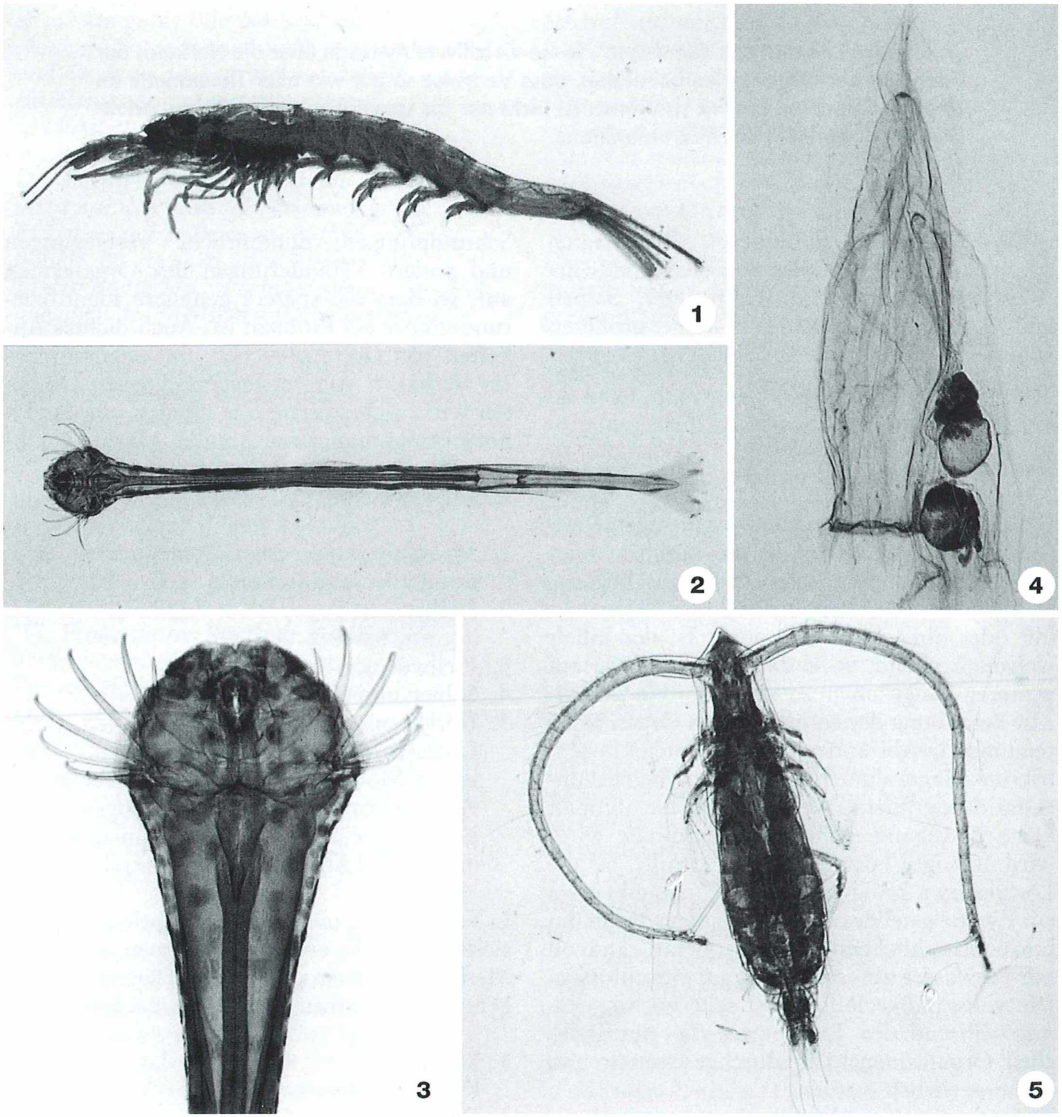
1. Medusen
   Klasse Hydrozoa
   Ordnung Hydroidea
   Leptomedusen: Glocke flach, Gonaden an den (4) Radiärkanälen (Tafel II, 2).
   Anthomedusen: Glocke hoch gewölbt, Gonaden am Magenstiel.
   Ordnung Trachylina
   Trachymedusen: Tentakeln am Glockenrand, Gonaden an (zahlreichen) Radiärkanälen, Schirmrand ungelappt.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Narcomedusen: Tentakeln auf Glockenaussenseite, Gonaden an Magenregion, Radiärkanäle reduziert, Schirmrand gelappt.

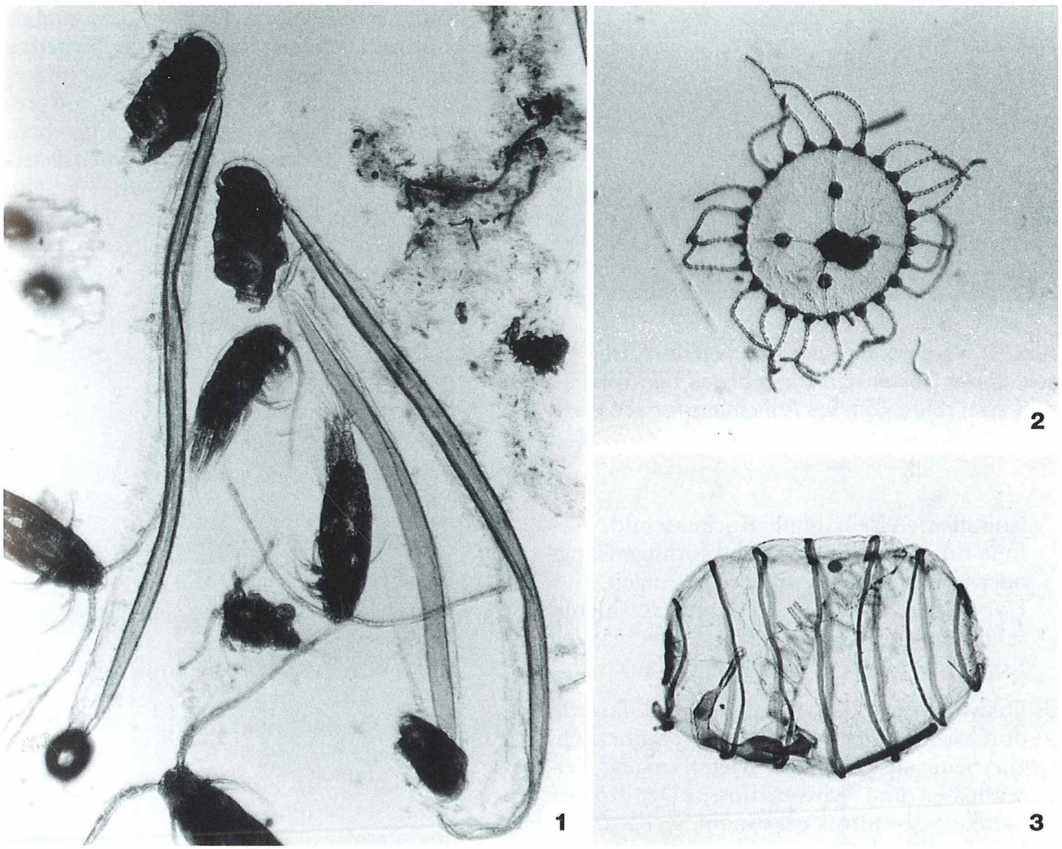
Ordnung Siphonophora (Staatsquallen) (Tafel I, 4)

Calycophoriden: Tragen am Hauptstamm sogenannte Cormidien, die leicht abfallen und als Eudoxien (einige mm groß) ein freies Leben führen und zu neuen Staatsquallen heranwachsen können. Ein Cormi-



Tafel I:
1 Euphausie (Krebs) (11 mm), Dauerpräparat.
2 Chaetognath (Pfeilwurm), 9 mm, Indischer Ozean, Dauerpräparat.
3 Vergrößertes Vorderende von 2. Gut sichtbar sind: Fangborsten, Augenpaar, Darmrohr.
4 Diphyide (zweiglockige Staatsqualle). Die untere Glocke enthält 2 Individuengruppen, 6 mm. Dauerpräparat (Indischer Ozean).
5 Copepode (Ruderfußkrebs). Planktonformen besitzen besonders lange 1. Antennen als Schwebeeinrichtung. Dauerpräparat.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www



Tafel II:
1 Appendikularien und Copepoden. Der Ruderschwanz der Appendikularien besitzt einen zarten horizontalen Flossensaum. Konservierte Probe.
2 Leptomeduse. Gut erkennbar: Tentakel, 4 Radiärkanäle, an diesen die Gonaden (Keimdrüsen), Mund (Magen). Konservierte Probe.
3 Salpe (Gruppe Cyclomyaria = Doliolida), Blastozoid (Amme; jung). Einströmöffnung rechts, Kiemenspalten, Endostyl (unten rechts), Ringmuskeln (7), Oesophagus und Magen unten links, Zentralganglion oben Mitte, Fortsatz mit Knospen außen links unten (normalerweise befindet sich der Fortsatz dorsal, im Bild also links oben); 3 mm. Dauerpräparat.

dium ist selbst ein kleiner Polypenstock aus Deckstück, Gasterozoid, Gonozoid und Tentakel.

2. Krebse
Klasse Crustacea
Phyllopoden: Wasserflöhe der Gattungen *Penilia*, *Evadne* und *Podon* (letztere beide räuberisch).
Copepoden: Hüpferlinge, Ruderfußkrebse mit 6 Beinpaaren an den Brustsegmenten, Hinterleib beinlos, oft zwei lange 1. Antennen (Tafel I, 5).
Euphausien: Garnelenförmig; Rückenschild bedeckt alle Brustsegmente, meist 6–8 gleich lange Ruderfußpaare, keine Kieferfüße. Kiemenanhänge seitlich unter Rückenschild herausragend (Tafel I, 1).
Mysidaceen: Garnelenförmig; Rückenschild überdeckt nicht alle Brustsegmente, 7 gleichförmige Ruderfußpaare, 1 Paar Kieferfüße; ♀ mit ventralem Brutraum.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

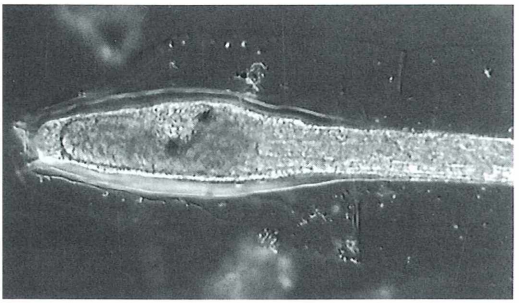


Abb. 1: Vorderende einer Aszidienlarve. Ein sehr zarter Flossensaum umgibt das Tier. Vorn sind zwei röhrenförmige Anheftungsfortsätze erkennbar. Konservierte Probe.

Isopoden: Asseln ohne Rückenschild, 6–7 freie Brustsegmente, 5–7 stabförmige Gang- oder Klammerbeine, ungestielte Augen.
Hyperiiden: Flohkrebse (Gammariden) mit sehr großen Augen, die fast den ganzen Kopf einnehmen; ausschließlich planktisch.

3. Pfeilwürmer (Chaetognatha): Glasartig durchsichtig, meist 0,5–1 cm, räuberisch, zur Seite ausklappbare Kieferborsten; Seitenflossen und Schwanzflosse. Der Körper kann dorsoventral gekrümmt werden und bei der Rückbewegung blitzartig vorwärts schnellen (Tafel I, 2, 3).
4. Manteltiere (Tunicata)
   Klasse Appendicularia: 3–10 mm, Chorda dorsalis (Rückensaite) im Schwanz. Der durch eine Drüse am Mund hergestellte Feinst-Filterapparat wird bei Störung sofort abgeworfen und ist bei Netzfängen fast nie vorhanden (Tafel II, 1).
   Klasse Ascidia (Seescheiden): Die Seescheiden sind sessil. Ihre Larven ähneln Appendicularien, besitzen aber einen Haftapparat am Vorderende (Abb. 1).
   Klasse Thaliacea (Salpen): Tonnenförmig, glasartig durchsichtig, ringförmige Muskelbänder, Bewegung durch Ausstoßen von Wasser durch die hintere Körperöffnung (Tafel II, 3).

Dauerpräparate

Gewöhnlich wird man nicht die gesamte Organismenpalette der Planktonprobe zu Dauerpräparaten verarbeiten wollen, sondern nur einige robustere Formen, die auch die bisherige Transport- und Konservierungstortur unbeschadet überstanden haben und ein ansprechendes, aussagefähiges Präparat versprechen. Diese Objekte werden aus einer kleinen Petrischale unter der Stereolupe mit einer Pipette herausgelesen und in ein Gläschen mit destilliertem Wasser überführt. Der weitere Arbeitsgang ist folgender:

1. Aqua dest., 3× wechseln, je 10 Minuten.
2. Alkoholstufen (Ethanol) 10–20–30–50–70% je 5 Minuten.
3. Boraxkarmin, unverdünnte alkoholische 70%ige Lösung, mehrere Stunden.
4. Waschen 1× in 70% Ethanol, 10 Minuten.
5. Differenzieren in 70% HCl-Ethanol (5–10 Tropfen konz. HCl in 100 ml 70% Ethanol); Kontrolle!!
6. Waschen in 70% Ethanol, 3× je 10 Minuten.
7. Entwässern über Alkoholstufen 80–85–90%, je 5 Minuten.
8. Eindecken: Euparal-Ethanol 1:4, Gefäß mit dünnem Papier oder Tuch gegen Staub abdecken, bis ein Teil des Alkohols verdunstet ist und die Konsistenz der Lösung dünn-sirupös ist. Hiermit bzw. hieraus können die Objekte nun in Euparal eingebettet werden. Zarte und voluminöse Organismen müssen mit Glasfüßchen gegen den Deckglasdruck geschützt werden.

Obwohl Boraxkarmin für Totalpräparate der Farbstoff der Wahl ist, kann auch mit Alaunkarmin gefärbt werden. Die Objekte kommen aus dem destillierten Wasser für 10 Minuten bis 2 Stunden in unverdünnte Alaunkarminlösung. Nach Waschen in destilliertem Wasser wird in 5%iger K-Alaunlösung differenziert, anschließend in destilliertem Wasser gewaschen, danach in ammoniakhaltigem Wasser gebläut. Es folgt die Entwässerung in den Alkoholstufen mit anschließender Einbettung wie zuvor.

Literaturhinweise

Dahl, F. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands, 4. Teil: Porifera-Hydrozoa-Coelenterata, Echinodermata. Gustav Fischer Verlag, Jena 1928.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Dahl, F. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands, 9. Teil: Krebstiere, I: Ruderfüßer. Gustav Fischer Verlag, Jena 1928.
Dahl, M., Bischoff, H. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands, 40. Teil, Krebstiere, IV: Flohkrebse. Gustav Fischer Verlag, Jena 1942.
Drews, R.: Pfeile des Meeres. Die Chaetognathen. Mikrokosmos *50*, 365–368 (1961).
Haeckel, E.: Kunstformen der Natur. Neudruck. Prestel-Verlag, München, New York 1998.
Ihle, J. E. W.: Salpae I, Desmomyaria. In: Das Tierreich, 32. Lieferung. Verlag von R. Friedländer und Sohn, Berlin 1912.
Neumann, G.: Salpae II: Cyclomyaria et Pyrosomida. In: Das Tierreich, 40. Lieferung. Verlag von R. Friedländer und Sohn, Berlin 1913.
Nordisches Plankton, Zoologischer Teil, 2. Band: Tunicata, 4. Band: Entemostraca, 6. Band: Coelenterata. Neudruck. A. Asher & Co., Amsterdam 1964.
Riedl, R.: Fauna und Flora der Adria. Paul Parey, Hamburg, Berlin 1963.
Ritter-Za'honi, v. R.: Chaetognathi. In: Das Tierreich, 29. Lieferung. Verlag von R. Friedländer und Sohn, Berlin 1911.
Storch, V., Welsch, U.: Systematische Zoologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm 1997.

Verfasser: Rudolf Drews,
Straße 366, Nr. 3, D - 13503 Berlin

Kurze Mitteilung

Identifikation von Reis anhand von Phytolithen

Reis ist die wichtigste Körperfrucht für die menschliche Ernährung, insbesondere in den tropischen Breiten der Alten und Neuen Welt. Auf der Suche nach Kennzeichen von fossilen Resten der Reispflanzen kamen die Archäologen auf die gut erhaltenen Phytolithen in den Spelzen an den Ähren der Reispflanze. Die einblütigen Ährchen haben mehrere Deckspelzen, die beim Dreschen als Abfall erhalten bleiben. In den zweispitzigen Spelzen befinden sich opalartige Silikat-Körper. Durch die mikroskopische Messung mit Hilfe eines Okularmikrometers können 5 verschiedene Parameter (Abb. 1) ermittelt werden. Mit Hilfe statistischer Methoden können so rezente und subfossile Reis-Reste mit einem hohen Grad von Wahrscheinlichkeit identifiziert werden. Die Phytolithen werden zur Beobachtung durch chemische Oxadation (z. B. mit Perhydrol) extrahiert und in Kanadabalsam eingebettet. Da es schwierig ist, die Spelzenzellen auf dem Objektträger zu rotieren, wird die trapezoide Seitenansicht für die Messungen benutzt.

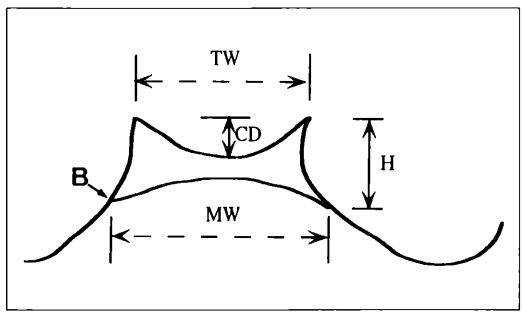


Abb. 1: Messungen an den Spelzenzellen. Basispunkt an der Oberfläche, MW Abstand zwischen den beiden Basispunkten, TW Abstand zwischen den beiden Spitzen, CD Spitzenhöhe gemessen von der gedachten Linie zwischen den beiden Spitzen und der tiefsten Stelle der Einbuchtung, H Höhe der Spitzen vom Basispunkt aus gemessen; jede Spitze kann auch einzeln gemessen werden, dann heißen die Meßwerte H1 und H2. (Abb. nach Zhao *et al.* 1998).

Zhao, Z., Pearsell, D. M., Benfer Jr., R. A., Piperno, D. R.: Distinguishing rice (*Oryze sative*, Poaceae) from wild *Oryze* species through phytolith analysis, II: Finalized method. Economic Botany *52*, 134–145 (1998).

H. F. Linskens, Nijmegen

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Mikro-Ufo

Rätselhafte Ovale mit leuchtend grüner Innenstruktur

Das diesmalige Mikro-Ufo erhielten wir von Wolfgang Jacob aus Großräschen. Die Fundobjekte stammen aus einem ca. 200 ha großen und bis zu 25 m tiefen, schwefelsauren Tagebaurestsee mit einem pH von ~3,0. Die Objekte (Abb. 1) werden seit Mitte 1998 in Proben aus diesem See, die bei Zimmertemperatur gehalten werden, beobachtet, zeigten aber bislang keine Veränderungen. Aktive Bewegungen wurden ebensowenig registriert. Typischerweise bestehen die Objekte aus einer ovalen, an einem Pol leicht konisch zulaufenden (Schleim-?) Hülle mit einer Länge von 60–80 µm und einer Breite von 25–28 µm (Abb. 2). Beginnend am stumpfen Pol erstrecken sich oftmals bis zu vier – (Schleim-?) Fäden mit einer Länge von maximal 100 µm.

In dieser Hülle findet sich stets am abgestumpften Ende eine eiförmige Struktur mit einer Länge von rund 30 µm bei einer Breite zwischen 20 und 25 µm. Diese Struktur fällt wegen ihrer lebhaft gelbgrünen Färbung auf.

Versuche zur Identifizierung dieser Organismen blieben bislang ergebnislos. Es wird spekuliert, ob es sich um eine Xanthophycee handelt.

Wer kann Herrn Jacob weiterhelfen?

Redaktion MIKROKOSMOS

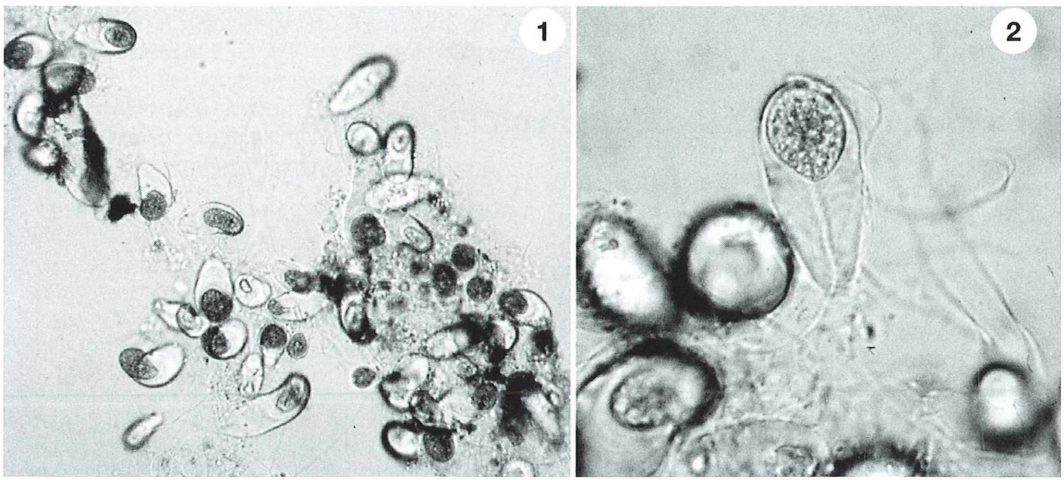
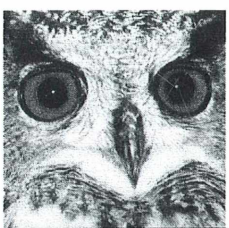


Abb. 1 und 2: Das neue Mikro-Ufo in der Übersicht (1) und im Detail (2).

ZEIT · BOMBE



Höchste Zeit, Tiere, Pflanzen, Lebensräume zu schützen! Denn wir brauchen die Vielfalt des Lebens, um selbst zu überleben. Die Bombe tickt – darum: Schützen wir uns endlich!

Spendenkonto: 100 100 · BfS Köln · BLZ 370 205 00

Gegen DM 6,– in Briefmarken erhalten Sie unsere Broschüre zum Artenschutz.

NABU

Postfach 30 10 54
53190 Bonn

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Botanik und Zoologie zwischen Karneval und Aschermittwoch

Matthias Wolf

Bildung, so schreibt 1912 Raoul Heinrich Francé, der Gründer des MIKROKOSMOS, ist die Fähigkeit, sich in Harmonie mit dem Weltall zu setzen, und wer Bildung sucht, dem ist die Pflanze ein Helfer. Volkstümlich, heute würden wir sagen populärwissenschaftlich, über sie zu schreiben, ist ihm - im besten Sinne – ein Schauspiel, ein Theater, eine symbolische Komödie von jenen Geheimnissen des Lebens. Er erkannte die Sackgasse eines Linnéismus, einer in spanischen Stiefeln eingezwängten Wissenschaft und er wollte – seiner Zeit weit voraus – die Welt der Pflanzen eben nicht nur beschreiben, sondern die Botanik als Bildungsmittel erneuern und verstanden wissen. Dabei kennzeichnet – in Anlehnung an die Wortwahl von Francé – die „Tierwerdung der Pflanze" eine Botanik und Zoologie zwischen Karneval und Aschermittwoch.

In seinem Buch „Die Welt der Pflanze" formulierte Francé im 2. *Kapitel Tierwerdung der Pflanze* seine Gedanken folgendermaßen: *Unter den einfachsten Pflanzen, den Algen und Pilzen, gibt es viele, die zweierlei Leben führen, einmal brav pflanzenhaft ansässig sind, dann wieder in einem kurzen Karneval des Daseins ungebunden umhertreiben, aus ihrer Haut fahren, tollen, das ganze Gewässer, in dem sie heimisch sind, durchrasen, bis auch ihr Aschermittwoch kommt und sie im täglichen Einerlei bloßen Vegetierens erstarren.*
[Man wird es] *nicht unbegreiflich finden, daß die Pflanzenkenner entsetzt die Hände über dem Kopf zusammenschlugen, als man ihnen zumutete, den Wechselbalg unter ihre geliebten Pflanzen aufzunehmen. Aber die Tierkenner gaben nicht locker. Wohl kriecht und schwimmt der Änderling wie ein Tier, wohl hat er etwas wie ein „Auge", sagten sie, aber er lebt ja pflanzenhaft, er genießt nicht tierische Kost, sondern assimiliert, also ist er eine Pflanze. Und es ereignete sich das Merkwürdige, daß der Botanikprofessor seinen Schülern sagte: „von diesem Wesen und seinen Verwandten wird Ihnen mein Kollege von der Zoologie mehr erzählen, denn es ist ja eigentlich ein Tier"; der Zoologe aber meinte an passender Stelle: „mit dem Änderling können wir uns natürlich nicht befassen, denn er ist ja doch offenbar eine Pflanze" Ein Verfahren, aus dem die Studenten nicht recht klug wurden.*
Es bedarf wohl keines Beweises mehr, daß man wirklich von einer Art Tierwerdung der Pflanze sprechen kann. Und das bedeutet wieder einmal etwas für das allgemeine Naturbild und daher auch für die Bildung.
Es gibt eine Berührungslinie zwischen Tier- und Pflanzenwelt. An den Grenzen beider Reiche werden sich Pflanzen und Tiere so ähnlich, daß man sie nicht mehr auseinanderhalten kann. Ohne wesentliche Lücke können wir die Eigenschaften des Menschen aus einfacheren erklären, den Stammbaum im Geiste hinab und hinauf verfolgen bis zum Infusor, eben jener Euglena, dem Änderling, der von so uraltem Adel ist, daß seine Nachkommen noch immer als Änderlinge in der Pfütze residieren, während seine Verwandten inzwischen den jahrtausendelangen Entwicklungsweg bis zum Menschen zurückgelegt haben.

Botanik, Zoologie und Allgemeine Biologie

Im Wissen um die Elementareinheit Zelle und um den Elementarprozess Evolution haben sich gegenüber einer modernen und allgemeinen Biologie die historisch gewachsenen Disziplinen Botanik und Zoologie überlebt. Die ihnen zugrundeliegenden Begriffe „Pflanze" und

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

„Tier" beschreiben beide eine Gruppe von Organismen, ohne dass man für die jeweilige Gruppe ein einigendes Merkmal nennen könnte. Weder Pflanzen noch Tiere bilden eine geschlossene Gemeinschaft im Kontext genealogischer Verwandtschaft (Ax, 1995; Hausman und Wolf, 1999). In dieser Einsicht liegt die von Francé geforderte Erneuerung und zugleich die Chance einer allgemeinen Biologie, sich im Wissen um ihre historischen Wurzeln, welche die Erkenntnisse der Botanik und Zoologie beinhalten, endgültig zu etablieren und das „In-Reichen-Denken" aufzugeben.

Literaturhinweise

Ax, P.: Das System der Metazoa. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York 1995.

Francé, R. H.: Die Welt der Pflanze – Eine volkstümliche Botanik. Verlag Ullstein & Co., Berlin, Wien 1912.

Hausmann, K., Wolf, M.: Biologische Taxonomie, Klassifikation, Systematik und Phylogenese im Widerstreit? Was ist los in der Szene? Mikrokosmos *88*, 73–83 (1999).

Verfasser: Cand. rer. nat. Matthias Wolf,
Institut für Zoologie, Freie Universität Berlin,
Königin-Luise-Str. 1–3, D - 14195 Berlin

Nachrichten

20.9.–1.10.1999: Einzellerbestimmungskurs in Salzburg

Prof. Dr. Wilhelm Foissner und Dr. Helmut Berger führen in der Zeit vom 20.9.–1.10.1999 wieder einen Bestimmungskurs für die Mikrosaprobien (Bakterien, Flagellaten, Ciliaten) der biologischen Gewässeranalyse durch. Geprägt ist der Kurs zum einen durch eine solide Theorievermittlung und zum anderen durch eigenes, selbständiges Arbeiten. Der Kurs findet im Institut für Zoologie der Universität Salzburg statt. Prof. Foissner weist ausdrücklich darauf hin, dass auch Liebhaber-Mikroskopiker herzlich eingeladen sind.

In diesem Kurs, der mit Ausnahme des Sonntags (26.9.) täglich von 9.00 bis 18.00 Uhr läuft, werden die wesentlichen lichtmikroskopischen Präparationstechniken zur Bestimmung von Einzellern erlernt und grundsätzliches Wissen über die Saprobien-Hauptgruppen vermittelt. Das Ziel ist die Bestimmung der Mikrosaprobien aus Fließgewässerproben und Belebtschlämmen. Für Samstag, den 25.9., ist eine Exkursion ins Ibmer Moor zum Sammeln von Freilandproben geplant.

Der Unkostenbeitrag für diese zweiwöchige Veranstaltung beträgt 500,– DM; von Studenten werden keine Gebühren erhoben.

Anmeldungen sind Herrn Prof. Foissner, Institut für Zoologie, Universität Salzburg, Hellbrunnerstr. 34, A-5020 Salzburg, Österreich, schriftlich zuzusenden. Weitere organisatorische Informationen werden nach verbindlicher Platzbestätigung mitgeteilt.

Leica Fortbildungsveranstaltung Einbetten von Weichgewebe und Knochenmaterial in Kunststoff

Der Kurs beschäftigt sich mit der Herstellung von Präparaten, die die Anfertigung von Dünnschnitten verschiedener Gewebe (Knochen, Weichgewebe) für die lichtmikroskopische Untersuchung erlaubt. Er findet vom 22.–23. 07. 1999 im Applikationszentrum der Firma Leica Microsysteme Vertrieb GmbH, Lilienthalstraße 39–45, 64625 Bensheim, statt. Nähere Informationen können schriftlich oder telefonisch unter 0 62 51/1 36-1 31 (Frau Esinger) erfragt werden.

 © Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Rote Euglenen aus Fischteichen

Heinz Schneider und Bruno P. Kremer

Grüne Algen können durch Beladung mit zusätzlichen Pigmenten auch stärker rötlich gefärbt sein. Ein gut bekannter Träger dieser deckenden Zusatzfärbung ist die Blutregenalge *Haematococcus pluvialis*. Aber auch bei den Augenflagellaten (Euglenophyceae) kommen solche ungewöhnlichen Färbungen vor.

Der Anblick einer auffälligen Färbung in einem Kleingewässer lässt den erfahrenen Mikroskopiker sofort auf besondere Objekte und interessante Beobachtungen hoffen. Wenn es sich dabei um eine rote Wasserblüte handelt, ist die Erwartung besonders gespannt. Eine zarte Rotfärbung des Wassers sowie der roten Bodensatz in einer Gesteinsmulde, einem Betontrog, einer Vogeltränke oder gar im Weihwasserbecken eines Kirchleins erweist sich fast regelmäßig als Besiedlung mit dem Flagellaten *Haematococcus pluvialis*. Ganz anders ist die Situation, wenn Gräben und/oder Teiche intensiv rot gefärbt sind.

Euglena-Massenvermehrung in Fischteichen

In zwei Teichen eines Forellenzuchtbetriebs im pfälzischen Eusserthal hatte sich im Sommer 1998 eine braunrote Färbung entwickelt, die deren gesamte Ausdehnung erfasste. Besonders intensiv zeigte sie sich an der Wasseroberfläche, wo sich ein Neustonhäutchen mit flockigen Zonen ausgebildet hatte. Die Urheber dieses Phänomens waren durch Haematochrom rot gefärbte *Euglena*-Flagellaten, deren mobile Stadien und kugelige Ruheformen die Teiche bevölkerten.

Als Haematochrom beschreibt die ältere Literatur farbtragende Einschlüsse im Cytoplasma der Zellen. Anders als bei den orangegelb oder rötlich gefärbten Vegetationsorganen höherer Pflanzen kommen bei den Algen keine Chromoplasten vor. Die auffällige Rottönung ist folglich kein Plastidenmerkmal, sondern geht auf frei im Zellplasma liegende Strukturen zurück, die ähnlich aufgebaut sind wie der Augenfleck (Stigma): Es sind membranumhüllte Tröpfchen unterschiedlicher Größe, die mit verschiedenen Carotinoiden (überwiegend β-Carotinoiden, dazu wenige andere Vertreter dieser Stoffklasse) angefüllt sind (Walne, 1980). Wir behalten hier der Einfachheit halber den älteren Ausdruck „Haematochromkörnchen" bei, obwohl sie eigentlich keine granulären Strukturen darstellen.

Erste Proben ergaben, dass die Neustonflocken aus den Fischteichen überwiegend mit inaktiven, geißellosen Zellen besetzt waren. Sie lagen in Schleim eingebettet zu Gruppen unterschiedlicher Größe vereinigt (Abb. 1). Die aktiven Stadien fanden sich vor allem darunter im freien Wasser, das – wie die Schöpfproben erwiesen – ebenfalls rot getönt war. Die Flocken enthielten auch Zelltrümmer, die anhand der darin noch vorhandenen Haematochromkörnchen klar als *Euglena*-Reste zu identifizieren waren. Haematochromkörner im Zellinneren überführten auch so manchen Vertreter der Begleitfauna als Konsumenten oder Räuber von *Euglena*-Zellen. Das galt beispielsweise für Amöben und für farblose Flagellaten wie *Peranema*. Eindeutig als Räuber erwiesen sich Rädertiere der Gattung *Asplanchna*, weil in ihrem transparenten Körper rote, kugelig kontrahierte Euglenen zu erkennen waren.

Euglenen unter dem Mikroskop

In frisch angesetzten Präparaten sah man bei schwacher Vergrößerung die 80–120 µm großen Flagellaten langsam durch das Gesichtsfeld gleiten. Die Zellen waren länglich oval, spindelförmig, zum Hinterende zugespitzt, am Vorderende hingegen etwas verjüngt und abgerundet. Eine Schwimmgeißel war bei diesen in langsamer Bewegung befindlichen Objekten nicht zu erkennen und auch der für

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Abb. 1: Die Färbung des Neustonhäutchens wird vor allem von Ruhestadien der roten Euglenen verursacht.

Abb. 2: Unter dem Mikroskop zeigten sich zunächst mobile Euglenen ohne erkennbare Schwimmgeißeln.

Euglenen typische Augenfleck war nicht bei allen Individuen wahrnehmbar (Abb. 2). Im Laufe der Untersuchung traten im Präparat aber immer mehr begeißelte Stadien auf, die unter Rotation zügig schwammen (Titelbild).
Der Blick in das Innere der Zellen war in diesen Lebendpräparaten nur begrenzt möglich, weil im vollen Licht die zahlreichen Haematochromkörnchen die Chloroplasten überdeckten. Zudem hatten die Flagellaten große Mengen Paramylon gespeichert (Abb. 3). Nur das Stigma erschien in kräftigem Rot. Die wohlentwickelte Schwimmgeißel dieser Euglenen befand sich in unablässiger Bewegung, so dass deren Länge nur geschätzt und als mehr als körperlang angenommen werden konnte. Zudem reizte das Pipettieren, das Auflegen des Deckglases und ganz besonders dessen zunehmender Pressdruck die Euglenen zum Abwerfen ihrer frei ins Wasser ragenden Geißel (Abb. 4).
Weitere Organellen des Zellinneren wurden nach Fixierung in Formol sichtbar, weil dieses Reagenz das Paramylon auflöst (Pringsheim, 1956). Zwar erwies sich dieses Verfahren als recht grob, doch ließ sich so der Zellkern mit seinem Nucleolus klar darstellen und die Chloroplasten traten deutlich hervor und erwiesen

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

sich als kompliziertes System aus unterschiedlich geformten Elementen. Jedoch wurden formolbehandelte Präparate völlig entfärbt und auch das Stigma war dann nicht mehr aufzufinden.
Die Arbeit wurde nun ausschließlich mit lebendem Material fortgesetzt. Am besten eigneten sich dafür Euglenen aus Proben, die im Labor unter eingeschränkter Helligkeit gehalten wurden, weil dadurch das störende Haematochrom deutlich reduziert war.

Diagnostische Probleme

Seit Ehrenberg im Jahre 1830 für die rote *Cercaria viridis* Müller 1790 die Gattung *Euglena* aufstellte und diesen Flagellaten als *Euglena sanguinea* beschrieb, sind eine ganze Reihe von Haematochrom produzierenden Euglenen vorgestellt worden. Ob alle diese gut begründete oder begründbare Arten sind, ist seitdem immer wieder bezweifelt worden (vergl. auch Heynig, 1997), weil manche Diagnosen aus heutiger Sicht unzureichend waren. Besonders gilt dies für die Art *Euglena haematodes,* auf die wir weiter unten näher eingehen werden. So weist Pringsheim (1956) darauf hin, dass die *Euglena sanguinea*-Gruppe, zu der einige der neu benannten Arten als nahe Verwandte gezählt werden, eher als eine Reihe infraspezifischer Formen der Art *E. sanguinea* aufzufassen ist. Als solche könnten *Euglena rubida, E.*

▲
Abb. 3: *Euglena*-Flagellat im Tageslicht. Haematochromkörnchen (schwarze Punkte im Bereich des Periplasten der Zelle) überdecken die Chloroplasten. Große Paramylonkörner versperren die Sicht ins Zellinnere.

▶
Abb. 4: Unter dem Pressdruck des Deckglases verformen sich die Zellen. Das führt zum Abwerfen der Schwimmgeißel.

 Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

rubra, E. purpurea und vielleicht auch *E. haematodes* gelten. Inzwischen sind jedoch frühere Beschreibungen durch weitere Beobachtungen ergänzt worden, so dass für einige davon der Status einer Art gesichert scheint. Trotz dieser Verunsicherung schien die Bestimmung der Urheber der Wasserblüte in den Eusserthaler Teichen zunächst recht einfach, weil unter den aus der Literatur bekannten Arten nur drei als Verursacher derart flächendeckender Färbungen genannt werden. Es sind dies *Euglena sanguinea, E. haematodes* und die von Härdtl 1935 beschriebene *E. heliorubescens*. Es ging also darum, die Kriterien dieser Formen auf die Merkmale der Eusserthaler Objekte anzuwenden. *Euglena heliorubescens* dürfte aus dem Vergleich von vornherein ausscheiden, weil bei dieser Art die aus dem Schrifttum bekannten Daten hinsichtlich Größe und Form der Chloroplasten von den am Eusserthaler Material feststellbaren Kennzeichen ganz erheblich abweichen. Es war also nur noch die Differentialdiagnose zwischen *Euglena sanguinea* und *E. haematodes* zu stellen. Diese Aufgabe fiel aber wegen der großen Ähnlichkeit der beiden Formen und infolge widersprüchlicher Bewertung ihrer Merkmale durch manche Autoren nun doch nicht ganz leicht. Zudem stand ja nur eine der beiden Arten original zur Verfügung.

Die Art *Euglena haematodes* wurde von Ehrenberg anhand von Material aus Sibirien aufgestellt, aber nicht als *Euglena*, sondern wegen des fehlenden Stigmas unter der Artbezeichnung *Astasia haematodes*. Lemmermann beobachtete die neue Art 1896 in Forellenteichen bei Osnabrück als Urheberin ausgedehnter roter Neustonhäute, benannte sie um und stellte sie als *Euglena haematodes* vor. Die Beschreibung dieser Art in der Kryptogamenflora der Mark Brandenburg (Band 3) und in Heft 2 von Paschers Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz enthält aber kein Bild. Von anderen Autoren veröffentlichte Zeichnungen brachten indessen kaum verwendbare Details und waren daher für die sichere Bestimmung ebenfalls unbrauchbar. So galt *Euglena haematodes* seither als die Art ohne Augenfleck, die von der sehr ähnlichen, aber mit einem Stigma ausgestatteten *Euglena sanguinea* leicht zu unterscheiden sein sollte.

Das schien eine sichere Ausgangslage für die Artdetermination zu sein. Ihre Gültigkeit wurde aber immer wieder in Frage gestellt. So erwähnt Schoenichen 1925 in seinem Bestimmungsschlüssel das Stigmaproblem überhaupt nicht, sondern hebt als Unterscheidungsmerkmal gegenüber *Euglena haematodes* lediglich die Spiralreihen feiner Höckerchen hervor, die den Periplasten von *Euglena sanguinea* auszeichnen, und bezeichnet im Gegensatz dazu die Außenfläche der *E. haematodes*-Zelle als glatt. Bezüglich der übrigen Merkmale wird der Anwender seines Schlüssels mit der Formulierung „sonst wie Vorige" auf *Euglena sanguinea* verwiesen. Szabados veröffentlichte 1936 eine Arbeit aus Szeged, in der sie *Euglena haematodes* mit Stigma abbildete. Jahn (1946) stellte zu diesem Problem fest, dass alle Chlorophyll führenden Species ein Stigma aufweisen, und auch Pringsheim (1956) vertrat diese Einschätzung hinsichtlich aller Euglenen. Bei der Analyse ihrer eigenen Arbeiten fand Goydics (1953) im Vergleich mit den Daten von Scabados und von Jahn heraus, dass ihre mit einem Stigma ausgestatteten *Euglena haematodes* mit den dort beschriebenen Euglenen artgleich seien. Es sei auch erwähnt, dass Fott (1971) in seiner Algenkunde eine Abbildung von Ettl aufgenommen hat, die *Euglena haematodes* mit einem wohlentwickelten Stigma darstellt. Als Ursache dafür, dass ein so charakteristisches Organell wie das Stigma schlicht übersehen werden konnte, wird seine mit den Haematochromkörnern übereinstimmende Rottönung angesehen. Wenn diese zum Vorderende der Zelle hin konzentriert sind, können sie den Augenfleck vollständig maskieren oder unbedeutend erscheinen lassen. Besonders gilt das wohl, wenn Farbkörnchen miteinander verklumpen. So ist Huber-Pestalozzis Bestimmungsschlüssel (1955), der das Fehlen eines Stigmas als verlässliches Merkmal anführt, an dieser Stelle (S. 37) nur mit Vorsicht anzuwenden. Das gilt besonders auch deshalb, weil er (S. 89) feststellt: *Bei intensiv gefärbten Individuen ist eine Unterscheidung zwischen Euglena haematodes und Euglena sanguinea meist recht schwierig. Sehr häufig ist bei Euglena sanguinea kein Stigma festzustellen, und die Streifung der Membran ist bei starker Anfüllung mit Reservestoffen auch oft nicht zu sehen. Außerdem stimmen Gestalt und Dimensionen bei beiden Arten weitgehend überein. Aus diesen Gründen sind die Bestimmungen von Euglena haematodes nur mit Vorbehalt aufzunehmen.*

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Zu welcher Art gehören die Eusserthaler Euglenen?

Um die Frage nach der Artzugehörigkeit beantworten zu können, war festzustellen, ob der Periplast der Euglenen aus unseren Proben tatsächlich die spiralig verlaufenden Höckerchen aufweist oder im Sinne Lemmermanns als glatt zu bezeichnen ist. Dabei gilt es ferner zu beachten, dass Lemmermann dieses wichtige *E. sanguinea*-Merkmal als „meist kaum erkennbar" bewertete und dass vierzig Jahre später Goydics ihre *E. haematodes*-Funde, wenn auch nicht mit Höckerspirale, aber doch mit Stigma und mit einer außerordentlich feinen Streifung („exceedingly faint") ausgestattet fand.
Die Flagellaten aus unserem Labor hatten ihr Haematochrom – wie zu erwarten – ins Zellinnere verlagert, so dass entlang des Randes die Spur von Chloroplasten in Form grüner Streifen sichtbar wurde (Abb. 5). Optische Schnitte zeigten, dass die Bahn dieser oberflächennahen Glieder des Chloroplastensystems entlang der Innenflanke des Periplasten verläuft und dass auch in den Zwischenräumen Haematochromkörnchen eingelagert sind. Infolge der beengten Situation und des zunehmenden Wasserverlustes unter dem Deckglas nahmen die Flagellaten oft recht ungewöhnliche Formen an, was sich aber für die Untersuchung als ausgesprochen förderlich erwies.
An dieser Stelle sei gezeigt, wie der zunehmende adhäsive Pressdruck des Deckglases zu wichtigen Informationen verhelfen kann: Die Euglena in Abbildung 6 ist im Begriff sich zu verformen. Man sieht aber noch, dass Ausläufer des Chloroplastensystems die Ampulle umhüllen, und dass die Haematochromkörnchen über die ganze Zelle vom Vorderende bis in das

Abb. 5: Bei der Zucht im gedämpften Licht werden die Chloroplasten deutlich erkennbar. Nahe der Zelloberfläche liegende Bänder sind parallel zur Spiralstreifung des Periplasten orientiert.

 Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Abb. 6: Der Ort des Zellkerns ist bei dieser *Euglena* als helle Zone in der hinteren Zellhälfte erkennbar.

zugespitzte Hinterende hinein verteilt sind. Die Position des Zellkern zeichnet sich als heller Fleck in der hinteren Zellhälfte ab. Unter dem Deckglasdruck werden solche Zellen nun zusehends flach und rundlich. Man erkennt in Abbildung 7, dass das wohlentwickelte Stigma (Bildmitte) dabei zerquetscht und schließlich aufgelöst wird (Zelle links am Bildrand). Ehe es zu diesem Ende kommt, lässt sich aber noch die Bahn der streifen- bis spindelförmigen oberflächennahen Chloroplasten betrachten, zwischen denen Haematochromkörnchen gelagert sind. Im vorliegenden Fall (Abb. 8) wird auch deutlich, wie das ursprünglich markante Stigma infolge Überlagerung und Abdeckung durch Chloroplasten (oben links im Bild) seine Attraktivität einbüßt und neben zum Teil verklumpten Haematochromkörnchen zur Bedeutungslosigkeit herabsinkt. So wird es auch den in Abbildungen 4 und 5 vorliegenden Objekten ergehen, weil sie schließlich in die gleiche Situation geraten wie die Zelle von Abbildung 8. Sie werden ihre Geißel abwerfen und zuletzt zugrunde gehen. Für unsere Untersuchung waren aber gerade solche Stadien wichtig, denn so ergab sich die günstige Gelegenheit, die Zelloberfläche in Augenschein zu nehmen. Die Rauheit im Oberflächenbereich, wie sie sich besonders in Abbildung 5 präsentiert, erwies sich bei stärkerer Vergrößerung (Neofluar 63:1 Öl) zwar vorwiegend durch Anhäufung körniger Zelleinschlüsse verursacht, jedoch zeigte sich beim Fokussieren auch eine durch Höcker markierte Spiralstreifung des Periplasten (Abb. 9), wie sie der Art *Euglena sanguinea* zugeschrieben wird.

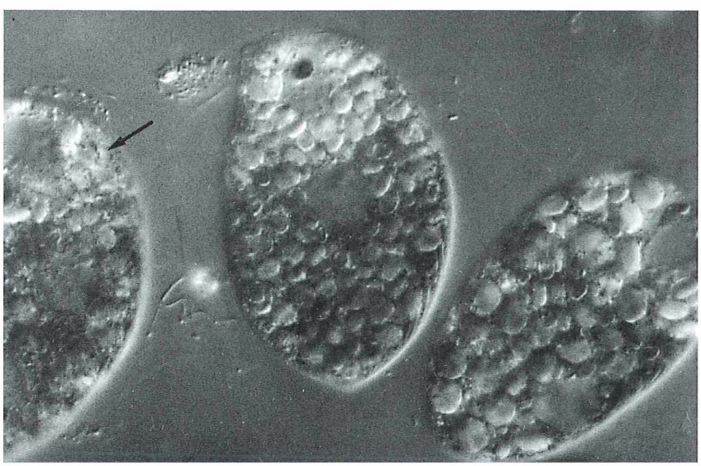


Abb. 7: Das Schwinden des Wasserfilms im Präparat führt zur Zerstörung des Stigmas (Pfeil).

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

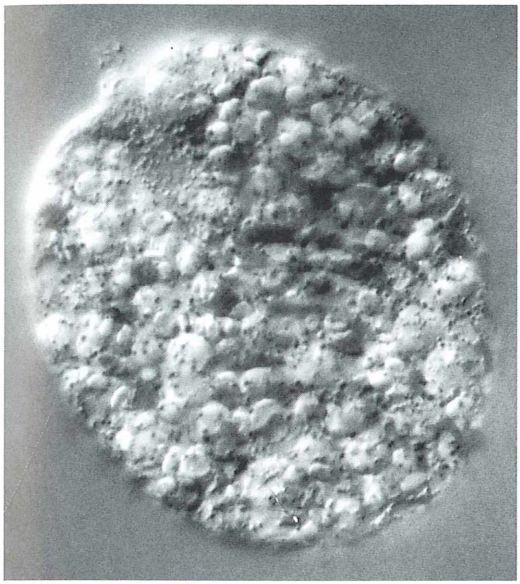


Abb. 8: Infolge Überlagerung durch Chloroplasten ist das Stigma dieser Zelle kaum mehr zu erkennen.

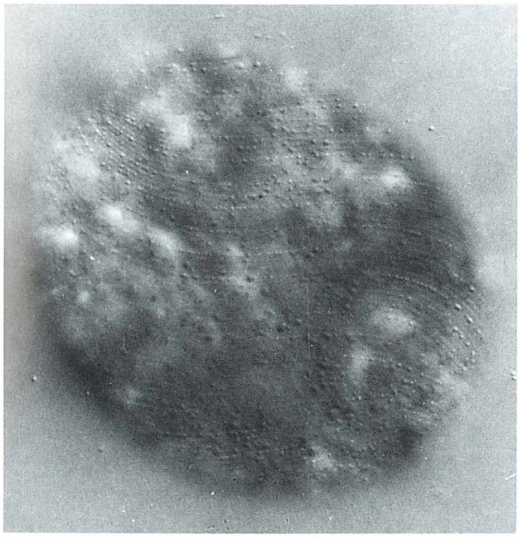


Abb. 9: Die durch winzige Höcker markierte Spiralstreifung der Zelle gilt als wichtigstes Merkmal der Art *Euglena sanguinea*.

Unsicher bis in die jüngste Zeit blieb offensichtlich die Einschätzung der Morphologie von *Euglena haematodes*. Trotz anders lautender Darstellungen bei Szabados, Jahn und Goydics wurde die Art weiter als *Euglena* ohne Stigma abgebildet, so bei Huber-Pestalozzi (1955) und sogar bei Starmach (1983), der eine Zeichnung von Kol aus dem Jahre 1929 verwendete. Zur endgültigen Klärung des Problems müssten aus Wasserblüte-Situationen *E. haematodes*-ähnliche Euglenen gesammelt und im Differentialinterferenzkontrast daraufhin untersucht werden, ob sie die von Goydics beschriebene Periplaststreifung aufweisen und worin sich diese vom Streifenmuster der *Euglena sanguinea* unterscheidet. Da jedoch rote *Euglena*-Wasserblüten keine alltäglichen Erscheinungen sind, muss dies wohl vorerst eine Wunschvorstellung bleiben.

Literaturhinweise

Buetow, D. E.: The biology of *Euglena*, vol. I–IV. Academic Press, New York and London 1968–1989.

Fott, B.: Algenkunde, 2. Aufl. Gustav Fischer Verlag, Jena 1971.

Goydcis, M.: The genus *Euglena*. The University of Wisconsin Press, Wisconsin 1953.

Günther, F.: Über den Bau und die Lebensweise der Euglenen, besonders der Arten *E. terricola, geniculata, proxima, sanguinea* und *lucens* nov. spec. Arch. Protistenkde. *60*, 511–590 (1927/28).

Härdtl, H.: Einiges über den Bau und die Lebensweise einer neustonbildenden roten *Euglena*. Beihefte z. Botan. Zentralbl. Abt. A. *53A*, 606–619 (1935).

Heynig, H.: Beobachtungen an einer rot gefärbten *Euglena*-Art. Mikrokosmos *86*, 73–76 (1997).

Huber-Pestalozzi, G.: Das Phytoplankton des Süßwassers, Bd. 4. Euglenophyceen. In: Thienemann, A. (Hrsg.): Die Binnengewässer. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1955.

Jahn, T. L.: The euglenoid flagellates. Quart. Rev. Biol. *21*, 246–274 (1946).

Kol, E.: Wasserblüte der Sodateiche auf der Nagy Magyar Alföld (Große ungarische Tiefebene). Arch. Protistenkde. *66*, 515–522 (1929)

Lemmermann, E.: Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Bd. 3, Algen 1. Verlag v. Gebr. Borntraeger, Leipzig 1910.

Lemmermann, E.: Flagellatae II. In: Pascher, A. (Hrsg.): Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Gustav Fischer Verlag, Jena 1913.

Mainx, F.: Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Eugleninen. Teil I: Morphologische Beobachtungen, Methoden und Erfolge der Reinkultur. Arch. Protistenkde. *60*, 305–354 (1927).

Mainx, F.: Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Eugleninen. Teil II: Untersuchungen über

 © Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

die Ernährungs- und Reizphysiologie. Arch. Protistenkde. *60*; 355–414 (1928).
Pringsheim, G.: Contributions towards a monograph of the genus *Euglena*. Nova Acta Leopoldina, Bd. *18*. Joh. Ambr. Barth. Verlag, Leipzig 1956.
Schoenichen, W.: Einfachste Lebensformen des Tier- und Pflanzenreiches. Band I: Spaltpflanzen, Geißelinge, Algen, Pilze. 5. neu bearb. Aufl. von Eyfert-Schoenichen. Hugo Bermühler Verlag, Berlin Lichterfelde 1925.
Szabados, M.: *Euglena* vizsgálatok. Acta biol. Szeged *4*, 49–95 (1936).
Walne, P. I.: Euglenoid flagellates. In: Cox, E. R. (ed.): Phytoflagellates. Elsevier North Holland Publisher, New York 1980.

Verfasser: Prof. Dr. Heinz Schneider,
Oberer Steinweg 21, D - 76829 Landau, und
Dr. Bruno P. Kremer,
Johann-Henk-Straße 35a, D - 53343 Wachtberg-Pech

Werbet
für den Mikrokosmos!

Eigenanzeige des MIKROKOSMOS aus Band 14, 1920/21

Kurze Mitteilung

Neues über Gymnophrys cometa

Vor einiger Zeit konnte ich eine Ortsveränderung dieser Amöbe beobachten, bei der der gesamte Zellinhalt über ein dickes Pseudopodium wie durch eine Pipe Line an einen anderen Ort transportiert wurde [MIKROKOSMOS *87*, 177–179 (1998)]. Dieser Vorgang wiederholte sich nun in einer neun Tage alten Probe vom gleichen Fundort, einer mit verrottetem Laub gefüllten Waldwegpfütze, im März 1999. Dieses Mal war der Abstand vom alten zum neuen Hauptkörper der Amöbe jedoch weit größer als damals, nämlich direkt gemessen 3 mm! Wegen mehrerer Bögen maß der gesamte Weg mindestens 3,5 mm, etwa das 60fache des Hauptkörperdurchmessers. Der Umzug folgte einem 4 mm langen Pseudopodium, erreichte aber dessen feines Ende nicht, und dauerte wiederum etwa 30 Minuten. Das Plasma strömte sehr kräftig und beulte den Strang in fast gleichmäßigen Abständen zu rasch wandernden Paketen aus – ein sehr eindrucksvolles Bild. Gegen Ende des Umzugs floss das Plasma über 400 µm hin und her, bis sich der neue Hauptkörper schließlich abrundete. Am neuen Ort blieb er mehrere Stunden unbeweglich, bildete das nahe Netz dünner Pseudopodien aus und verlängerte das große Pseudopodium auf 1500 µm weiter in der beim Umzug eingeschlagenen Richtung. Ich hoffte daher auf einen neuen Umzug, konnte aber am nächsten Morgen nach 8 Stunden die Amöbe in der ganzen Petrischale nicht mehr finden.
Vermutlich erfolgt ein Ortswechsel häufiger als angenommen; ich wundere mich, dass er von anderen Beobachtern bislang nie beschrieben wurde.

E. Hippe, Neu-Isenburg

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Ein Mikroskop zum Schnäppchenpreis: Das 'Biolam' der russischen Firma Lomo

Rainer Hendel

In der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts setzten die Erzeugnisse der deutschen optischen Industrie weltweit Maßstäbe und wurden weltweit kopiert. Heute noch produzieren Firmen in China und Rußland in erstaunlicher Qualität und zu niedrigen Preisen Nachbauten von Geräten, die vor Jahrzehnten in unseren Landen modern waren. Die Firma Lomo, ein russischer Optik-Konzern, dessen riesige Produktpalette von größten Spiegelteleskopen bis zur billigen Kult-Kamera reicht, stellt ein Mikroskop her, das sich in vielen Details und vor allem bei Optiken und Kondensoren an Zeiss-Konstruktionen zwischen 1930 und 1950 anlehnt. Es verdient wegen seines außerordentlich guten Preis-Leistungsverhältnisses die Aufmerksamkeit aller Amateure und Studenten, aber auch von Schulen und Instituten, die auf ihren Etat achten müssen.

In diesem Bericht wird das Biolam-Mikroskop der Firma Lomo sehr kritisch unter die Lupe genommen und Stück für Stück durchgetestet.

Das Stativ

Dem robusten Stativ des Biolam sieht man die Verwandtschaft mit der Zeiss-L-Serie der dreißiger Jahre kaum mehr an, denn seinem Arm fehlt der elegante Bogen. Doch wie beim Vorbild wirkt der Grobtrieb auf den Tubusträger und nicht auf den Tisch. Man kann also Objektivsätze verschiedener Abgleichlängen verwenden, ohne die Entfernung zwischen Kondensor und Beleuchtung verändern zu müssen. Das ist vor allem dann günstig, wenn dort eine Blitzeinrichtung eingefügt werden soll. Der Feintrieb – auch er wirkt auf den Tubusträger – ist in Anlehnung an ein Patent der Firma Beck vom Ende der fünfziger Jahre als waagerechte Scheibe im Mikroskopfuß ausgeführt. Man gewöhnt sich schnell daran; ich empfinde es sogar als ausgesprochen praktisch, mit dem Mittelfinger diese Scheibe hin und her schieben zu können, während ich in derselben Hand einen Kameraauslöser halte.
Tuben, Kondensoren und der vierfache Objektivrevolver sind wechselbar. Eine Ringschwalbe von 37 mm nimmt die Tuben auf, so dass man auch Konstruktionen von Meopta und Zeiss-Jena verwenden kann. Die Kondensoren sitzen in einer durch Zahn und Trieb höhenverstellbaren Steckhülse von 37 mm Durchmesser, die über drei Schrauben nicht sonderlich bequem zu zentrieren ist.
Über die lieferbaren Tische lässt man sich am besten beraten. Ich verwende einen für die Mikrofotografie empfehlenswerten drehzentrierbaren Kreuztisch und einen drehbaren Rundtisch, auf dem man einen Kreuzobjektführer befestigen kann. Zum Stativ gehört noch ein Hohl- und Planspiegel; weitere Beleuchtungseinrichtungen sind über ein Loch in der Grundplatte anzusetzen.

Die Tuben

Alle Tuben sind für die übliche mechanische Tubuslänge von 160 mm und das traditionelle Okular-Steckmaß von 23,2 mm ausgelegt. Der monokulare und der binokulare Schrägtubus sind nur für die visuelle Betrachtung gedacht. Preisbewusste Fotografen werden den Kamera-Aufsatz zu schätzen wissen. Er besteht aus drei Teilen: einem Tubus, dem darin einzusetzenden Fotookular und dem darüberliegenden Grundkörper mit Einstellfernrohr, fest eingebautem Reflexionsprisma (60% Licht zur Kamera, 40% ins Einstellfernrohr) und M-42-Gewinde. Dazu werden zwei Fotookulare mit positiver Brennweite geliefert: ein Huygens- und ein

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

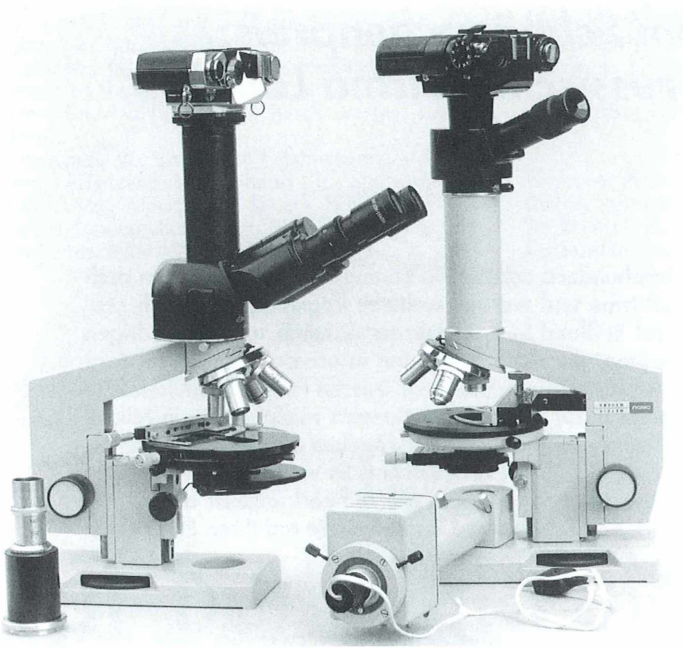


Abb. 1: Die wichtigsten Bauteile zum Biolam: rechts: Stativ mit Kamera-Aufsatz, planachromatischer und apochromatischer Optik, drehzentrierbarem Rundtisch (der Objektführer ist nicht von Lomo), Kondensor nach Abbe-König, Köhlerleuchte; links: Stativ mit trinokularem Fototubus, Kompensations-Weitfeldokularen 10x, Phasenkontrast-Achromaten, drehzentrierbarem Kreuztisch, Phasenkontrastkondensor. ganz links: der gerade monokulare Tubus mit ausziehbarem Okularstutzen.

Kompensationsokular. Wer sie in mikrofotografischen Geräten anderer Hersteller verwenden will, kann sie einzeln beziehen. Man erreicht damit auf dem fotografischen Negativ eine Nachvergrößerung des reellen Zwischenbildes um die Bild-Übertragungsfaktoren 3× und 4,3×. Die Bauteile sind (wie alle anderen Zusatzteile zum Biolam) in einem wunderschönen, stabilen Holzkästchen untergebracht, das auch einen ganzen Satz Farb- und Graufilter enthält und so dimensioniert ist, dass noch ein Kameragehäuse mit hineinpasst. Das Objekt wird über das Einstellfernrohr auf einer Strichplatte scharfgestellt und zugleich in der optisch mit der Einstellebene konjugierten Filmebene abgebildet. Die Kamera wird über das M-42-Gewinde angeschraubt. Die Adaption von Kameras mit anderen Anschlüssen erläutere ich bei der Beschreibung des trinokularen Fototubus.

Die Vorteile des Gerätes sind das helle Einstellbild, die geringe Neigung zu Reflexen, da sich zwischen Objektiv und Okular nur der Strahlenteiler befindet, und die mindere Fehlerquote. Dank des fest montierten Prismas ist man nämlich auch in aufregenden Situationen stets aufnahmebereit. Als Nachteile sind der komplizierte Okularwechsel und die auf Dauer doch recht anstrengende einäugige Beobachtung zu werten. Außerdem läßt sich die Zentrierung einer Phasenkontrasteinrichtung nicht ganz einfach kontrollieren, da das Einstellfernrohr nicht entfernt werden kann.

Wer mit dem Biolam viel fotografieren will, sollte sich den trinokularen Vario-Tubus gönnen. Zum Preis von derzeit DM 690,– bietet er nicht nur einen Kameraanschluß für M-42-Gewinde, sondern auch ein eingebautes Foto-Kompensationsprojektiv mit negativer Brennweite und einen Vergrößerungswechsler, der es erlaubt, den Abbildungsmaßstab mit den Werten 1,1×, 1,6× und 2,5× zu variieren. Wenn man über die M-42-Adapter der Firma Hama, Postf. 80, 86651 Monheim, eine Olympus OM oder eine Nikon anschließen will, kommt eine weitere vergrößernde Komponente hinzu (bei Olympus beträgt sie ca. 1,3×), denn die Anschlußstücke für diese beiden Kameras enthalten eine Zwischenlinse. Auf den Negativen meiner Olympus OM-2 habe ich die folgenden Bild-Übertragungsfaktoren für Tubus, Projektiv plus Kamera-Adapter ausgemessen, um die das reelle Zwischenbild nachvergrößert wird: ca. 3,4× bei Einstellung auf 1,1; ca. 5× bei Einstellung auf 1,6 und ca. 7,9× bei Einstellung auf 2,5. Für die Mikrofotografie sind die Werte 1,1 und 1,6 zu empfehlen. Die Abbildung bei 2,5 ist um eine Papiergradation kontrastärmer.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://

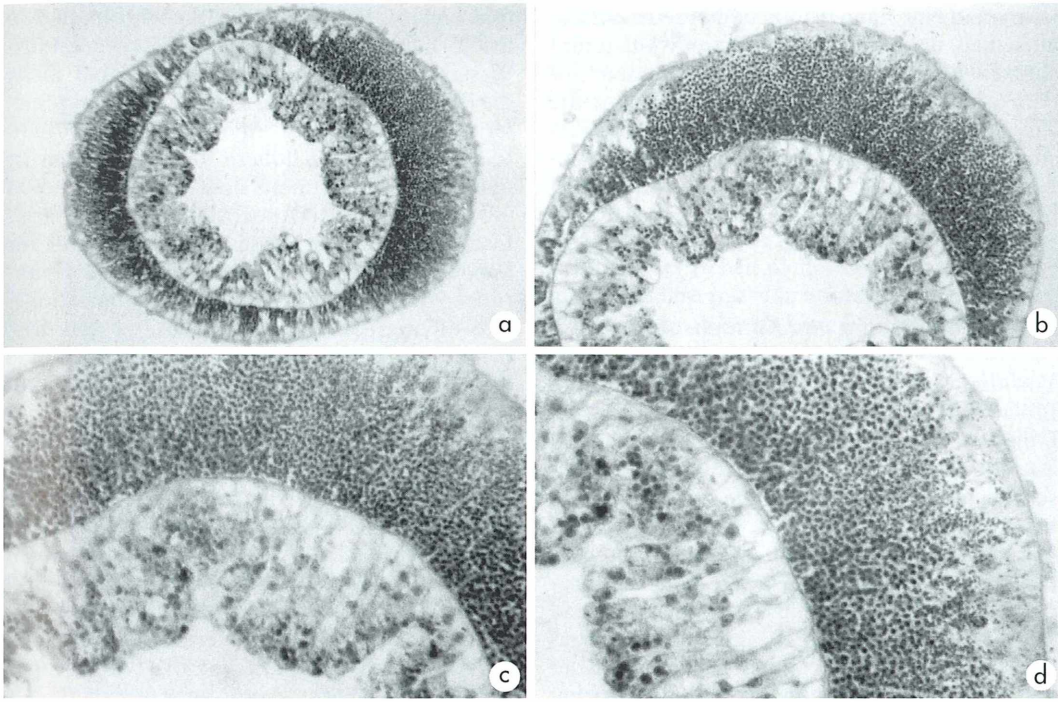


Abb. 2 a–d: Die Wirkung des Vergrößerungswechslers am Trinokulartubus, demonstriert mit dem Achromaten 10×/0,40. Präparat: Schnitt durch einen Süßwasser-Polypen. Kamera: Olympus OM-2 mit Hama-Adapter für M-42 (vgl. Text). a-c: Einstellung des Vergrößerungswechslers auf 1,1, 1,6 und 2,5. Foto d wurde mit dem Ölimmersions-Apochromaten 20×/0,80 bei Einstellung des Vergrößerungswechslers auf 1,6 angefertigt. Im Vergleich mit Abb. 2c zeigt sich, dass ein kleinerer Bild-Übertragungsfaktor im Verein mit einem Objektiv höherer Apertur eine größere Bildschärfe bewirkt.

Man schaltet besser auf das nächst höher vergrößernde Objektiv um. Als zusätzliches Schmankerl besitzt der Vergrößerungswechsler noch eine Bertrandlinse, mit der die Austrittspupille des Objektivs abgedämpft zu beobachten ist. So lassen sich ohne zusätzlichen Aufwand die Beleuchtung und die Phasen-Ringblenden zentrieren oder die Kondensorblende bei schiefer Beleuchtung kontrollieren. Mit der klassischen Knickbrücke nach Siedentopf passt man den Einblick an den Augenabstand an. Will man fotografieren, blickt das rechte Auge in ein Kompensationsokular 7× mit stellbarer Augenlinse, in dem die Bildfeldbegrenzung für M-42-Kameras liegt. Sieht man deren Markierungen und das Präparat gleichzeitig scharf, dann wird es auch das Negativ. Mit einer Dioptrieneinstellung im linken Tubus gleicht man die unterschiedliche Sehstärke der Augen aus. Ein satt gleitender Prismenschieber schickt entweder 100 % Licht zum Beobachter oder lenkt 90% des Lichts zur Kamera und 10% zu den Okularen.

Ein Gerät für Puristen ist der gerade monokulare Tubus mit ausziehbarem Okularstutzen, denn er enthält als einziger kein Prisma. Man braucht ihn für Messungen, wobei man durch Verkürzen oder Verlängern der mechanischen Tubuslänge gerade Mikrometer-Werte erzielt. So gleicht man auch unterschiedliche Deckglasdicken aus. Da sein Innenrohr unten ein Mikroskop-Objektivgewinde besitzt, lässt er sich in der Polarisationsmikroskopie zur Konoskopie verwenden. Zu diesem Zweck verwandelt man das Innenrohr in ein Zusatzmikroskop, indem man das Okular belässt und in das Gewinde ein Objektiv mit schwacher Vergrößerung schraubt. Damit ist das Interferenzbild in der oberen Brennebene des Mikroskop-Objektives zu beobachten. Außerdem

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

kann man eine handelsübliche Fotoeinrichtung aufsetzen, dabei die Projektive frei wählen und so z.B. Mikrometerplättchen zusammen mit dem Objekt abbilden. Schwere Geräte, wie die Zeiss-Aufsetzkamera, drücken den Okularstutzen aber langsam herunter. Hier wäre ein Klemmring nützlich, der das Abrutschen verhindert. Eine Lage Tesaband oder eine Rohrschelle vom Klempner tun's zur Not aber auch.

Objektive, Okulare und Kondensoren

Von den deutschen Importeuren werden zum Biolam achromatische und apochromatische Objektive mit einer Abgleichlänge von 33,5 mm angeboten. Wer sie mit einem Zwischenring von 11,5 mm Länge versieht, wie er bei BW-Optik zu haben ist, kann sie mit Objektiven von 45 mm Abgleichlänge mischen. Dazu passen die aufwendigen Kompensationsokulare mit Vergrößerungen zwischen 5× und 20×, z.T. mit stellbarer Augenlinse für verschiedene Mikrometerplättchen. Zum Set der Fototuben gehören Okulare mit Formatbegrenzung. Auch ein Weitfeld-Kompensationsokular mit zehnfacher Vergrößerung ist zu haben.
Die Objektive und Okulare von Lomo werden von Fachleuten auf Grund ihres hervorragenden Preis-Leistungsverhältnisses und ihrer sehr guten Abbildungsqualität gelobt. Der Katalog der Firma BW Optik zitiert hierzu Aussagen von Prof. Werner Nachtigall, Manfred Kage und einen Objektivtest der Apochromate von Erich Saake. Ich fotografiere vornehmlich Wasserorganismen und verwende daher meist die Phasenkontrast-Einrichtung oder, bei schiefer Beleuchtung, die Apochromate 10×/0,30 und 20×/0,65. Für höhere Vergrößerungen ist mir der Wasserimmersions-Achromat 40×/0,75 lieber als der Apochromat 40×/0.95 mit Deckglaskorrektur, dessen Arbeitsabstand für Lebendpräparate recht gering ist. Gute Erfahrungen habe ich mit dem Wasserimmersions-Achromaten 30×/0,90 gemacht, dessen Irisblende zusammen mit der dezentrierten Blende des Kondensors nach Abbe-König eine Abstimmung der Beleuchtung erlaubt. So erreicht man besonders plastische Abbildungen. Mir gefielen auch die Leistungen des Achromaten 10× mit der hohen Apertur von 0,40 und des Ölimmersions-Apochromaten 20×/0,80. Wo kriegt man schon Objektive mit diesen Charakteristika, überdies zu Preisen um 300 Mark? Und wenn man die ganze Linie der vorzüglichen Öl- oder Wasserimmersionen bei BW-Optik im Sparpaket kauft, wird's sogar noch billiger.
Der Kondensor für schiefe Beleuchtung nach Abbe-König ist in dieser Zeitschrift bereits von Saake und Voss (1997) beschrieben worden. Er ist universeller einzusetzen als der Standard-Hellfeld-Kondensor. Leider ist der Hell-Dunkelfeldkondensor für Trockenobjektive niederer und mittlerer Vergrößerung – wie fast alle Lomo-Kondensoren der Nachbau einer Zeiss-Konstruktion – in Deutschland nicht mehr zu

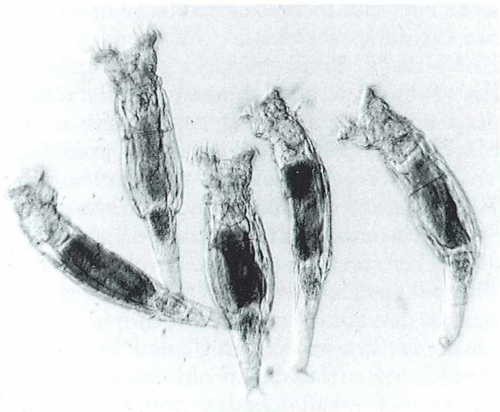


Abb. 3: Massenentwicklung des Rädertiers *Philodina*. Apochromat 10×/0,30, schiefe Beleuchtung.

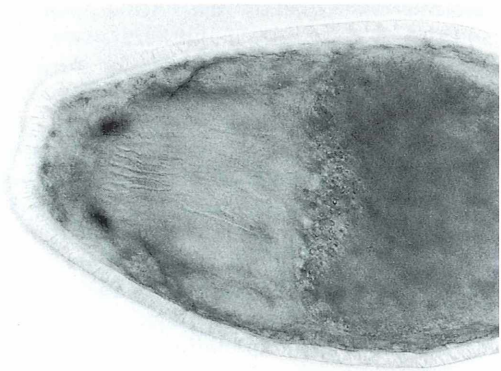


Abb. 4: Strudelwurm *Castrella truncata*, Darstellung des Pharynx. Apochromat 20×/0,65, schiefe Beleuchtung.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de

haben. Einen zentrierbaren Immersions-Dunkelfeldkondensor führen die Importeure aber noch.
Der Phasenkontrast-Kondensor wird von der Firma BW-Optik komplett mit vier Achromaten (10×/0,30; 20×/0,40; 40×/0,65; 90×Öl/1,25) und Einstellfernrohr im Holzkästchen für derzeit DM 550.– geliefert. Der Kondensor mit der numerischen Hellfeld-Apertur von 0,8 besitzt vier Ringblenden, die über zwei Schrauben feinfühlig zentrierbar sind und eine Leerstelle, die ihn, zusammen mit einer Irisblende, für Hellfelduntersuchungen brauchbar macht. Mit Objektiven bis zu einer N.A. von 0,30 sind auch Dunkelfeldbeobachtungen möglich, wenn man die größte Ringblende einstellt und den Kondensor etwas senkt. Dezentriert man die Leerstelle, indem man sie einfach ein bisschen nach links oder rechts ausschwenkt, ergibt sich schiefe Beleuchtung. Außerdem ist das Einstellfernrohr in der Mikrofotografie bei kritischen Scharfstellsituationen sehr nützlich. Eine Anschaffung, die sich lohnt!
Lomo-Kondensoren haben das alte Zeiss-Steckmaß von 36,8 mm. Bei der Firma microthek, Blücherstr. 11, 22767 Hamburg, kann man Kondensoren aus den Programmen der Firmen Swift und Meopta erwerben, die einen um Millimeterbruchteile kleineren Durchmesser haben. Ein Stück Tesafilm, das man herumklebt, löst das Problem. Übrigens: Die handelsüblichen Lichtfilter mit einem Durchmesser von 32 Millimetern fallen durch alle Lomo-Filterhalter. Das russische Filtermaß beträgt 33,3 mm.

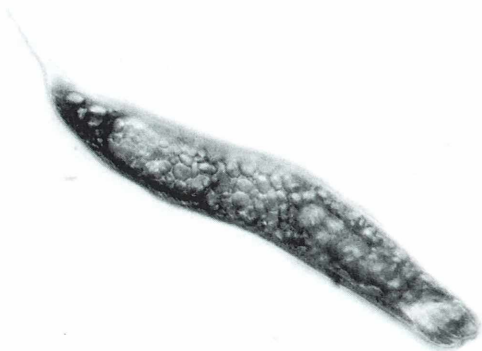


Abb. 5: Augenflagellat *Euglena oxyuris*. Wasserimmersions-Achromat 40×/0,75, schiefe Beleuchtung.

Spezielle Aufsätze

Es werden zwei für spezielle Anwendungen konzipierte Aufsätze angeboten: Diskussionsaufsatz und Okular-Schraubenmikrometer.

Diskussionsaufsatz

Viele Freunde der Kleinlebewelt möchten während der Arbeit nicht nur mit ihrem Instrument, sondern mit einem menschlichen Partner Zwiesprache halten. Der Diskussionsaufsatz, den BW-Optik zum Preis von derzeit DM 290,– im Programm führt, befreit den Mikroskopiker vom Odium der Einsamkeit. Es handelt sich um ein Okular 10×, das auf jedem Tu-

Abb. 6: Der Diskussionsaufsatz, ein Nachbau des Zeiss-Doppelokulars mit Zeigerokular 10× aus den dreißiger Jahren, ist um die Tubusachse des Mikroskops schwenkbar. Der Zweitbeobachter kann seinen Einblick durch Ein- und Ausschieben fokussieren und individuell drehen. Auch das hübsche Doppelfläschchen für Immersionsöl und Benzin ist einem älteren Zeiss-Design nachempfunden. Im Objektivrevolver sind (von links) die Ölimmersions-Apochromaten 20×/0,80, 60×/1,0–0,7 mit Irisblende und Objektschutz und 90×/1,30 mit Objektschutz zu sehen.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

bus mit dem Außendurchmesser von 25 mm befestigt werden kann. An das Biolam setzt man hierzu am besten den monokularen Schrägtubus. Auf dieses Okular (das man mit einer Augenmuschel ergänzen kann, um es für normale Beobachtung am Tubus zu belassen) wird eine Strahlenteilereinheit geklemmt. Zwei nebeneinander sitzende Betrachter sehen so gleichzeitig dasselbe Bild, ohne dass sie die Köpfe allzusehr zusammenstecken müssten, denn die Einblicke liegen je nach Dioptrieneinstellung um 170 bis 195 mm auseinander. Das Gerät enthält sogar eine in beiden Einblicken sichtbare verstellbare Zeigernadel.

Okular-Schraubenmikrometer

Die Genauigkeit von Längenmessungen unter dem Mikroskop wird gesteigert, wenn man ein Okular-Schraubenmikrometer einsetzt. Das ist ein Kompensations-Okular mit einer Eigenvergrößerung von 15x, bei dem die Mikrometerplatte durch eine Schraube verstellt wird. Die Bewegung dieser Schraube kann auf einer skalierten seitlichen Trommel in Schritten von 10 µm abgelesen werden.

Die Beleuchtungseinrichtungen

Die verschiedenen Beleuchtungseinrichtungen lassen kaum Wünsche offen. Am preiswertesten sind die 220V/15W-Ansteckleuchten. Ihre Helligkeit ist nicht regelbar, reicht aber bis zu den mittleren Vergrößerungen völlig aus. Bequemer sind die Einbaubeleuchtungen 6V/6W, mit denen Bresser-Optik verschiedene Gerätekombinationen ausrüstet.
Für anspruchsvolle Mikroskopiker ist die Köhlerleuchte 8V/20W mit Regeltrafo gedacht. Die massive Einheit von Lampenhaus, Kollektor mit Irisblende und zentrierbarem Umlenkspiegel wird in das Loch am Stativfuß eingesetzt. Sie sieht zwar antiquiert aus und erhöht den nostalgischen Touch des Biolam, hat aber neben einer den Köhlerschen Regeln entsprechenden, für alle mikroskopischen Verfahren ausreichenden Beleuchtung noch den Vorteil, dass die Hitze der Niedervoltbirne das Präparat kaum erwärmt. Da russische Elektrogeräte nicht nur andere Stecker, sondern auch ein anderes Erdungssystem als die deutschen haben, lässt man den Trafo am besten vom Fachmann neu verkabeln.

Selbstbau

Allerdings werden nicht alle Wünsche von der Lieferfirma erfüllt. Und so muss man für bestimmte Einsatzbereiche selbst handwerklich tätig werden.

Blitzeinrichtung

Für aufwendigere Blitzeinrichtungen reicht der Platz zwischen der Lichtaustrittsöffnung und der Kondensorblende bei keiner Beleuchtungseinrichtung aus. Ich habe meine Blitzröhre daher einfach auf die Lichtaustrittsöffnung der Köhlerleuchte geklebt und bin mit den Ergebnissen zufrieden, schließlich befindet sie sich hier nahe der Kondensorblende, also einer Pupillenebene. Beherztere Bastler als ich können sicherlich die Blitzröhre im Lampenhaus vor dem Kollektor unterbringen und sie so perfekt köhlern.
Ohne Umbauten läßt sich nach dem Vorschlag von Saake und Voss (1997) das Licht eines handelsüblichen TTL-Blitzes in das Mikroskop Biolam einspiegeln. Folgt man dem neuesten Vorschlag von Saake und verwendet einen mit Transparentpapier überdeckten Taschenspiegel zur Lichtumlenkung, dann reicht das Blitzlicht auch bei hohen Vergrößerungen aus, vor allem, wenn man auf einem 200-ASA-Film wie Kodachrome 200 oder Agfachrome RSX 200 fotografiert.

Video

Eine Videokamera ist nach Nachtigall (1998) und Mathias (1998) problemlos ebenso auf den Fototubus des Trinokulars wie direkt auf den Tubusträger zu montieren. Auch der monokulare Fototubus und der gerade monokulare Tubus mit ausziehbarem Okularstutzen sind hierfür geeignet.

Polarisation

Bei Umrüstung für Polarisation ist für die Analysator-Folie in der Ringschwalbe des Tubusträgers reichlich Platz.

Gerader monokularer Tubus mit ausziehbarem Okularstutzen

Es lohnt sich, den geraden monokularen Tubus mit ausziehbarem Okularstutzen auf Selbstbaumöglichkeiten hin 'abzuklopfen'. Seine Ring-

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://

schwalbe ist über ein T-2-Gewinde angeschraubt und das zu verschiebende Innenrohr enthält unten ein Mikroskop-Objektivgewinde. Mit verschiedenen Adaptern, wie sie z. B. der Brenner-Foto-Spezialversand, Postf. 1260 in 92602 Weiden anbietet, lassen sich die erstaunlichsten Teile verbinden. Ich denke z.B. an die Adaption eines Mikroskopobjektivs an ein Kameragehäuse oder die einer Videokamera direkt an den Tubusträger, auch an den Anbau einer Mini-Makro-Schnecke aus dem Nahaufnahmesystem der Firma Zörk, Gollierstr. 70, 80339 München. Hier möge jeder selbst kreativ werden.

Tips für die Zusammenstellung eines Lomo-Mikroskops

Ich empfehle folgende Ausrüstung des Mikroskops:
Stativ mit Trinokulartubus (alternativ mit Kamera-Aufsatz), drehbarem Kreuztisch (alternativ mit rundem, drehzentrierbarem Tisch und aufsetzbarem Kreuzobjektführer), Köhlerbeleuchtung. Optiken: Planachromat 3,5×, die Apochromate 10× und 20×, das Wasser-Immersionsobjektiv 40× oder den Trockenachromaten 40×, Abbe-König-Kondensor für schiefe Beleuchtung. Für knapp DM 1500,– bekommt man schon ein komplettes Gerät mit Apochromaten, Köhlerbeleuchtung und Trinokulartubus. Zum Ausbau eignen sich die Ölimmersionsobjektive Apo 60× und 90× sowie Ölimmersionen niedrigerer Vergrößerung, die Wasserimmersionen, der gerade monokulare Tubus mit ausziehbarem Okularstutzen und das Okular-Schraubenmikrometer.
Die Phasenkontrasteinrichtung schafft man nach Möglichkeit gleich mit an. Wer öfter zwischen Phasenkontrast-Achromaten und den Apochromaten wechselt, sollte ein zweites Mikroskopstativ erwerben. Es wird mit Optik und Kasten in Warenhäusern manchmal sehr preiswert verkauft. Der Diskussionsaufsatz sei jedem empfohlen, der mit anderen Mikroskopiefreunden 'live' kommunizieren will. Für Schulen ist diese Optik ein Muss. Sie passt auch an Mikroskope anderer Hersteller.

Bezugsquellen

Zwei deutsche Firmen importieren das Biolam. Das Großhandelsunternehmen Bresser-Optik, Postf. 1262, 46302 Borken, vertreibt über Warenhäuser und den optischen Fachhandel feste Kombinationen von Beleuchtungen, Tischen, achromatischer Optik und visuellen Tuben. Als Zubehör kann man Okulare, apochromatische Objektive, den Kreuzobjektführer, die Fototuben und den Immersions-Dunkelfeldkondensor nachkaufen. Bresser bietet Garantiezeiten bis zu 30 Jahren und einen eigenen Reparatur- und Ersatzteilservice.
Die Kunden des Familienunternehmens BW Optik, Bussardweg 19B, 48683 Ahaus, haben die Möglichkeit, nach einer ausführlichen telefonischen Beratung sich ein Mikroskop aus verschiedenen Bauteilen individuell zusammenzustellen. Die Firma führt eine breite Zubehörpalette und vor allem sehr viele Objektive, von denen einige speziell für diesen Anbieter gefertigt werden. Ein gut bestücktes Ersatzteillager und ein Reparaturservice (den man gewöhnlich nur bei mechanischen Beschädigungen braucht) helfen in Problemfällen weiter. Es wird die gesetzliche Garantiezeit gewährt.
Ich habe hier Systemteile aus den Katalogen dieser beiden Händler vom Oktober 1998 beschrieben, die Preisangaben stammen aus der Liste von BW Optik. Da aufgrund der russischen Wirtschaftsverhältnisse nicht immer alles lieferbar ist, muß man sich evtl. auf Wartefristen gefaßt machen. Auch die Preise können sich ändern.
Über das Internet ist weiteres Lomo-Zubehör zu haben:
http://www.lomooptics.com/parts/index.htm
http://www.comet.net/gek/
http://geologynet.com/lomo/accessories.htm

Fazit

Wer auf den differentiellen Interferenzkontrast verzichten kann, erhält mit dem Biolam von Lomo für wenig Geld ein robustes, optisch sehr gutes Mikroskop. Das Gerät ist in allen Komponenten zerlegbar und 'begreifbar', es ist daher das ideale Instrument für Schüler, Studenten und ganz besonders für Amateure, die in der Mikroskopie nicht ihr zentrales Hobby sehen, aber doch Qualität wünschen. Anspruchsvolle Mikroskopiker werden es als Zweit- und Exkursionsmikroskop nutzen und finden in dem Objektivangebot interessante Optiken, die es, wenn überhaupt, zu diesem Preis-Leistungsverhältnis nirgendwo anders gibt.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Dank

Herr Helmut Voss, Firma BW Optik, lieh mir einige Bauteile zum Biolam aus. Herr Erich Saake begleitete die Entstehung dieses Artikels von Anfang an mit Rat und Tat. Auskünfte erteilten mir die Firmen Hama und Bresser-Optik. Ihnen sei herzlich gedankt.

Literaturhinweise

Appelt; H.: Einführung in die mikroskopischen Untersuchungsmethoden. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1953.

Hippe, E.: Unterwassermikroskopie. Mikrokosmos *84*, 164 (1995).

Mathias, E.: Die kombinierte Anpassung von Camcorder und Spiegelreflexkamera an verschiedenen Mikroskop-Typen. Mikrokosmos *87*, 351–355 (1998).

Nachtigall, W.: Die Videokamera am Mikroskop. Mikrokosmos *87*, 281–283 (1998).

Patzelt, W.: Polarisationsmikroskopie. Wetzlar, Ernst Leitz GmbH, 1974.

Saake, E., Voß, H.J.: Mikroblitzfotografie mit einfachen Mikroskopen – ein Bauvorschlag. Mikrokosmos 86, 279–283 (1997).

Schrodt, J.: Optimierung der Abbildungsqualität von Mikrofotos. Vortrag auf den 7. Internationalen Mikroskopietagen 1998 in Hagen, Manuskript.

Zeiss – Mikroskope und Nebenapparate. Werksprospekt, Jena 1939.

Verfasser: Rainer Hendel,
OStD. i.K., Christian-von-Bomhard-Schule,
Im Krämersgarten 10, D - 97215 Uffenheim

ABONNIEREN
STATT
FOTOKOPIEREN

Zeitschriften-Beiträge sind mit Sachverstand und Sorgfalt aus dem großen Berg von Informationen ausgewählt, geschrieben, zusammengestellt....

...ergeben zielgerechte Informationen: Erfahrungen, die man kaufen kann. Denn uns liegt daran, daß Sie als Leser mit erweitertem Wissen und vermehrten Einsichten gut gerüstet sind.

Dies ist in Gefahr, wenn Zeitschriftenaufsätze kopiert werden!

Fotokopien werden nicht abonniert...

... und das bedeutet langfristig, daß Fachzeitschriften und wissenschaftlichen Zeitschriften die wirtschaftliche Basis entzogen wird.

Und außerdem: Sie als Leser sollen immer ein komplettes Heft in die Hand bekommen, damit Ihr Wissen nicht einseitig wird...

Deutsche Fachpresse

... und damit
IHRE ZEITSCHRIFT
auch künftig
für Sie da ist.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Sinkversuche mit Copepoden

Werner Nachtigall

Die Beobachtung lebenden Meeresplanktons in einem Aquarium bestätigte die bekannte Lehrbuchtatsache, dass Copepoden langsam absinken (Größenordnung: mm/s) und durch Schlag von Lokomotionsorganen sprungartig wieder aufsteigen. Dies kann bis zum alten Niveau verlaufen (keine Netto-Vertikalbewegung), darüber hinausgehen (Aufsteigen) oder darunter bleiben (verzögertes Absinken).

Während des Sprungs schlagen bei Copepoden die Thorakopodien in einem raschen, visuell nicht erfassbaren Rhythmus – untersucht von Storch 1929 an Süßwasser-Copepoden –; die 1. Antennen können ebenfalls bewegt werden, versteifen und erschlaffen, sind aber jedenfalls kurz nach dem Sprung wieder gespreizt. Die Antennen der Schweber (Abb. 1) sind Mehrzweckorgane, die auch das passive Absinken verlangsamen, offensichtlich durch die Erzeugung eines für ihr Volumen sehr beträchtlichen Widerstands. Schwimmer und erst recht Schlängler haben viele kleinere Antennen. Einfache Versuche mit absinkenden Copepoden sollten den Anteil der 1. Antennen an der Verkleinerung der Sinkgeschwindigkeit aufzeigen.

Methodik

Die Versuche wurden von Studenten auf einer meeresbiologischen Exkursion durchgeführt. Die Experimente sind einfach und von jedermann leicht nachzuvollziehen, erfordern aber doch die Einhaltung bestimmter Randbedingungen. Eine 18 cm lange Mensur wurde mit Seewasser von Raumtemperatur gefüllt. Der Innendurchmesser betrug 12 mm; Kapillareffekte sind somit auszuschließen. Im Gegenlicht einer Niedervoltlampe glänzten kleinste Schwebeteilchen (Bacillariophyceen), so dass Konvektionsströmungen, über die falsche Sinkgeschwindigkeiten vorgetäuscht werden können, gut erkennbar waren. Diese waren am frühen Vormittag kleiner als während des Restes des Tages; die Versuche wurden somit möglichst früh durchgeführt. Allein durch die Wärme des Lampenlichts wurden nach einigen Sekunden Beleuchtungszeit Konvektionen induziert, so dass die Prüfung auf Konvektionsfreiheit sehr kurzfristig durchgeführt werden musste. Durch Abwarten konnten aber Zeitabschnitte visuell nicht merkbarer (<0,5 mm/s) Konvektionen ohne weiteres gefunden werden.

Damit erübrigt sich ein umfangreicherer Versuchsaufbau (Eintauchen der Mensur in ein Aquarium mit temperaturgeregelter Füllung) für diese Versuche, die lediglich den Charakter von Vorversuchen haben. Ein Copepode wurde aus einer Pipette druck- und turbulenzfrei in die Mensur gebracht. Er sank aus der oberflächlich eingetauchten Pipette frei ins Lumen der Mensur ab. Nach 5 cm Beruhigungsstrecke erfolgte die Messung im „fliegenden Start" über weitere 10 cm Fallstrecke, deren Endpunkt 2 cm über dem Mensurboden lag, mit Hilfe einer Stoppuhr. Nach 7 bzw. 8 Fallversuchen mit je einem Individuum zweier kleinerer Arten wurden dem Tier unter einem 30fach vergrößerten Binokular mit Hilfe zweier zugeschärfter Präparationsnadeln jeweils die Antennen direkt an der Basis abgetrennt, und die Versuche wurden wiederholt.

Ergebnisse

Die Zahlenergebnisse stehen in Abbildung 2. Größere Abweichungen der Einzelwerte vom Mittelwert sind fast stets mit extrem steilen oder flachen Körperstellungen korreliert.

Diskussion

Nach den Messergebnissen beträgt beim erstgenannten Beispiel die Sinkgeschwindigkeit

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

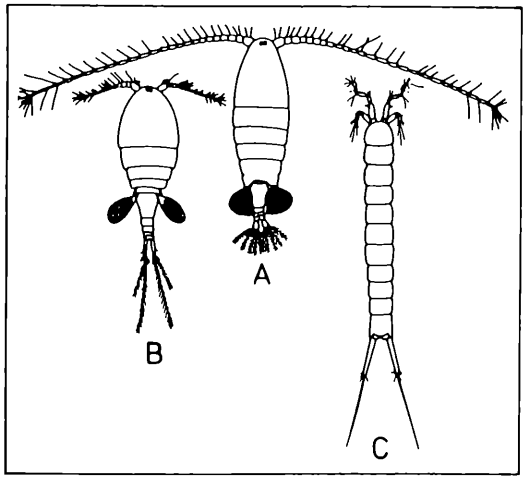


Abb. 1: Lebensform-Typen freilebender Copepoden (Beispiel Süßwasser). A Schweber (Calanoide) mit sehr langen 1. Antennen. B Schwimmer (Cyclopide), C Schlängler (Harpacticoide) (nach Kiefer aus Siewing, 1985).

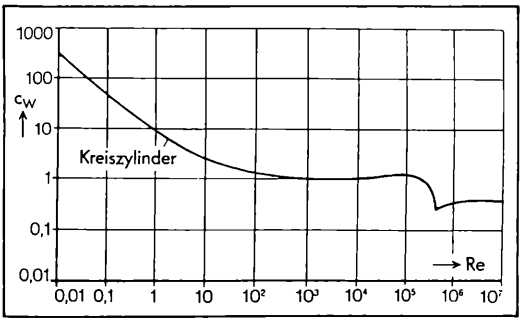


Abb. 3: Widerstandsbeiwert c_w als Funktion der Reynoldszahl bei einem langgestreckten, senkrecht angeströmten Kreiszylinder (nach Hoerner aus Nachtigall, 1977).

mit Antennen (arithmetischer Mittelwert ± Standardabweichung; die für Geschwindigkeits-Mittelung zu bevorzugenden geometrischen Mittel unterscheiden sich nur in der 2. Kommastelle) 1,04 ± 0,13 mm s^{-1}, ohne Antennen 1,32 ± 0,19 mm s^{-1}. Die Mittelwerte unterscheiden sich statistisch signifikant (t-Test α = 0,01). Beim zweiten Beispiel sind die Werte 2,33 ± 0,14 mm s^{-1} und 3,37 ± 0,13 mm s^{-1}. Die Standardabweichungs-Bereiche überschneiden sich nicht. Damit vergrößerte sich in den beiden Versuchsreihen die Sinkgeschwindigkeit bei Abwesenheit der abgespreizten Antennen trotz ihres im Vergleich zum Rumpf geringen Volumens (< 2%). In Beispiel 1 vergrößert sie sich um 26%, in Beispiel 2 um 46%, also um sehr beachtliche Werte. Dies ist ein Summeneffekt.

Zum einen sind die Antennen drehrund und langgestreckt, im Mittel kaum 2 10^{-2} mm im Durchmesser, nur sehr schwach und zart beborstet. Die Reynoldszahl (vergl. Nachtigall 1977, 1998) ihrer Querumströmung beträgt damit nur Re ≈ 2 10^{-2} 10^{-3} (m) 1 10^{-3} (m s^{-1}) 10^{-6} (m^2 s^{-1}) = 2 10^{-2}. Man kann deshalb annehmen, dass sie sehr hohe Widerstandsbeiwerte erzeugen, wenn man sie durch einen langgestreckten Kreiszylinder abstrahiert und die aus der Technik bekannte Funktion $c_{w\ \text{Kreiszylinder}}$ (Re) vergleicht. Nach Abbildung 2 liegt der c_w-Wert für Re = 2 10^{-2} über 100 (!).

Schematische Dorsalansicht eines lebenden planktischen Copepoden		Fallzeit t (s) über 10 cm Fallstrecke								Durchschnittliche Fallzeit (s)	Standardabweichung von t (s)	Durchschnittliche Fallgeschwindigkeit (mm s^{-1})	Durchschnittliche Reynoldszahl, bezogen auf Körperlänge	Mittlere Vergrößerung der Sinkgeschwindigkeit „ohne Antennen" in % der Fallgeschwindigkeit „mit Antenne"
		Versuch Nummer												
		1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{t}$	s	$\bar{v}$	Re	
Paracalanus parvus (♀)	mit Antenne	104	84	87	86	108	100	113		97,43	11,72	1,03	0,72	25 %
Gesamtlänge l = 0,7 mm größte Breite b = 0,2 mm	ohne Antenne	86	78	81	64	89	62	83		77,57	10,56	1,29	0,90	
Centropages hamatus (♀)	mit Antenne	43	44	45	44	43	46	42	38	43,13	2,42	2,32	2,32	46 %
Gesamtlänge l = 1 mm größte Breite b = 0,3 mm	ohne Antenne	27,5	30	31	29	30	29,5	30,5	29,5	29,63	1,06	3,38	3,38	

Abb. 2: Daten zu Sinkversuchen mit zwei kleinen Copepoden. Vergl. den Text.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de

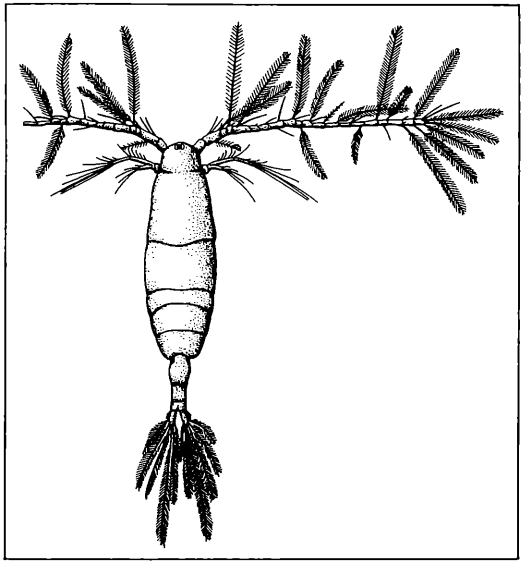


Abb. 4: Ein Meeres-Copepode mit gefiederten 1. Antennen: *Aearthia clusi*, Körperlänge 1,1 mm (nach Giesbrecht aus Kästner, 1959).

(Bei einem Baumstamm, der ja auch durch einen Kreiszylinder anzunähern ist, liegt der c_w-Wert bei starkem Wind dagegen unter 0,5). In dem Bereich geringer Größen und Geschwindigkeiten erzeugen also nadelartige Gebilde einen relativ sehr großen Widerstand.
Zum anderen kann die Widerstandskraft der exzentrisch sitzenden Antennen den Rumpf beim Absinken in eine mehr oder minder ausgeprägte Schrägstellung drehen. So vergrößert sich zwangsläufig – wegen der nun größeren Stirnfläche des Rumpfes – der Widerstand des absinkenden Tieres.
Beide Effekte vermindern die Sinkgeschwindigkeit. Masseneffekte (Antennen als Zusatzmassen eventuell leicht unterschiedlicher Dichte) sind zu vernachlässigen.

Es ist zu erwarten, dass kleinere Plankter langsamer absinken (Nachtigall, 1999). Konstanz anderer Randbedingungen vorausgesetzt, zeigen dies auch die vorliegenden einfachen Versuche klar. Weiter ist natürlich anzunehmen, dass der Zustand mit Antennen der normale ist, und dass das Abschneiden der Antennen – wie erwähnt – insbesondere in der Lage beim Absinken stärkere zufällige Veränderungen setzt. Die Standardabweichung der Fallzeit ist im Normalfall denn auch nur etwa halb so groß wie im Störungsfall (2. Objekt); insgesamt ist die Variabilität mit nur etwa 3 bis 4% aber erstaunlich gering. Warum die Differenzen beim ersten Objekt nicht so groß sind, die Variabilität aber deutlich größer ist, läßt sich nicht klar sagen; das erste Objekt war etwas „fiederiger" und damit vielleicht lageanfälliger.
Die Ergebnisse dieser einfachen Versuche ermuntern zu einer genaueren Analyse des Phänomens der Verringerung der Sinkgeschwindigkeit bei Copepoden. Es gibt auch Arten mit mäßig stark (Abb. 4) bis stark gefiederten Antennen, die sich als noch wirksamere „Fallschirme" erweisen müssten. Darüber gibt es bisher keine Messungen.

Literaturhinweise

Nachtigall, W.: Zur Bedeutung der Reynoldszahl und der damit zusammenhängenden strömungsmechanischen Phänomene in der Schwimmphysiologie und Flugbiophysik. Fortschr. d. Zool., Bd. *24*, 13–56 (1977).
Nachtigall, W.: Wasserleben in mikroskopischen Dimensionen – eine physikalisch-ökologische Nische besonderer Art. Mikrokosmos *87*, 71–77 (1998).
Nachtigall, W.: Warum sinken Plankter so langsam ab? Eine physikalisch-ökologische Betrachtung. Mikroskomos *88*, 157–166 (1999).
Storch, O.: Die Schwimmbewegung der Copepoden, auf Grund von Mikrozeitlupenaufnahmen analysiert. Verh. dtsch. zool. Ges. *33*, 118 (1929).

Verfasser: Prof. Dr. Werner Nachtigall,
Zoologisches Institut, Universität des Saarlandes,
D - 66041 Saarbrücken

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Nachrichten

Dem langjährigen MIKROKOSMOS-Autor Prof. Dr. Heinz Schneider zum 75. Geburtstag

Am 27. Februar dieses Jahres feierte Prof. Dr. Heinz Schneider im Kreise seiner Familie seinen 75. Geburtstag – ein Anlass, kurz auf Werdegang und Werk dieses im deutschsprachigen Raum und natürlich den MIKROKOSMOS-Lesern bekannten Wissenschaftlers einzugehen, der sich vor allem im Bereich der Dokumentation mikroskopisch kleiner Tiere und Pflanzen der Gewässer einen Namen gemacht hat.

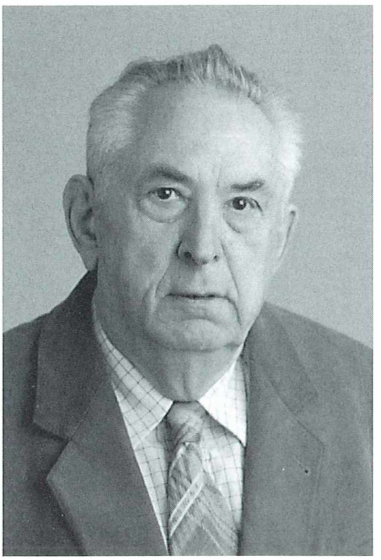
Der Jubilar wurde in Bad Kreuznach geboren. Mit 19 Jahren musste er in den Krieg ziehen, aus dem er mit schweren Verletzungen heimkehrte, unter denen er bis auf den heutigen Tag zu leiden hat. 1946 bestand er die Reifeprüfung am Aufbaugymnasium in Speyer und absolvierte im Anschluss daran in Mainz bei so bekannten Persönlichkeiten wie den Professoren Buddenbrock, Schaller, Troll, Weber und Falkenburger das Studium der Zoologie, der Botanik und der Anthropologie, das er 1954 mit einer Dissertation über „Vergleichende Untersuchungen über Parthenogenese und Entwicklungsrhythmen bei Psocopteren" abschloss.

Im Anschluss daran arbeitete er zunächst an Forschungsaufträgen der Landes-Lehr- und Forschungsanstalt für Wein- und Gartenbau in Neustadt/Weinstraße, wo er sich mit der Lebensweise und der Bekämpfung von Spinnmilben, Schildläusen und Erdraupen befasste und auf diesem unter anderem für den Weinbau bedeutsamen Spezialgebiet auch Beratungs- und Unterrichtstätigkeit ausübte.

Von 1960 bis 1962 war er als außerplanmäßiger Lehrer in Herxheim tätig, danach wurde er Assistent an der Pädagogischen Hochschule in Landau. 1963 erfolgte die Ernennung zum Dozenten, an die sich 1967 die Ernennung zum apl. Professor und 1971 schliesslich die zum ordentlichen Professor anschloss.

Schwerpunkte der Lehrtätigkeit an der inzwischen zur Erziehungswissenschaftlichen Hochschule (EWH) und später zur Universität weiterentwickelten Hochschule waren neben der Didaktik des Biologieunterrichts Grundvorlesungen im Bereich von Zoologie, Botanik, Entomologie, Pflanzenphysiologie und Anthropologie sowie Praktika, die sich mit der Organismenvielfalt der Gewässer und ihrer fotografischen Dokumentation befassten, aber auch Lehrveranstaltungen über Blütenbiologie oder über die Biologie jagbaren Wildes.

Nach vielen Jahren der Tätigkeit in diesem Umfeld erfolgte 1988 im Rahmen einer akademischen Feier, zu der Prof. Dr. Heinz Schneider einen eindrucksvollen Vortrag über seine Arbeit an Algen, Protozoen, Kleinkrebsen und weiteren Gruppen gehalten hat, seine Emeritierung.



Der berufliche Werdegang spiegelt sich in einer Fülle von Publikationen wider, in denen zunächst das Thema seiner Dissertation, später der Sektor des Pflanzenschutzes und schließlich – während der Tätigkeit als Hochschullehrer – die Gewässerbiologie in den Vordergrund treten. Die Beschäftigung mit den mikroskopisch kleinen Organismen, die doch gleichwohl die Grundlage für unser aller Existenz sind, hat Prof. Dr. Schneider nie mehr losgelassen. Er hat mit bewundernswertem Geschick Mikroskope und Fotoeinrichtungen auf den speziellen Bedarf zugeschnitten und es im Bereich der Mikrofotografie zu hoher Meisterschaft gebracht. In dem weit verbreiteten Kosmos-Naturführer (Streble und Krauter: Das Leben im Wassertropfen) ist er mit 21 von 27 Farbfotos vertreten. Darüber hinaus hat er manch anderen Naturführer mit seinen Bildern und Texten bereichert, wobei die mikroskopische Dimension der Untersuchungsobjekte hier und da deutlich überschritten wurde.

Reich mit eigenen Fotos überdurchschnittlichen Qualitätslevels ausgestattet sind neben zahlreichen anderen Veröffentlichungen seine MIKROKOSMOS-Publikationen. Diese Beiträge fassen die

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Quintessenz des aktuellen Wissensstandes zusammen, angereichert durch eigene ergänzende Beobachtungen, sind aber zugleich so verfasst, dass sie nicht nur den in diesen Gruppen relativ engen Kreis der Experten ansprechen; denn im Vordergrund steht die Absicht, Wissen zu vermitteln, neugierig zu machen, zu eigenen Beobachtungen anzuregen, praktische Hinweise zu geben, Verständnis zu wecken. Dies ist besonders bei den zahlreichen Artikeln gelungen, die er über viele Jahre – bis heute – kontinuierlich im MIKROKOSMOS veröffentlicht hat.
Die Beiträge lassen den Bezug zur Pfalz nicht übersehen: Es sind die Gewässer der Queichwiesen, der Schwanenweiher, die Teiche von Eußerthal, die Kleinstgewässer auf dem Drachenfels, die Kiesseen und Altrheine, kurz, die engere Heimat, in denen er seine Meisterwerke der Natur suchte und fand.
Zu den Interessen seiner Frau, die als Professorin an derselben Hochschule Kunst lehrte, bestehen breite Gemeinsamkeiten, kann er sich doch über die Schönheiten eines Bauwerks ebenso freuen wie über den Bau einer schönen Grünalge. Und die Fotos der vom Menschen geschaffenen Kunstwerke, die er aufnimmt, stehen in ihrer Ästhetik jenen der natürlichen Objekte nicht nach. Zugleich wusste er gelegentlich das Angenehme mit dem Nützlichen zu verbinden; so fand Heinz Schneider seine Protozoen auch in den Weihwasserschalen an den Außenwänden kleiner Kirchen.
Die Emeritierung vor nunmehr elf Jahren hat erwartungsgemäß nicht zu einem Fall ins Leere geführt. Das „Leben im Wassertropfen" ist ein schier unerschöpfliches Reservoir für Forschungen, wie er sie liebt. So ist der Strom der Veröffentlichungen nicht abgerissen und auch nicht ins Stocken gekommen, wie es gerade wieder durch dieses aktuelle Heft belegt wird. Seine Freunde und früheren Schüler wünschen ihm für die Zukunft die nötige Gesundheit und ein langes Leben. Der MIKROKOSMOS erhofft sich eine noch langandauernde Mitarbeit des Jubilars.
Die Redaktion bedankt sich bei Dr. Manfred Niehuis, Albersweiler, für die Vermittlung der (teilweise sogar privaten) Interna zur Vita von Prof. Dr. Heinz Schneider.

Jugend forscht 1999

Anfang März fand in Friedrichshafen der 34. Regionalwettbewerb Südwürttembergs „Jugend forscht – Schüler experimentieren" statt. Drei Schüler aus der Reutlinger Eichendorff Realschule, nämlich Johannes Kielmann, Andreas Schmidt und Martin Vosseler, hatten unter der Betreuung ihres Biologie- und Techniklehrers Erhard Mathias, den wir als MIKROKOSMOS-Autor kennen, an dem Wettbewerb mit einem Beitrag zur einfachen Kontraststeigerung im Lichtmikroskop teilgenommen und das höchstmögliche Ziel erreicht: Sie konnten den ersten Preis entgegennehmen. Die Regionalpresse würdigte dieses Ereignis mit einer ausführlichen Meldung.
Die Schüler selbst berichten über das ganze Projekt mit eigenen Worten wie folgt:

Im vorigen Schuljahr untersuchte unsere Klasse im Biologieunterricht unseren Schulteich mit dem Mikroskop. Obwohl alle unsere 17 Zeiss-Schülermikroskope von unseren Vorgängern (Drews und Eichel, 1997) auf Dunkelfeld umgerüstet wurden, versagte dieses, wenn wir bei starker Vergrößerung (Objektiv 40×) Kleinlebewesen wie Glockentierchen, Rädertiere u. a. beobachten wollten.
Herr Mathias, unser Bio-Lehrer, der uns übrigens auch im Fach Technik unterrichtet, überlegte, wie wir da weiter kommen könnten. Der Phasenkontrast an unserem Askania-Lehrermikroskop brachte ihn auf die Idee, ein ähnliches Kontrastverfahren auszutüfteln. Im Technikunterricht erteilte er uns den Arbeitsauftrag, verschiedene Einschubblenden aus dünnem Kupferdraht anzufertigen, zunächst für das 40er Objektiv. Wir probierten u. a. ringförmige, kreuzförmige und strichförmige Blenden aus. Letztere brachte das beste Ergebnis, allerdings nicht wie beim Dunkelfeld oder beim Phasenkontrast mit ganz offener Kondensorblende, sondern im Gegenteil durch starkes Abblenden der Kondensorblende oder durch starkes Absenken des Kondensors. Versuche mit spaltförmigen Blenden unter dem Kondensor brachten zwar einen guten Kontrast, verzerrten aber das Bild. Außerdem führt so etwas zu einer komplizierteren Handhabung und wir hatten uns als oberstes Gebot gesagt: möglichst einfach und dennoch effektiv!
Herr Mathias beschäftige sich dann einige Zeit mit den theoretischen Grundlagen und gab daraufhin dem verfahren den Namen BIC Beugungsinterferenzkontrast (Mathias, 1999)]. Obwohl wir die physikalischen Grundlagen nicht so recht verstehen, wurde uns klar, dass für diese Kontrastverfahren ausschlaggebend das starke Abblenden ist. Je nach Objektivvergrößerung kann dann die passende Drahtdicke ermittelt werden. So ermittelten wir die optimalen Drahtdicken für die Objektive 3,2×, 10× und 40×. Herr Mathias überprüfte an anderen Mikroskopen bei sich zu Hause unsere Ergebnisse und ergänzte sie für andere Objekte. Im Gegensatz zu seinem Vorschlag, die Kontrastblende provisorisch mit Knet anzubringen, finden wir eine Fixierung der

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

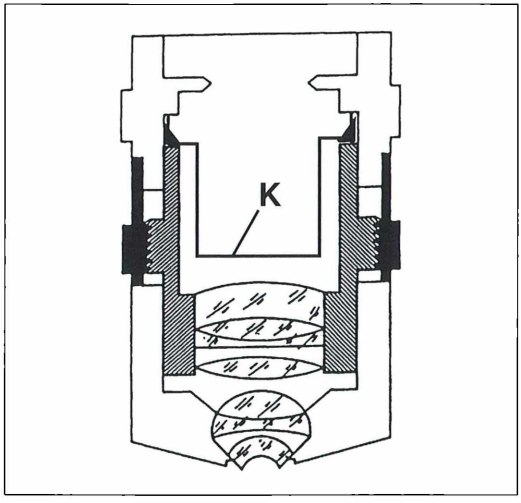


Abb. 1: Einbau der Konvergenzblende (K) ins Objektiv.

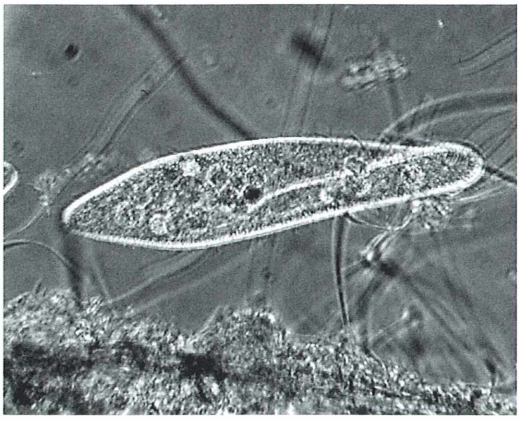


Abb. 2: Pantoffeltierchen dargestellt unter Anwendung des neuen Kontrastverfahrens (25fach Objektiv).

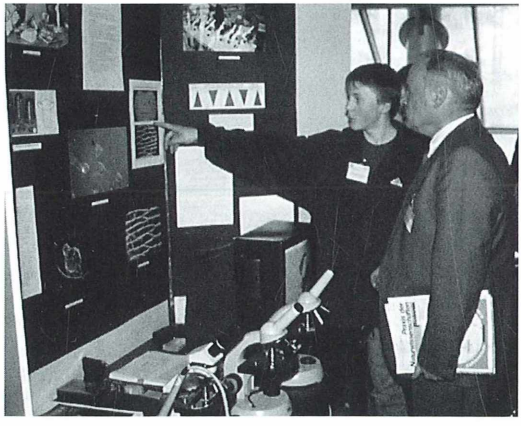


Abb. 3: Lebhaftes Gespräch am Wettbewerbsstand.

Drahtblende, z. B. mit „UHU Sofortfest" direkt im Objektiv eher als sinnvoll, da sich die provisorische Fixierung verschieben kann (Abb. 1).
Wir waren von den praktischen Ergebnissen begeistert. Endlich konnten wir auch in unseren einfachen Schülermikroskopen wunderschön leuchtende Einzelheiten z. B. beim Pantoffeltierchen erkennen! Unsere Beobachtungen wurden dann mit dem Lehrermikroskop fotografisch festgehalten (Abb. 2).
Unser Lehrer machte uns dann auch auf den Wettbewerb „Jugend forscht" aufmerksam. Da wir erst 14 bis 15 Jahre alt sind, meldeten wir uns bei der Sparte „Schüler experimentieren". Beim Wettbewerb erzielten wir mit unserer Arbeit den ersten Preis (Abb. 3). Die Juroren waren unter anderem auch von unserem Videofilm mit BIC-Beispielen so begeistert, dass wir außer Wettbewerb (weil noch nicht Altersstufe 16 Jahre, also noch nicht „Jugend forscht") das Verfahren bei dem Landeswettbewerb Baden-Württemberg in Gerlingen (23.–25. 03. 99) vorführen durften.
Auch im nächsten Jahr wollen wir bei „Jugend forscht" teilnehmen. Wir verraten hier noch keine Einzelheiten, nur das Rahmenthema: „Das optimierte Schulmikroskop". Unser Team, Herr Mathias und wir, sind nämlich der Meinung, dass die in der Zeiss-Werkschrift „Innovation" (April 1998) gestellte Frage: „Lichtmikroskopie am Ende?" zumindest für die einfache, preiswerte Hobby- und Schulmikroskopie zutrifft, leider! Vielleicht findet sich auf diesen Bericht hin ein Hersteller, der unsere Arbeit fördert und unterstützt?

Die MIKROKOSMOS-Redaktion hat für diese Leistung ihren Sonderpreis vergeben und wünscht dem jungen Forscherteam mitsamt seinem Betreuer viel Erfolg beim Erarbeiten der neuen Thematik für den nächstjährigen Wettbewerb!

Literaturhinweise

Drews, B., und J. Eichel: Der Dunkelfeldkeil: eine Kombination aus schiefer Beleuchtung und Dunkelfeld. Mikrokosmos *86*, 329–332 (1997).
Mathias, E.: Beugungs-Interferenzkontrast – Ein behelfsmäßiges Kontrastierungsverfahren im Eigenbau. Mikrokosmos *88*, 1–5 (1999).

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Ein unbekannter Sieger

Alexandre Yersin und die Pest

Norbert Gregor Günkel

Bei Hobby-Mikroskopikern hängt öffentliche Anerkennung selten von der Präzision ihrer Beobachtungen und Beschreibungen ab. Wie wichtig beides jedoch in der Wissenschaft sein kann, zeigt der „Fall Yersin", der allerdings auch aus anderen Gründen sehr interessant ist.

Er ist im doppelten Sinn der Worte ein großer Unbekannter der Wissenschaftsgeschichte: Alexandre John Emile Yersin. Selbst große Lexika tun ihn mit ein paar Zeilen ab, sein Name fehlt in manchen Geschichtsbüchern der Wissenschaft. Doch der gebürtige Schweizer ist ein Großer, weil seine wissenschaftliche Leistung nicht hinter der eines Robert Koch zurücksteht; er ist ein Unbekannter, weil dieser scheue und stille Einzelgänger praktisch nur seiner Wissenschaft lebte und sich hin und wieder gegen Veröffentlichungen über seine Arbeit zur Wehr setzte. Der Streit um seine Leistung macht deutlich, nach welchen Mechanismen der Wissenschaftsbetrieb funktioniert – oder manchmal auch eben nicht. Seines 50. Todestages wurde ebenso wenig gedacht wie der 100. Wiederkehr des Tages seiner Entdeckung.

Die Pest

Wir vermögen uns heute nicht mehr vorzustellen, welchen Schrecken die großen Seuchen des europäischen Mittelalters verbreiteten. Über Jahrhunderte hinweg stehen die Menschen einer Naturgewalt hilflos und im Grunde ohne Erklärung der Ursachen gegenüber. Am tiefsten hat sich die Pest in das Gedächtnis der Menschheit eingegraben, denn sie war gerade dem europäischen Mittelalter weit mehr als

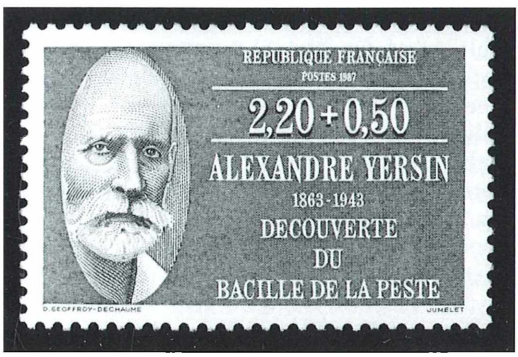


Abb. 1. Mit dieser Briefmarke ehrte Frankreich 1987 Alexandre Yersin als den Entdecker des Pest-Bazillus.

Abb. 2. Yersin in jüngeren Jahren (Bild: www.medicine-worldwide.de).

 © Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

eine Seuche. Sie gewann ob ihrer Unbarmherzigkeit eine geradezu metaphysische Bedeutung und beeinflusste das Weltbild des mittelalterlichen Menschen. Über sie liegen seit fast 3000 Jahren Berichte vor. Heute gilt als sicher, dass diese Krankheit den Ausgangspunkt zu ihren Epidemien immer wieder in den zentralasiatischen Hochsteppen nahm. Schon im dritten Jahrhundert vor Christus werden aus China Pest-Epidemien berichtet. Zwischen dem 6. und dem 8. Jahrhundert greift die Pest erstmals in großem Ausmaß nach Europa über. Die verheerendste, größte Welle der Seuche sucht zwischen 1347 und 1352 ganz Europa heim. Sie kommt über Nordafrika und Sizilien auf den Kontinent und breitet sich bis nach Island aus. Der „Schwarze Tod" fordert 25 Millionen Opfer, ein Drittel der damaligen Bevölkerung stirbt an der Seuche. Ganze Ortschaften und Landstriche werden entvölkert. Die Folgen dieser schrecklichen Heimsuchung sind noch für Jahrzehnte zu spüren. Bis ins 18. Jahrhundert flackert die Pest in Europa immer wieder auf; die letzte große Epidemie ereignet sich 1665/1666 in London. 1894 nimmt eine erneute Seuchenwelle in China ihren Ausgang. Durch Handelsschiffe wird die Pest in die großen Häfen der Welt exportiert, 1900 erreicht sie San Francisco.

Drei Formen der Pest sind beim Menschen bekannt: Beulenpest, Lungenpest und Pestsepsis. Wer an Beulenpest, der bekanntesten Form, erkrankt, bekommt an Leistenbeugen, in den Achselhöhlen oder am Hals charakteristische Beulen, das sind vergrößerte, entzündete Lymphknoten. Übertragen wird die Beulenpest vor allem durch den Rattenfloh *Xenopsylla cheopis*, der als Parasit Wanderratten befällt. Die Beulenpest verläuft ohne Behandlung in bis zu 75 Prozent der Fälle tödlich. Die Lungenpest wird meist durch Tröpfcheninfektion von einer infizierten Person übertragen. Für die Lungenpest liegt die Sterblichkeit bei 95 Prozent. Von der Lunge kann sich die Pest auf andere Körperteile ausbreiten, so dass es zur Pestsepsis kommt, einer Infektion des Blutes. Wer daran erkrankt, stirbt fast immer.

Wer die Menschheit von einer solchen Geißel befreit, der sollte der öffentlichen Anerkennung eigentlich auf Dauer sicher sein. Anderen Wissenschaftlern wie Robert Koch, Louis Pasteur, Gerhard Hansen, Emil von Behring oder Paul Ehrlich wurde sie in großem Maß zuteil. Warum bildet Yersin eine solche Ausnahme?

Der biografische Rahmen

Zum einen liegt es sicher an Yersin selbst, der von seinen Biografen Mollaret und Brossolet als Einzelgänger beschrieben wird, still, zurückgezogen lebend, fast scheu, weltabgewandt. Dass seine Entdeckung ungezählten Menschen das Leben rettete, war ihm wichtiger als der Kampf um die Urheberschaft, wie ihn sich jüngst die beiden HIV-Entdecker Robert Gallo und Luc Montaigner lieferten.

Zum anderen war sein Gegenspieler und angeblicher Mitentdecker Shibasaburo Kitasato sehr energisch darin, seinen Anspruch anzumelden – und Yersin ließ ihn gewähren. Selbst das Institut Pasteur erwähnt den Wissenschaftler auf seiner Internet-Seite nur im Zusammenhang mit der Entdeckung des Diphterietoxins zusammen mit Pierre Roux.

Sein ausgeprägtes naturwissenschaftliches Interesse hat Yersin von seinem Vater geerbt, der sich der Erforschung der Insekten widmete. Die Geburt seines Sohnes am 22. September 1863 in Lavaux hat er allerdings nicht mehr erlebt. Alexandre wächst in Morges in einem vom weiblichen Geschlecht dominierten Haus auf, denn seine Mutter bildet „höhere Töchter" in allem aus, was sie als Damen von Stand zu wissen und zu können haben. Früh schon geht der Junge seinen naturwissenschaftlichen Interessen nach. Am Gymnasium von Lausanne besteht er im Juli 1883 sein Abitur und nimmt anschließend sein Medizin-Studium auf, das er ab Oktober 1884 in Marburg fortsetzt. Als er 1885 nach Berlin kommt, nutzt er die Gelegenheit zu einem Besuch in Jena, wo er bei Zeiss sein Mikroskop auf den neuesten technischen Stand bringen lässt mit Abbe-Kondensor und Immersionsobjektiv. 30 Mark zahlt er dafür, worüber er seiner Mutter Rechenschaft abzulegen hat. Im Herbst des gleichen Jahres wechselt Yersin an die Pariser Universität, wo sich im Jahr darauf die Gelegenheit ergibt, Kontakte zu Louis Pasteur und Pierre Roux zu knüpfen. Roux nimmt den jungen Yersin zum Jahresbeginn 1887 als Präparator am Institut Pasteur unter Vertrag. Als Thema seiner Disseration wählt Yersin Diphterie und Tuberkulose (wird aber definitiv dann doch nur über Tuberkulose schreiben). Am 26. Mai 1888 wird Alexandre Yersin promoviert. Um weiter als Mediziner tätig sein zu dürfen, nimmt er am 11. Januar 1889 die französische Staatsbürgerschaft an.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://

Im Dezember 1888 war der erste von drei Aufsätzen erschienen, in denen sich Yersin und Roux mit der Diphterie und ihren Ursachen befassten. Sie konnten das Toxin des Erregers bestimmen. Dennoch ist der zurückhaltende Yersin mit seiner Rolle nicht recht glücklich, denn die Lehrtätigkeit in den mikrobiologischen Kursen behagt ihm nicht. So reift sein Entschluss, als Schiffsarzt in die Tropen zu gehen. Pasteur verhilft ihm mit einer Empfehlung zu einer Anstellung, und am 21. September 1890 sticht Alexandre Yersin mit dem Schiff „Oxus" in See mit Kurs auf Saigon.

Die nächsten Jahre sehen ihn aber nicht nur als Mediziner, sondern auch als Forschungsreisenden. Er entdeckt die Quelle des Dong Nai Flusses und erkundet das Lang Bian Plateau, wo er die Errichtung einer Stadt vorschlägt – das heutige Da Lat. Vier Jahre ist Yersin im zentralen Hochland Indochinas unterwegs, ehe ihn der Auftrag der Regierung erreicht, in Yunnan die Ursachen der neuerlichen Pestwelle zu erforschen, die Mitte 1894 auf Hongkong übergegriffen hatte. Am 15. Juni trifft Yersin in Hongkong ein, erledigt seine Arbeit und ist Ende August bereits wieder in Saigon, wo er sich einen Auftrag zur Erforschung der Rinderpest erteilen lässt. Gleichzeitig arbeitet er an der Erzeugung eines Serums gegen die Pest, das er aus Pferden und Kühen gewinnt. Der Arzt wird zum Viehzüchter.

Im Jahr darauf gründet Yersin ein Laboratorium bei Nha Trang. Dort studiert er Vieh-Krankheiten, Tetanus, Cholera und Pocken. Um das Labor zu finanzieren, das als „Pasteur Institut von Nha Trang" firmiert, kultiviert er Mais, Reis, und Kaffee und führt den Gummibaum *(Hevea brasiliensis)* nach Indochina ein. 1903 und 1904 leitet er eine medizinische Schule in Hanoi, kommt aber nach Nha Trang zurück, wo er 1920 bis 1923 eine Kultur von Bäumen zur Gewinnung von Chinin *(Cinchona ledgeriana)* anlegt.

Der Einsiedler hat aber auch eine andere Seite: Er ist ein Autonarr. Schon 1900 bestellt er sein erstes Auto in Frankreich, das 1901 bei ihm eintrifft. Jetzt kommt er schneller zu den verstreuten Arealen seines Instituts als zuvor mit dem Fahrrad. Weitere Modelle folgen, bis er fast ein Kind überfährt und von Stund' an kein Steuer mehr in die Hand nimmt. Yersin ist aber auch stolzer Bootsbesitzer. Und sobald sich die Möglichkeit bietet, benutzt er das Flugzeug statt des Schiffes für seine seltenen Fahrten nach Frankreich.

Er wird 1933 zum Ehren-Direktor des Pasteur Instituts in Paris ernannt. 1943, fast 80jährig, stirbt Alexandre Yersin und findet in Nha Trang seine letzte Ruhe. Die Zeitungen seines Heimatlandes schweigen zu seinem Tod, nur wissenschaftliche Kreise nehmen ihn überhaupt zur Kenntnis. Dagegen hat sein Andenken wenigstens in Vietnam alle politischen Umwälzungen überstanden.

Entdeckung des Erregers

Als die Pest 1894 nach Hongkong übergegriffen hatte, war die Besorgnis groß. Denn von diesem großen Hafen aus konnte sie in die Welt gehen. Yersin erhielt den offiziellen Auftrag, sich dem Studium der Krankheit zu widmen. Nach einigem Hin und Her traf er am 15. Juni dort ein. Drei Tage zuvor war Kitasato mit seinem Stab angekommen, um ebenfalls die Pest zu untersuchen. Der Japaner begrüßt den Konkurrenten mit der Zeitungsschlagzeile, den Erreger der Pest am Vortag bereits entdeckt zu haben – was für Mollaret/Brossolet die Frage nach der wissenschaftlichen Sorgfalt aufwirft. Denn die notwendige bakteriologische Untersuchung des Erregers war in nur zwei Tagen keineswegs zu leisten. Kitasato wird von den Engländern unterstützt, Yersin dagegen nicht. Zwischen den beiden Forschern gibt es keine Zusammenarbeit, Kitasato verweigert sogar ein Gespräch mit dem Konkurrenten. Während Yersin bei einem Antrittsbesuch bei Kitasato feststellt, dass dieser die Pestbeulen gar nicht untersucht, macht er sich selbst sofort an die Untersuchung der Lymphknoten, weil er hier Ansammlungen des Erregers vermutet. Er legt Kulturen an und injiziert den Erreger Mäusen und Meerschweinchen. Erst als Kitasato aus Yersins Umgebung von den Untersuchungsmethoden des Franzosen (und deren Erfolge) hört, macht er sich ebenfalls daran, die Pestbeulen zu untersuchen.

Die beiden Forscher liefern am Ende ganz unterschiedliche Feststellungen ab. Yersin beschreibt seine Organismen als klein, kurz und mit abgerundeten Ecken. Sie sind gram-negativ, können aber mit Enzian-Violett gefärbt werden. Bei Mäusen rufen sie Blutvergiftung hervor. Sie können auf üblichen Nährböden kultiviert werden, so Yersin in einem Brief an Duclaux, den dieser am 30. Juli 1894 der Aka-

 © Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

demie der Wissenschaften vorlegt. Daraus rechnen Mollaret/Brossolet zurück, daß Yersin seinen Bericht zwischen dem 26. und 28. Juni 1894 abgefasst haben muss (die Post brauchte vier Wochen nach Paris). Kitasato veröffentlicht am 25. August und muss auf weitere Untersuchungen vertrösten. Er kann nicht angeben, ob seine Bazillen gram-negativ oder gram-positiv sind – ein merkwürdiges Eingeständnis für einen der führenden Bakteriologen seiner Zeit. Außerdem attestiert er seinen Erregern Beweglichkeit.

Die Wissenschaft ist sich aber bereits vor der Jahrhundertwende einig: Der Erreger der Pest ist gram-negativ und unbeweglich. Heute nimmt man deshalb an, daß Kitasato Pneumokokken identifizierte, die man in Pestkranken ebenfalls häufig findet.

Der Streit um die Entdeckung Yersins und Kitasatos währte trotz der eindeutigen Beschreibungen fast 80 Jahre, ehe er mit einem Aufsatz von N. Howard-Jones 1975 endgültig entschieden wurde. Howard-Jones konnte sich dabei auf die Veröffentlichungen der beiden Wissenschaftler beziehen, und Yersin verdankt es seiner präzisen Beschreibung seines Fundes, dass sich die Waagschale auch noch nach 80 Jahren in seine Richtung neigte.

Folgerungen

Was ist aus dem „Fall Yersin" zu lernen?

- Exakte Beobachtung ist unerlässlich. Sie ist die Voraussetzung für jegliche weitere wissenschaftliche Tätigkeit. Yersin lernte sie früh und wandte sie nicht nur als Mediziner, sondern auch als Forschungsreisender an.
- Und nur sie erlaubt die genaue Beschreibung. Diese wiederum ermöglicht es anderen, die Beobachtungen nachzuvollziehen und sie zu bewerten - sogar noch nach Jahrzehnten.
- Eigene Ergebnisse mit anderen vergleichen. Als Kitasato publizierte, lag Yersins Bericht zwar noch nicht vor (der folgte im September). Aber noch zwei Jahre nach dessen Veröffentlichung nahm der Japaner die Ergebnisse des Franzosen offenbar immer noch nicht zur Kenntnis.
- Wissenschaftliche Ergebnisse müssen veröffentlicht werden. Das ist die Voraussetzung dafür, dass sich die Scientific Community mit Forschungsresultaten auseinandersetzen kann. Insofern muss die Zurückhaltung, die mancher Geldgeber heute von den Forschern fordert, höchst bedenklich erscheinen.
- Nicht immer wirken die ja auch heute wieder oft beschworenen „Selbstreinigungskräfte der Wissenschaft" zuverlässig. Noch heute gehen medizinhistorische Autoren und modernste Nachschlagewerke von einer gemeinsamen Entdeckung des Japaners und des Franzosen aus. Über die Gründe dafür mag man rätseln. Manches spricht dafür, dass das Nationalbewusstsein stärker war als die Liebe zur wissenschaftlichen Wahrheit. Die Engländer sahen Yersin nicht gerne in Hongkong arbeiten, und vor allem ihre Versionen der Medizingeschichte propagierten Kitasato als Entdecker, wie Mollaret/Brossolet betonen. Andererseits „gehörte" Yersin niemandem: Gebürtiger Schweizer, eingebürgerter Franzose, heimisch geworden in Indochina und zu allem und allen gleich weit auf Distanz.

Nur ganz still, aber nichtsdestoweniger nachdrücklich, hat die wissenschaftliche Welt auf ihre Weise die Entscheidung zwischen Yersin und Kitasato gefällt: Der Pest-Erreger heißt *Yersina pestis*.

Literaturhinweise

Beyer, H., Riesenberg, H. (Hrsg): Handbuch der Mikroskopie. 3. bearb. Auflage. Berlin 1988.
Howard-Jones, N.: Kitasato, Yersin and the Plague Bacillus. Clio Medica *10*, 23–27 (1975).
Medicine Worldwide: Alexandre Yersin. http://www.medicine-worldwide.de/persoenlichkeiten/yersin.htm
Microsoft: Encarta 97 Enzyklopädie. Microsoft Corporation. CD-ROM 1993–1996.
Mollaret, H. H., Brossolet, J.: Alexandre Yersin. Der Mann, der die Pest besiegte. Zürich 1987.
Stein, W.: Der große Kultur-Fahrplan. Lizenzausgabe Frankfurt. Erw. Auflage 1984.
Störig, H. J.: Kleine Weltgeschichte der Wissenschaft. Zwei Bände. Frankfurt 1982.
„Yersin, Alexandre" Britannica Online. <http://www.eb.com:180/cgi-bin/g?DocF=micro/649/48.html> Stand: 18. August 1998

Verfasser: Norbert Gregor Günkel,
Rudloser Straße 59,
D - 36367 Wartenberg,
e-mail: 104125.251@Compuserve.com

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Die planktisch lebenden Rädertiere der Gattung Collotheca

Martin Kreutz

Viele Rädertiere haben sich auf ein Leben im Plankton spezialisiert. Typische und häufige Beispiele sind z. B. Arten der Gattungen *Polyarthra, Asplanchna* oder *Keratella.* In der Gattung *Collotheca* dominieren hingegen die sessilen Formen und von den ca. 30 in Europa heimischen Arten haben sich nur vier Arten dem planktischen Leben angepasst. Von diesen planktischen Formen wurden drei Arten im Bodenseeraum gefunden und sollen hier vorgestellt werden.

Das charakteristischste Merkmal der Gattung *Collotheca* ist der Bau eines hyalinen Gehäuses, in dem die Tiere leben und von dem sich auch der Gattungsname ableitet. Die Gallerte für das Gehäuse wird von den Fußdrüsen ausgeschieden. Das Räderorgan besteht aus mitunter sehr langen Borsten, die in Büscheln auf Ausbuchtungen (Loben) des sogenannten Coronaltrichters entspringen. Zwischen den Loben haben viele Arten einen Besatz von Wimpern, der aber auch fehlen kann. Die Borsten und Wimpern erzeugen keinen Wasserstrom, sondern haben eher eine Tast- und Reusenfunktion. Geraten potentielle Beuteorganismen (Flagellaten, Ciliaten, Algen) in den Coronaltrichter, wird der Rückweg durch die Borsten und der Konstruktion des Trichters (siehe unten) versperrt. Alle Vertreter der Gattung sind sehr kontraktil und können sich blitzschnell in ihr Gehäuse zurückziehen.

Auffällige Gäste im Sommerplankton

Von den vier in Europa nachgewiesenen Arten (Voigt, 1957) wurden im Bodenseeraum innerhalb von sieben Jahren *Collotheca pelagica*, *C. mutabilis* und *C. libera* gefunden. Diese Reihenfolge gibt auch die Häufigkeit der Arten wieder, wie sie im Plankton gefunden wurden. Die vierte Art, *C. balatonica*, konnte nicht nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Untersuchungen von Pontin (1978) über die planktischen Rädertiere in Großbritannien. Auch dort fehlte *C. balatonica* im Plankton. Dabei sollte jedoch erwähnt sein, dass die Abgrenzung von *C. pelagica* nur durch eine ventrale Unterbrechung des Wimpernsaumes am Coronartrichter bei *C. balatonica* begründet wird (Ruttner-Kolisko, 1972; Voigt, 1957). Alle drei Arten kamen ausschließlich in den Sommermonaten vor und fielen in den Planktonproben durch ihre langsame Schwimmweise und den hyalinen Gallertgehäusen auf. Die Fundorte waren ein Badeteich in Radolfzell und der Bodensee. Dabei konnte *C. libera* bisher nur im Bodensee nachgewiesen werden. Erstmals trat diese Art 1998 auf, was eventuell ein Hinweis auf die steigende Wasserqualität des Bodensees sein könnte.

Unterscheidungsmerkmale der Arten

Alle drei Arten lassen sich leicht voneinander unterscheiden. Die wichtigsten Merkmale sind dabei die Art der Bewimperung und die Form des Coronartrichters sowie die Form des Gallertgehäuses. Sehr einfach lässt sich *Collotheca pelagica* identifizieren (Abb. 1), da diese Art mit dem Fuß voran schwimmt. Die Exemplare dieser Art waren 260-320 µm lang. Das Gallertgehäuse ist meist so lang wie das Tier (Abb. 1), kann aber in seltenen Fällen auch doppelt so lang werden (Abb. 2). Junge Exemplare von *C. pelagica* weisen noch zwei Augenflecke auf, die aber bei älteren Exemplaren abgebaut werden (Voigt, 1957). Der Trichterrand von *C. pelagica* besitzt keine Loben und ist mit recht kurzen Wimpern (ca. 30 µm) versehen.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

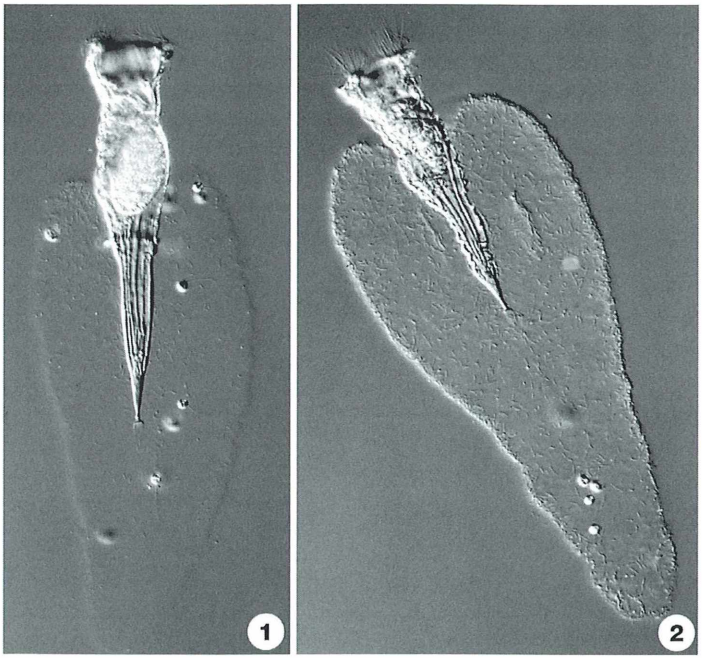


Abb. 1: *C. pelagica* schwimmt mit dem Fuß voran. Dieses Exemplar ist 260 µm lang. Ältere Exemplare dieser Art verlieren ihre Augenflecke. 190×. Abb. 2: Das Gallertgehäuse von *C. pelagica* kann beträchtliche Ausmaße erreichen und doppelt so lang werden wie das Tier selbst. 150×.

Der Aufbau des Coronartrichters

An *Collotheca pelagica* ließ sich sehr gut der Aufbau des Coronartrichters studieren, wie er für diese Gattung typisch ist. Im optischen Schnitt erkennt man gut den zweigeteilten Vorhof (Abb. 3). Der äußere, größere Hof wird Vestibulum genannt. In ihm werden die Beuteorganismen von der Wimpernkrone hineinbefördert. Von hier aus gelangt die Beute durch die Tätigkeit eines inneren Kranzes von Tastwimpern in den Infundibulum genannten inneren Vorhof, wo sie dann durch ein kurzes Rohr in eine Art Kropf (Proventriculus) gelangt. Diese Konstruktion verhindert, dass einmal eingefangene Beute wieder entkommen kann,

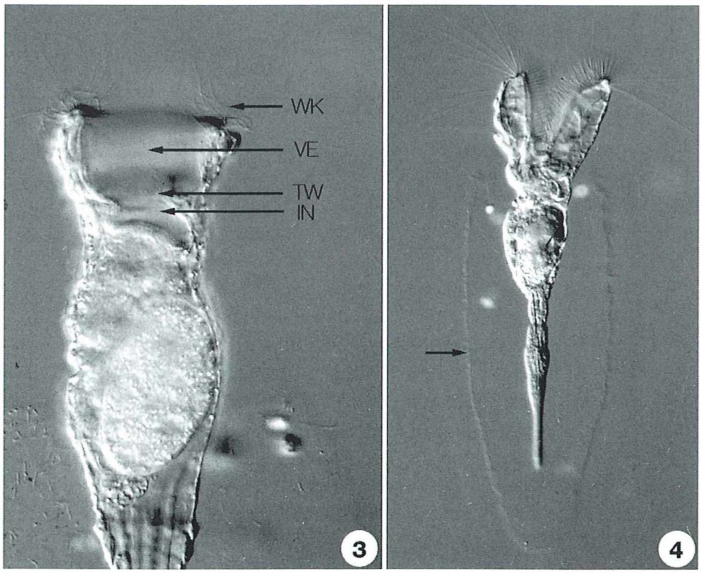


Abb. 3: Optischer Schnitt durch den Coronartrichter von *C. pelagica*. WK Wimpernkranz, VE Vestibulum, TW Kranz von Tastwimpern, IN Infundibulum. 440×. Abb. 4: Ein 265 µm langes Exemplar von *C. mutabilis* mit den zwei borstenbesetzten Loben. Die Gallerte zum Aufbau des Gehäuses ist zweischichtig aufgebaut. Der Pfeil deutet auf die Grenzschicht. 200×.

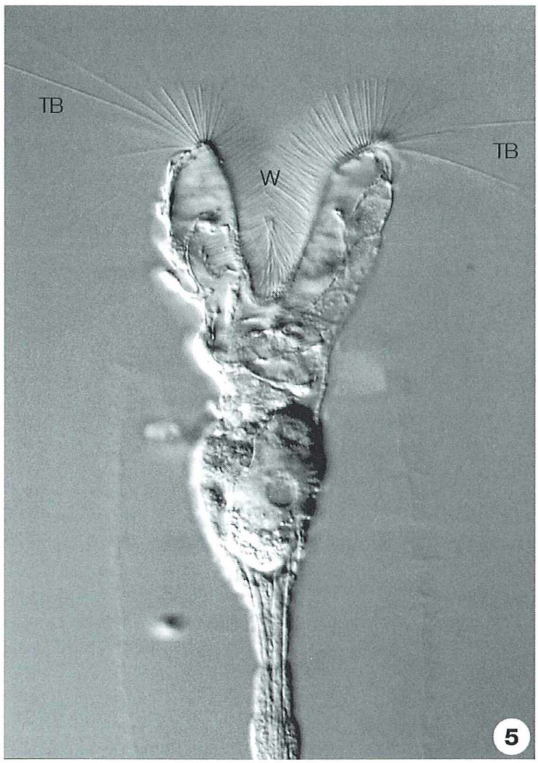
© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten

da die beiden Vorhöfe eine Art Reusenfunktion haben. Außerdem findet im Vestibulum schon eine Selektion der Beuteorganismen von z. B. unverdaulichen Detritusteilchen statt.

Sensibel durch Tastborsten

Im Gegensatz zu *Collotheca pelagica* schwimmt *C. mutabilis* (Abb. 4) mit dem Kopf voran. Außerdem ist der Coronartrichter von *C. mutabilis* in zwei Loben aufgespalten, an dessen apikalen Enden ca. 75 µm lange Borsten sitzen. Dazwischen ist der Trichterrand mit einem bürstenartigen Besatz von 10–12 µm langen beweglichen Wimpern versehen (Abb. 5). Die zwei Augen des Tieres befinden sich im dorsal gelegenen Lappen des Trichters. Das Gallertgehäuse ist zweischichtig aufgebaut (Abb. 4) und mit 250–350 µm genauso lang wie die darin befindlichen Tiere.

Die langen Borsten haben offensichtlich Tastfunktion, da *C. mutabilis* ausgesprochen empfindlich reagiert bei einer Berührung durch andere Planktonbewohner oder bei Erschütterungen. Selbst die Schwingungen des Spiegels und des Verschlusses beim Auslösen der Kamera reichen aus, das Tier zur Kontraktion zu veranlassen. Das Zurückziehen in das Gehäuse erfolgt dann so schnell, dass sich beim Auslösen des Blitzes die Exemplare schon kontrahiert haben, weshalb es sehr schwierig ist, ausgestreckte Exemplare dieser Art zu fotografieren. Deshalb empfiehlt es sich, zum Fotografieren



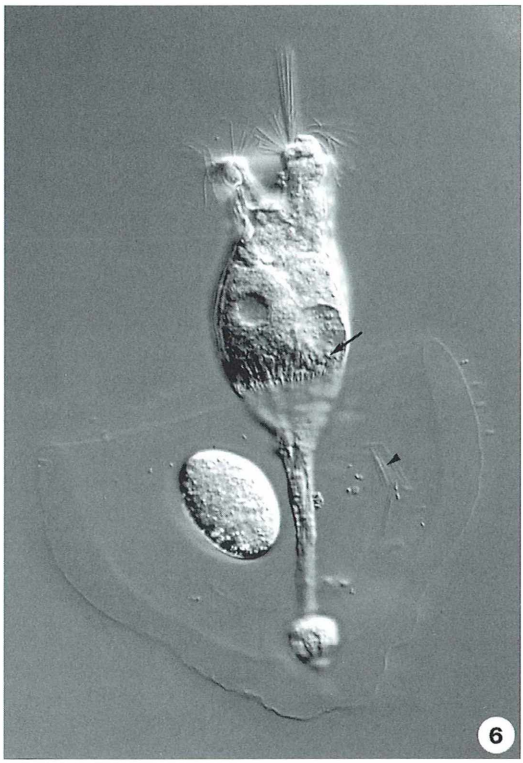


Abb. 5: Vergrößerte Darstellung des Coronartrichters von *C. mutabilis*. Man erkennnt gut den bürstenartigen Besatz von ca. 10 µm langen Wimpern (W) zwischen den Loben, und die langen Tastborsten (TB) an deren Apices. 460×. – Abb. 6: *C. libera* in seinem glockenförmigen Gallertgehäuse. Das Exemplar ist 150 µm lang. Deutlich sichtbar sind die zwei Augen unterhalb des Bündels von (Tast)Borsten. Etwa in der Körpermitte erkennt man ein gürtelförmiges, längsgestreiftes Organell (Pfeil), dessen Funktion ungeklärt ist. Im Gehäuse liegt ein Ei und der Pfeilkopf weist auf die verbliebenen Eihüllen von bereits ausgeschlüpften Jungtieren. 460×.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

dieser sensiblen Spezies die Kamera vom Mikroskop mechanisch zu entkoppeln, wie es auch zur Aufnahme von Abbildung 4 und 5 geschehen ist.

Eiablage im Gehäuse

Die dritte und bei weitem seltenste Art ist *Collotheca libera*. Sie ist sehr leicht an ihrem glockenförmigen Gehäuse zu erkennen (Abb. 6), das jedoch auch oben geschlossen sein kann und dann fast kugelförmig ist (Voigt, 1957). Das 160-170 µm lange Tier steht genau in der Mittes des Gehäuses aufrecht, wie eine Kerze in einem Glas. Durch den hohen Wasserwiderstand dieser Konstruktion bewegt sich *C. libera* nur sehr langsam voran. Der Coronartrichter zeigt nur eine dorsale Erhebung, in dem die beiden Augenflecke sitzen und auf der ein pinselartiges Büschel von ca. 28 µm langen Borsten entspringt. Der restliche Trichtersaum ist mit kurzen Wimpern versehen. Das Tier hat einen vergleichsweise kurzen Fuß, der am Gehäuseboden eine zwiebelartige Verdickung aufweist. Auf der Höhe des Gehäuserandes weisen die Tiere eine gürtelartige Struktur mit einer deutlichen Längsstreifung auf, die etwas 10 µm breit ist (Abb. 6). Diese Struktur wird in der Literatur nicht beschrieben und es konnte nicht festgestellt werden, wozu sie dient und ob es nur eine temporäre Erscheinung ist. Eventuell ist es ein Organ zum Bau und Formgebung des Gehäuses. Bei *C. libera* ließ sich durch das vom Körper abstehende Gehäuse sehr gut die Eiablage beobachten. Die Eier werden an die Innenwand des Gehäuses angeklebt bzw. in die Gallertmatrix integriert, was einen sehr guten Schutz vor Räubern darstellt. Auch nach dem Schlüpfen der Jungtiere kann man noch die verbliebenen Eihüllen auf der inneren Gehäusewandung erkennen.

Literaturhinweise

Pontin, R.M.: A key to the British planktonic rotifera. Freshwater Biological Association, Scientific Publication No. 38, Windermere 1978.
Ruttner-Kolisko, A.: Rotatoria. In: Das Zooplankton der Binnengewässer. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1972.
Voigt, M.: Die Rädertiere Mitteleuropas. Gebrüder Bornträger, Berlin-Nikolasee 1957.

Verfasser: Dr. Martin Kreutz
Magdeburger Str. 2, D-78467 Konstanz

Neue Medien

Cole, Theodor C. H.: Wörterbuch der Biologie: englisch-deutsch, deutsch-englisch.
(Buch & CD-ROM) Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg,
Berlin 1998, ca. 50 000 Begriffe, Buchpreis DM 128,00, CD-ROM-Preis DM 128,00, Paket-Preis DM 198,00; ISBN 3-8274-0375-8 (Buch), ISBN 3-8274-0397-9 (CD-ROM)

Sag es treffender. Jeder kennt es von einem Besuch beim Arzt. Wissenschaftler sprechen ihre eigene Sprache und diese Sprache kann, was den Umfang ihres Vokabulars angeht, mit anderen Fremdsprachen mithalten. Was aber passiert, wenn sich Wissenschaftler untereinander nicht mehr verstehen. Die Wissenschaftssprache ist immer an die jeweilige Landessprache gekoppelt. Hier wie dort sind Übersetzungshilfen unumgänglich geworden. Lesen lernen steht dabei am Beginn jeder Wissenschaft und das vorliegende Wörterbuch der Biologie ist hier als Hilfe gedacht. Wortfelder fassen thematisch verwandte Begriffe zusammen. Die zunehmende Internationalisierung, unterschiedliche Schreibweisen und Synonyme der Wissenschaftssprache werden berücksichtigt und es ist insbesondere die CD-ROM, die den immer wichtiger werdenden schnellen Zugriff ermöglicht. Die Aktualität der Begriffe steht im Vordergrund, wenngleich der Spezialist immer Termini finden wird, die hier nicht mehr oder noch nicht berücksichtigt werden. Sprachen sind lebendig, und das neue Medium CD-ROM lässt kontinuierliche updates via Internet erhoffen. Sachkenntnis vorausgesetzt – Buch und CD-ROM ersetzen kein Lexikon – erleichtert das Paket den Einstieg in die Fachliteratur ebenso wie die alltägliche Übersetzung naturwissenschaftlicher Texte. Ob „Zwillingsarten", „Folgearten", „earlobe" oder „eyelash", wer sich nicht sicher ist oder es einfach nur vergessen hat, dem sei das Buch oder die CD-ROM empfohlen (Auflösung siehe unten).

repmiwneguA ,nehcppälrhO ,seiceps lanoisseccus ,seiceps gnilbis
(zu lesen von rechts nach links)

Matthias Wolf, Berlin

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Mikro-Einsteiger

Beobachtungen an Protisten, die sich von Algen ernähren IV. Teil: Pilze – Oomyceten

Eberhard Schnepf

Pilzliche Algenparasiten gibt es außer bei den Chytridineen (siehe Teil III dieser Serie, Schnepf, 1999c) auch bei den Oomyceten, die heute allerdings nicht mehr zu den Pilzen im engen Sinne gerechnet werden, sondern zu den Stramenopilates (siehe Teil II dieser Serie, Schnepf 1999b). Zu den Oomyceten gehören auch wirtschaftlich wichtige Krankheitserreger von Nutzpflanzen, wie die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel *(Phytophthora infestans)*. Viele Oomyceten leben als Saprophyten auf totem organischen Material.

Die Oomyceten haben einen vielkernigen Thallus, der von einer Zellulosewand umgeben ist und, wie die meisten Stramenopilates, Zoosporen mit zwei unterschiedlichen Geißeln, die subapikal oder lateral ansitzen. Der Thallus ist diploid, die Meiose erfolgt also vor der Bildung der Geschlechtszellen (Gameten). Die Oomyceten, die Algen befallen, sind holokarpe Endoparasiten. Für ihre Bestimmung kann man wie bei den Chytridineen gut das umfangreiche Buch von Sparrow (1950) verwenden, auch wenn es in Details vielleicht veraltet ist.

Saprophytische Oomyceten kann man anlocken und untersuchen, wenn man angestochene Ameisenpuppen oder halbierte Getreidekörner in Teichwasser legt. An ihnen entwickeln sich bald Oomyceten wie *Achlya* oder *Saprolegnia*.

Lagenisma coscinodisci

Dieser Oomycet wurde 1968 von Drebes beschrieben. Er ist regelmäßig von Juli bis Oktober in Nordseeplankton zu finden. Bis fast 60% der Wirtszellen, verschiedene Arten von *Coscinodiscus*, können befallen sein (Wetsteyn und Peperzak, 1991). *Coscinodiscus* ist eine sehr große Diatomee, die leicht zu isolieren ist. Deshalb und weil der Parasit gut kultiviert werden kann, ist *Lagenisma* besonders intensiv untersucht worden (Drebes, 1968, 1974; Schnepf und Drebes, 1977; Schnepf *et al.*, 1978a, b, c). Teile ihrer vegetativen Entwicklung sind im Film festgehalten worden (Drebes, 1969). *Lagenisma coscinodisci* eignet sich daher auch ganz besonders für Anfänger, die die Lebensweise und Entwicklung eines Algenparasiten beobachten wollen (Abb. 1).

Die Infektion beginnt, indem sich eine sekundäre Zoospore (siehe unten) auf die Schale einer *Coscinodiscus*-Zelle setzt, sich enzystiert und mit einer dünnen Infektionshyphe auskeimt, die durch die Überlappung zwischen Ober- und Unterschale in das Zellinnere eindringt. Dort, also endobiotisch, entwickelt sich der Thallus, eine schlauchförmige, verzweigte Hyphe mit einem vielkernigen Protoplasten. Anfangs ist die Wirtszelle nur wenig geschädigt (Abb. 1A). Schließlich bricht das Membransystem der Wirtszelle zusammen, sie stirbt. Der *Lagenisma*-Thallus hört nun auf zu wachsen, schiebt aber vorher noch einen Entleerungstubus nach außen (Abb. 1B) und wird zum Sporangium, das sehr viele Zoosporen entwickelt. Diese werden freigesetzt, indem sich der Entleerungstubus an der Spitze öffnet (Abb. 1C, D). Sie werden durch den Quellungsdruck

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

eines Schleimes im Inneren des Zoosporangiums herausgetrieben (Schnepf *et al.*, 1978a). Vor dem Entleerungstubus bildet sich so eine große Wolke aus Zoosporen (Abb. 1E).
Diese primären Zoosporen sind nierenförmig, die Geißeln setzen lateral an. Nach kurzem Umherschwimmen setzen sie sich fest, ziehen die Geißeln ein und enzystieren sich (Abb. 2A–C). Diese Primärzysten sind von feinen Stacheln umgeben (Schnepf *et al.*, 1978c). Nach einiger Zeit (20 Minuten bis mehrere Stunden) kriecht aus der Primärzyste eine sekundäre Zoospore (Abb. 2D–H). Sie ist erst rundlich und wird dann ebenfalls nierenförmig. Die Geißeln bilden sich, während die Zoospore austritt (Schnepf und Drebes, 1977). Diese sekundären Zoosporen können bald wieder eine neue Wirtszelle in der oben beschriebenen Weise attackieren.
Wenn in Kulturen die meisten *Coscinodiscus*-Zellen aufgezehrt sind, kommt es zu Sexualprozessen (Schnepf und Drebes, 1977). Die

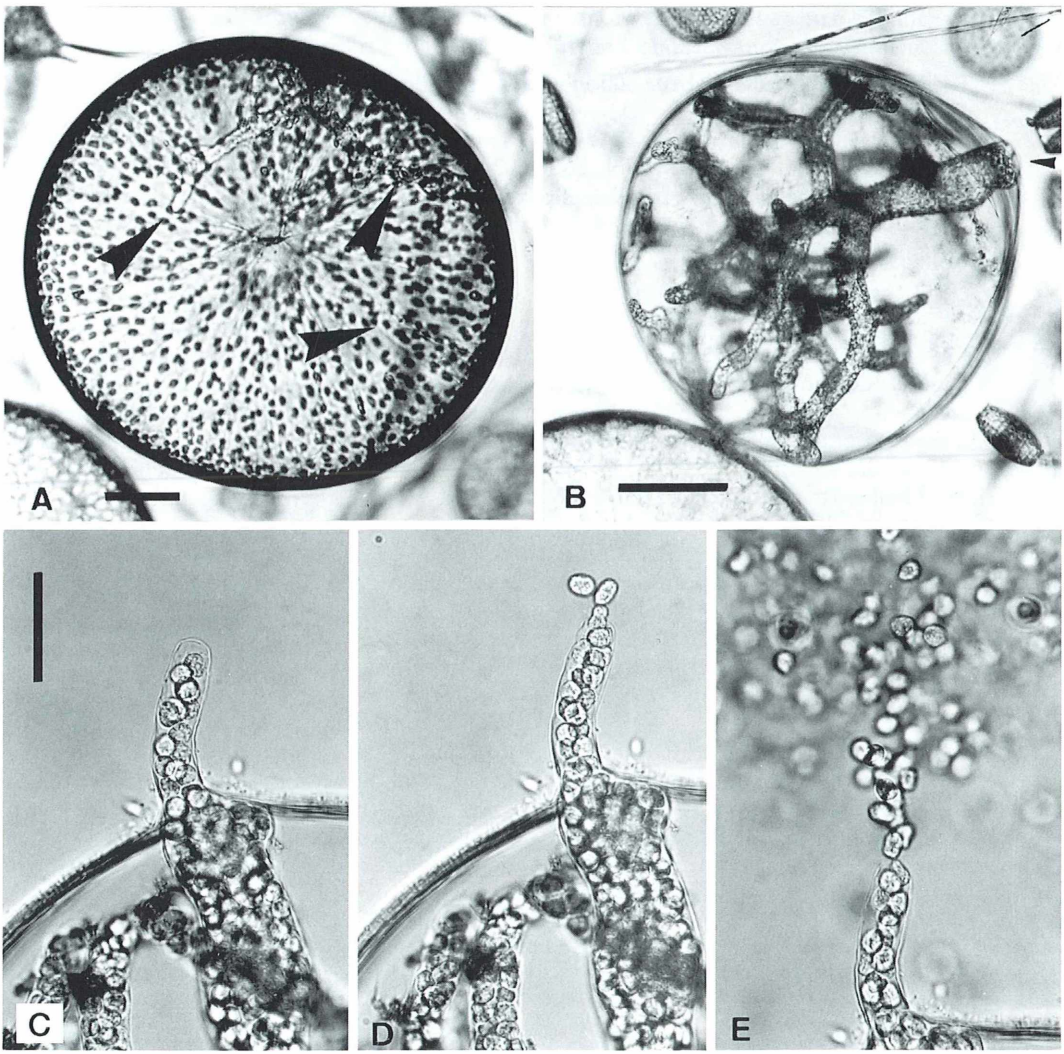


Abb. 1: ***Lagenisma coscinodisci*** **auf** ***Coscinodiscus granii.*** **A Junger Thallus (Pfeilspitzen). B Junges Zoosporangium nach dem Zusammenbruch des Wirtsplasmas; der Entleerungstubus (Pfeilspitze) wird gebildet. C, D, E Die Zoosporen werden frei, je 4 Min. Abstand zwischen den Aufnahmen. Maßstrich in A und B = 100 µm, in C, D. E = 20 µm.**

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorb

letzte Teilung vor der Bildung der Schwärmer ist in diesem Fall eine Meiose (Schnepf *et al.*, 1978b). Die Schwärmer sind dann sexuell determiniert, wobei das Geschlecht wohl phänotypisch bestimmt wird, denn in einem Sporangium werden nur weiblich oder nur männlich determinierte Schwärmer gebildet.

Durch eine Färbung mit Karminessigsäure (siehe Teil I dieser Serie; Schnepf, 1999a) kann man die meiotischen Chromosomen erkennen; sie sind kürzer und dicker als die mitotischen Chromosomen (Abb. 3A–D).

Die weiblich determinierten Schwärmer setzen sich bald fest, enzystieren sich und werden so zu Oogonien. Sie locken, wohl chemotaktisch, männlich determinierte Schwärmer an, die sich in der Nähe der Oogonien enzystieren und zu Antheridien werden. Oogonien und Antheridien sind etwa gleich groß. Nach kurzer Zeit keimt das Antheridium mit einer dünnen Befruchtungshyphe aus. Diese wächst auf das Oogonium zu und durchbricht dessen Wand (Abb. 3E). Der Protoplast des Antheridiums wandert nun in das Oogonium ein (Abb. 3F); es kommt zur Plasmogamie. Das Oogonium bildet nun einen breiten Auswuchs (Abb. 3G, H), in den das gesamte Plasma mit beiden Zellkernen einwandert (Abb. 3I, J, K). Etwa drei Stunden, nachdem die Schwärmer frei geworden waren, umgibt sich das Zytoplasma in dem Auswuchs mit einer dicken Zellwand, eine Dauerspore ist entstanden (Abb. 3L). Die beiden Zellkerne (Abb. 3M) fusionieren nach einiger Zeit (Abb. 3N): Karyogamie. Diese Dauersporen machen eine längere Ruhepause durch. Bisher gelang es noch nicht, ihr Auskeimen zu beobachten.

Der vegetative und generative Entwicklungskreislauf ist in Abbildung 4 schematisch dargestellt (nach Schnepf *et al.*, 1978c).

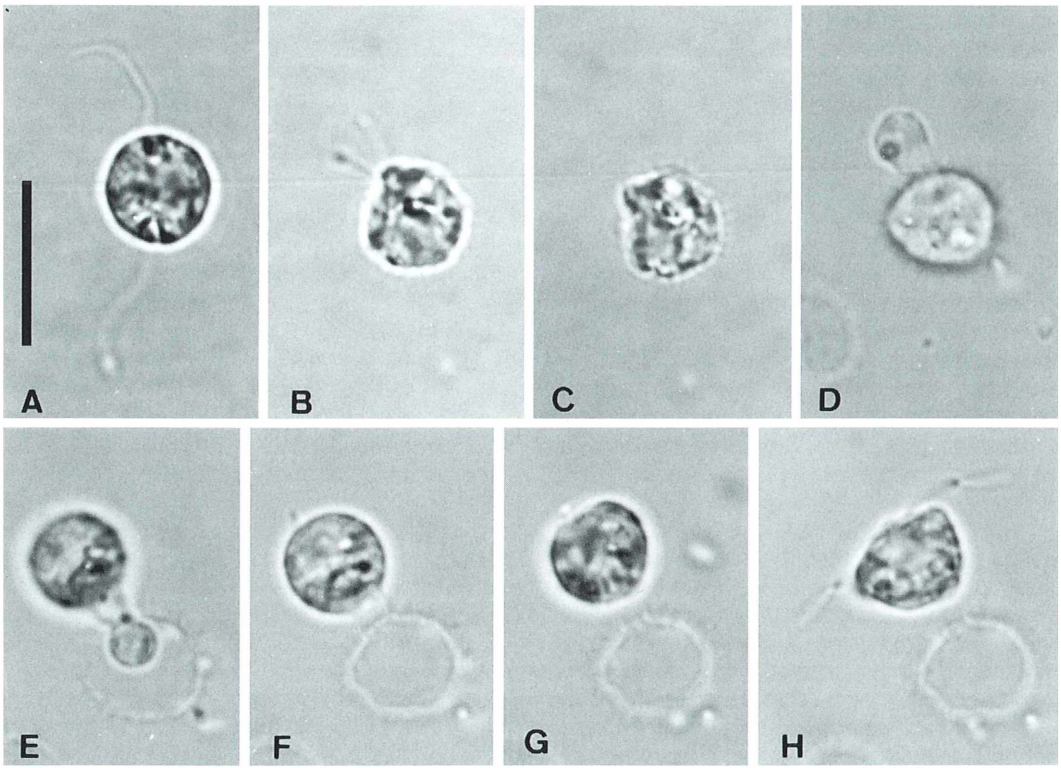


Abb. 2: *Lagenisma coscinodisci*. A–C Enzystierung einer primären Zoospore. A Die Zoospore hat sich mit dem Geißelpol festgesetzt. B Die Geißeln werden eingezogen, die fein bestachelte Zystenwand gebildet. C Fast fertige Zyste. A $15^{\underline{15}}$, B $15^{\underline{31}}$, C $15^{\underline{32}}$. D–H Eine sekundäre Zoospore schlüpft aus einer primären Zyste und bildet ihre Geißeln aus. D $12^{\underline{49}}$, E $12^{\underline{50,5}}$, F $12^{\underline{51}}$, G $12^{\underline{54}}$, H $12^{\underline{55}}$. $15^{\underline{15}}$ etc. Zeitangaben; Maßstrich = 10 µm.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

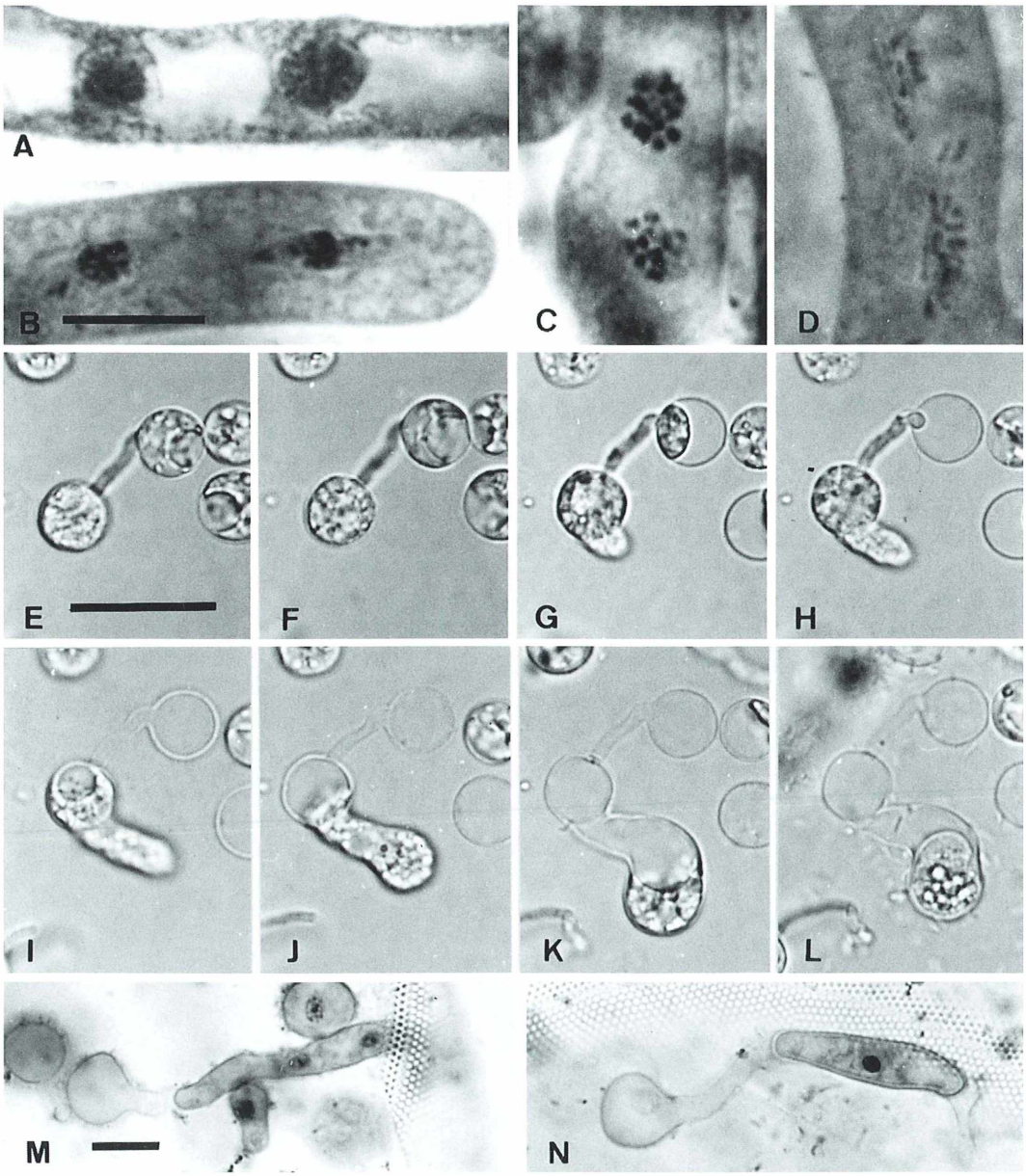


Abb. 3: *Lagenisma coscinodisci*, sexuelle Entwicklung. A–D Kernteilungen; Färbung mit Karminessigsäure. A Mitotische Prophase. B Mitotische Meta/Telophase, C Meiotische Prophase, D Meiotische Telophase. E–L Befruchtung, Lebendaufnahmen. E und F Antheridium und Oogonium fusionieren. G und H Das Oogon wächst aus. I und J Das Plasma wandert in den Auswuchs. K und L Die Dauerspore bildet sich. E $12^{\underline{15}}$, F $12^{\underline{24}}$, G $12^{\underline{50}}$, H $13^{\underline{13}}$, I $13^{\underline{25}}$, J $14^{\underline{19}}$, K $18^{\underline{25}}$, L $11^{\underline{20}}$ des übernächsten Tages. M und N Dauersporen vor (M) und nach (N) der Kernfusion; Färbung mit Karminessigsäure. $15^{\underline{15}}$ etc. Zeitangaben; Maßstrich = 10 µm in B für A–D, in E für E–L, in M (für M und N).

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorb

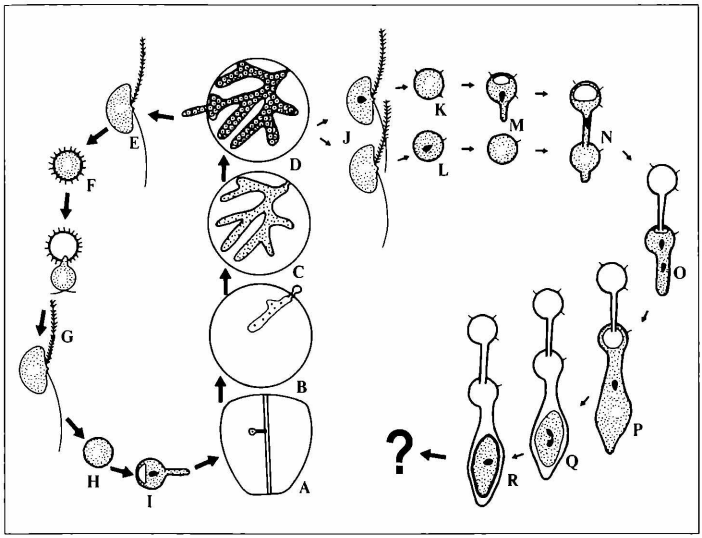


Abb. 4: *Lagenisma coscinodisci*, Entwicklung schematisch. A–I Vegetativer Kreislauf, J–R Generative Entwicklung. A Infektion einer *Coscinodiscus*-Zelle. B Wachstum des endobiotischen, vielkernigen Thallus. C Holokarpe Bildung des Zoosporangiums. D Bildung des Entleerungstubus. E Primäre Zoospore. F Primärzyste. G Bildung einer sekundären Zoospore. H Sekundärzyste. I Auskeimen der Sekundärzyste, Bildung der Infektionshyphe. J Sexuell determinierte Schwärmer. K Antheridium. L Oogonium. M Bildung der Befruchtungshyphe. N Plasmogamie, Bildung der Zygotenhyphe. O, P Auswachsen der Zygotenhyphe. Q Paarung der Kerne in der sich entwickelnden Oospore. R Oospore (Dauerspore) nach Karyogamie. Das Auskeimen der Oospore konnte noch nicht beobachtet werden (nach Schnepf *et al.*, 1978c).

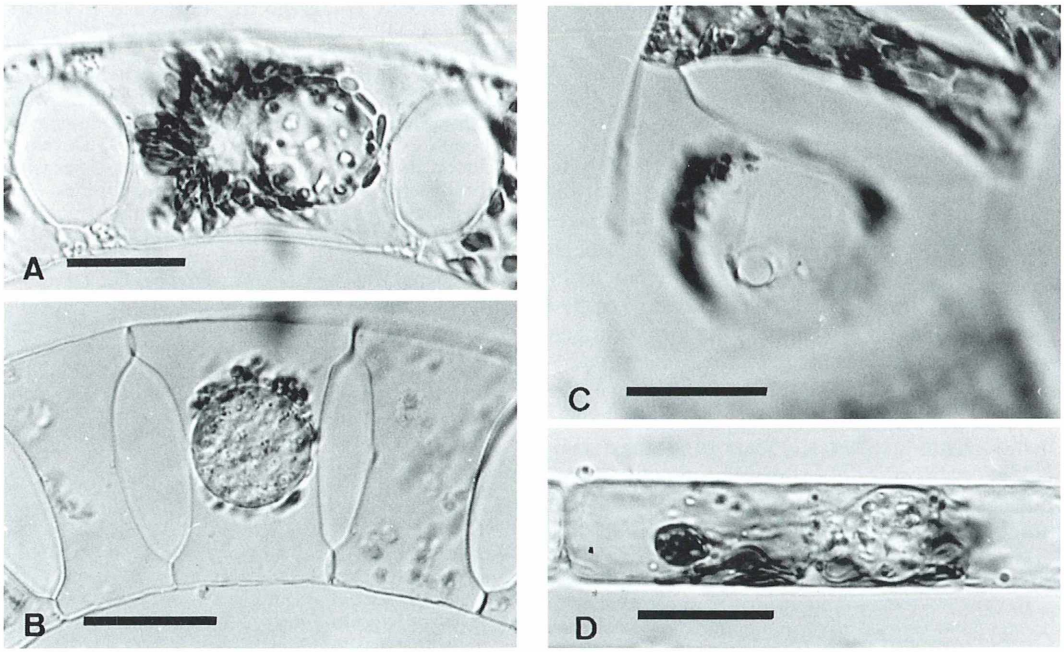


Abb. 5: *Ectrogella*. A In *Eucampia zodiacus*, junger Thallus. B Wie A, fast reifes Zoosporangium. C Wie A, entleertes Zoosporangium, Entleerungsöffnung in Aufsicht. D In *Guinardia delicatula*, reifender Thallus. Maßstrich = 20 µm.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

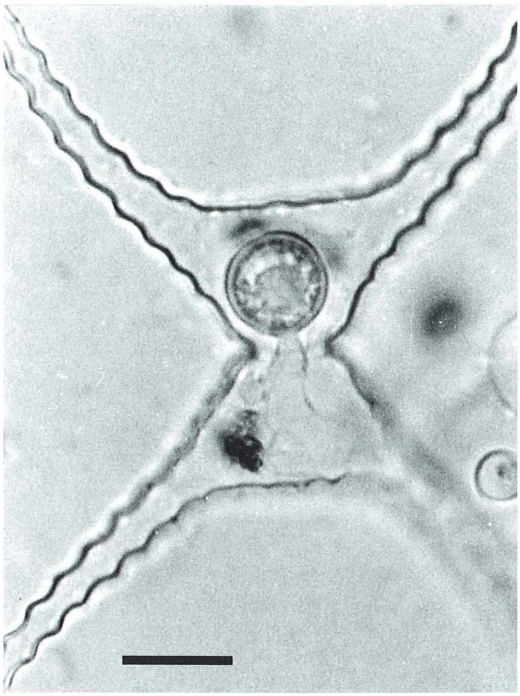


Abb. 6: Dauerspore eines Oomyceten in *Staurastrum*. Maßstrich = 10 µm.

Ectrogella

Dieser Oomycet ist ebenfalls holokarp und endobiotisch. Der Thallus und das Zoosporangium sind kugelig. Vermutlich gibt es mehrere Arten, die meisten befallen marine Diatomeen (Drebes, 1974), wobei die Einzelheiten nicht gut untersucht und die verschiedenen Formen nicht klar definiert sind. Die Abbildungen 5A–C zeigen eine *Ectrogella* auf *Eucampia zodiacus*, in A einen Thallus, um den sich die Chloroplasten der Wirtszelle gesammelt haben, in B ein fast reifes Zoosporangium und in C ein entleertes Zoosporangium mit seiner Entleerungsöffnung. In Abbildung 5D ist ein junges *Ectrogella*-Stadium in einer Zelle von *Guinardia delicatula* dargestellt.

Oomyceten auf Süßwasseralgen

Natürlich gibt es auch Oomyceten, die auf Süßwasser-Algen parasitieren. Die Desmidiacee (Zieralge) *Staurastrum* in Abbildung 6 enthält eine Dauerspore, die vermutlich die Zygote eines Oomyceten ist.

Die hier und im Teil III dieser Reihe (Schnepf, 1999c) gezeigten Beispiele zeigen eindrücklich, dass pilzliche Algenparasiten besonders geeignet sind, um die Wechselwirkungen zwischen Wirt und Parasit mikroskopisch zu untersuchen.

Literaturhinweise

Drebes, G.: *Lagenisma cosconidisci* gen. nov. spec. nov., ein Vertreter der Lagenidiales in der marinen Diatomee *Coscinodiscus*. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven, Sonderband *3*, 67–70 (1968).

Drebes, G.: *Lagenisma coscinodisci* (Lagenidiales) – Vegetative Vermehrung in der Kieselalge *Coscinodiscus granii*. Begleitveröff. zum Film E 1398. Enc. Cin., Göttingen, 1–8 (1969).

Drebes, G.: Marines Phytoplankton. Thieme Verlag, Stuttgart 1974.

Schnepf, E.: Beobachtungen an Protisten, die sich von Algen ernähren. I. Teil: Dinoflagellaten als Fresser mariner Kieselalgen. Mikrokosmos *88*, 49–56 (1999).

Schnepf, E.: Beobachtungen an Protisten, die sich von Algen ernähren. II. Teil: Euglenozoa und phagotrophe Nanoflagellaten der Nordsee. Mikrokosmos *88*, 117–124 (1999).

Schnepf, E.: Beobachtungen an Protisten, die sich von Algen ernähren. III. Teil: Pilze – Chytridineen. Mikrokosmos *88*, 181–187 (1999).

Schnepf, E., Drebes, G.: Über die Entwicklung des marinen parasitischen Phycomyceten *Lagenisma coscinodisci* (Lagenidiales). Helgoländer wiss. Meeresuntersuch. *29*, 291–301 (1977).

Schnepf, E., Deichgräber, G., Drebes, G.: Development and ultrastructure of the marine, parasitic oomycete, *Lagenisma coscinodisci* Drebes (Lagenidiales): Formation of the primary zoospore and their release. Protoplasma *94*, 263–280 (1978a).

Schnepf, E., Deichgräber, G., Drebes, G.: Development and ultrastructure of the marine, parasitic oomycete, *Lagenisma coscinodisci* Drebes (Lagenidiales). Thallus, zoosporangium, mitosis and meiosis. Arch. Microbiol. *116*, 141–150 (1978b).

Schnepf, E., Deichgräber, G., Drebes, G.: Development and ultrastructure of the marine, parasitic oomycete, *Lagenisma coscinodisci* (Lagenidiales): Sexual reproduction. Can. J. Bot. *56*, 1315–1325 (1978c).

Sparrow, F. K.: Aquatic phycomycetes. University of Michigan Press, Ann Arbor 1960.

Wetsteyn, L. P., Peperzal, L.: Field observations in the Oosterschelde (The Netherlands) on *Coscinodiscus concinnus* and *Coscinodiscus granii* (Bacillariophyceae) infected by the marine fungus *Lagenisma coscinodisci* (Oomycetes). Hydrobiol. Bull. *25*, 15–21 (1991).

Verfasser: Prof. Dr. Eberhard Schnepf,
Dürerweg 11, D - 69168 Wiesloch

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorb

Aus der Industrie

Absolut messen im dreidimensionalen Raum

Für Anwender von Zeiss Laser-Scanning-Mikroskopen aller Fachrichtungen, von der Biologie und Medizin bis hin zur industriellen Materialanalyse, wird nun ein Softwarepaket „DforLSM" zur Auswertung von LSM Bildstapeln angeboten. Es macht die Visualisierung und Messung von Strukturen und Objekten im dreidimensionalen Raum möglich.
Die umfangreichen Segmentierungs- und Meßfunktionen der Software „3DforLSM" erlauben die quantitative Bestimmung absoluter Werte z. B. des Volumens, der Oberfläche, des mittleren Grauwertes etc., im echten 3-D-Raum.
Ebenfalls in der Software enthalten sind zwei spezialisierte 3-D-Rekonstruktionsmethoden, Oberflächen-Rendering und Alpha-Rendering, für unterschiedliche Anwendungen. Bei der Akquisition eines Bildstapels mit dem LSM enthält jede Bildebene nur eine Teilinformation des Stapels. Erst durch die 3-D-Rendering-Technik wird die gesamte Information für den Anwender sichtbar und damit interpretierbar (Abb. 1). Die Darstellung aller Verarbeitungsschritte in einer Bildgalerie und das Bildfenster mit integrierter Zoom-Funktion ermöglichen eine schnelle und effiziente Bedienung der Software.

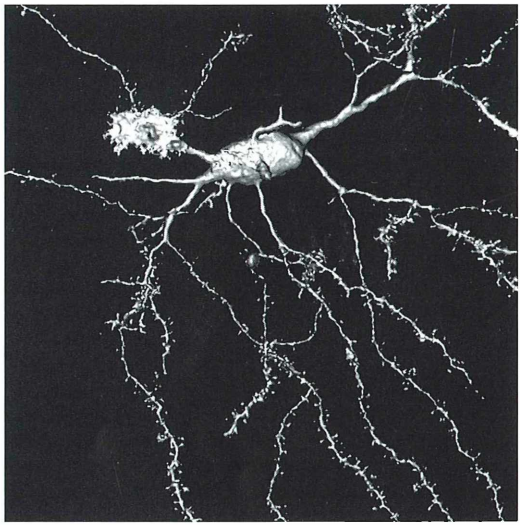


Abb. 1: Rekonstruktion einer Nervenzelle mit dem Oberflächen-Rendering-Verfahren der Software „3DforLSM".

Detaillierte Informationen sind zu erhalten von:
Carl Zeiss, Mikroskopie, D - 07740 Jena;
Tel.: ++49-36 41-64 16 16, Fax: ++49-36 41-64 31 44,
Internet: http://www.zeiss.de; e-mail: mikro@zeiss.de

Buchbesprechungen

Gerlach, D.: Die Anfänge der histologischen Färbung und der Mikrophotographie. – Josef von Gerlach als Wegbereiter. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 283. Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt am Main, 1998, 211 Seiten, kartoniert, DM 42,–, ISBN 3-8171-3283-2.

Josef von Gerlach (1820–1896) gilt als eine zentrale Forscherpersönlichkeit, die Mitte des vergangenen Jahrhunderts wesentliche Impulse für die Weiterentwicklung der histologischen Färbetechnik gegeben hat. Darüber hinaus wird er für Deutschland als Vater der Mikrophotographie angesehen. Auf diese beiden Aspekte konzentriert sich das vorliegende Buch, indem entsprechende Publikationen dieses Wissenschaftlers analysiert und kommentiert werden. Es würde den Rahmen einer Besprechung sprengen, wenn auf die einzelnen informationsdichten Kapitel des Buches im Detail eingegangen würde. So möge an dieser Stelle der nachdrückliche Hinweis genügen, dass für jeden, dem der historische Aspekte der Mikroskopie und der damit verbundenen Fachdisziplinen am Herzen liegt, das vorliegende Buch eine außerordentlich willkommene Bereicherung des diesbezüglichen Literaturangebotes darstellen sollte.

Wilhelm Wagner, Essen

 Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Williams, G. C.: Das Schimmern des Ponyfisches – Plan und Zweck in der Natur. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 1998, 205 Seiten, gebunden, DM 39,80, ISBN 3-8274-0241-7.

„Sie sind ein lüsterner heterosexueller Mann, und in ihrer Stadt gibt es zwei Bars für Singles. In einer der beiden verkehren hauptsächlich Männer, in der anderen vor allem Frauen. Welche werden sie auswählen?" Williams, spätestens seit 1966 – dem Erscheinungsjahr seines Buches „Adaptation and Natural Selection" – einer der renommiertesten amerikanischen Evolutionsbiologen, scheut sich nicht, die weitreichende Bedeutung der synthetischen Theorie der Evolution mit Hilfe auch solcher Beispiele zu erörtern. Sein populär und für jedermann verständlich geschriebenes Buch erzählt Geschichten – Geschichten von der Anpassung, von der Sexualität, vom Altern und anderen Flüchen. Und er schildert deren Auswirkungen hinsichtlich Philosophie und Medizin. Dabei sind es insbesondere die vielen – oft klassischen – Beispiele aus den unterschiedlichsten Bereichen der gesamten Biologie, die das Buch auszeichnen. Neu sind die Ideen zu einer darwinistischen Medizin die Krankheitserreger und körperliche Abwehrreaktionen im Licht der Evolutionsbiologie beleuchtet und dabei scheinbare Gegensätze wie „krank" contra „gesund" eindrucksvoll relativiert.
Problematisch und für einen "Einsteiger" irreführend ist dagegen der von Williams vertretene genzentrierte Reduktionismus, wonach Gene und nicht Organismen die Einheiten der Selektion sind. So schreibt Williams, dass – beispielsweise bei der Bildung von Ei- und Spermienzelle – ein Gen eine spezielle Gelegenheit bekommt, seine eigene Fitness auf Kosten derer seiner Nachbarn zu erhöhen (S.84). Hier wird auch für ein populärwissenschaftliches Buch zu sehr vereinfacht. Ein Gen kann überhaupt nichts. Weder sind Gene autonome sich reproduzierende Einheiten, noch können sie als immaterielle Informationspakete, losgelöst von einem konkreten Organismus überleben. Williams erwähnt seine Kritiker selbst und es bleibt dem Leser überlassen, inwieweit er bereit ist, tiefer in die Materie bzw. die Thematik einzusteigen und das eine oder andere Fachbuch hinzuzuziehen.

Matthias Wolf, Berlin

Aus den Arbeitsgemeinschaften

Mikroskopische Gesellschaft Wien

Programm
Oktober bis Dezember 1999

5. 10.: Ing. Konrad Liebeswar: Blätter (Präparationsabend)
12. 10.: Herbert Csadek: Astronomische Filme
19. 10.: Anton Losert: Histologie (Präparationsabend)
2. 11.: Allerseelen: Die Räume der Gesellschaft bleiben geschlossen.
9. 11.: Friedrich Posch: Mikroskopische Untersuchungen von Meteoriten und Gesteinen (mit Dias)
16. 11.: Herbert Palme, Peter Pavlicek: Gesteinsdünnschliffe (Präparationsabend)
23. 11.: Herbert Palme, Peter Pavlicek: Fortsetzung vom 16.11. (Präparationsabend)
30. 11.: Univ.-Lektor Dr. Ing. Wilhelm Bauer: Datierungsmethoden für organische Materialien mit besonderer Berücksichtigung der Radiumkarbon-Methode (Turiner Grabtuch – mit Videofilm bzw. Dias)
7. 12.: Prof. Erich Steiner: Mikropaläontologisches Material (Präparationsabend)
14. 12.: Weihnachtsfeier

Alle Vorträge und Kurse finden in den Räumen der Gesellschaft in Wien 2, Marinelligasse 10a, an Dienstagen statt und beginnen um 19.15 Uhr. Gäste sind willkommen. Vorstandssitzung ist jeden ersten Dienstag im Monat.

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

Mikro-Markt

Preise für Fließsatzanzeigen (pro mm/Spaltenbreite): privat DM 3,50; geschäftlich DM 5,–;
Vorzugspreis für Abonnenten der Zeitschrift (nur Privatanzeigen) DM 2,–
Chiffregebühr DM 10,– (Preise zzgl. gesetzl. Mwst.)
Senden Sie Ihren Anzeigenauftrag an den: URBAN & FISCHER VERLAG,
Anzeigenleitung, Postfach 10 05 37, 07705 Jena
Anzeigenschluß für die nächste Ausgabe ist der 17 07 1999

Verkaufe
- Kompl. Auflichtflufluoreszenz-Einrichtungen für Zeiss-Standard und für Leitz Dialux
  1 Zeiss STEMI III mit Durchlichteinrichtung
  1 Zeiss Phasenkondensor achr. apl.. 1,4
  1 Satz Plan Obkejtive 2,5-6,3-16-40-100
- Olympus D Plano 10-40-100

Tel./Fax: 02 11/49 04 62

Verkaufe: Leitz Mikroskope, Katalog 38 (1899), 96 S., 65 Abb., Preislisten, geheftet. 45,- DM. Best. Tel.: 030/4 31 59 09

Verk. Mikrotom der Marke Reichert, Typ ULTRA CUT; DM 2.500,-, Tel.: 0 81 71/90 97 39

Suche Zeiss Jena Mikroskope: JENAVERT, JENAVAL komplett, sowie Teile u. Zubehör. Tel. 0 89/3 08 22 11

Suche für **Zeiss Mikroskop** Standard: Trinokularer Fototubus, 30°, mit Schiebeprisma. Dr. H. Mischke, Tel. 0 48 81/87 61 80

Suche Vorsatzobjektiv 2x (Zeiss-Nr. 475066) für Zeiss Stereomikroskop III.
Tel.: 0 83 89/12 33

Mikroskopische Präparate aus Zoologie und Botanik **in bester Qualität direkt vom Hersteller**. Wir liefern auch **Semi-Dünnschnitte** 1μm). Bitte Liste anfordern. (Bitte Rückporto von DM 2,20 in Briefmarken). Labor für mikroskop. Technik u. mikroskop. Fotografie. Ingrid Neureuther, Brentanostr. 7a, 85055 Ingolstadt
Tel.: 08 41/5 43 98, Fax: 08 41/5 68 53

Probleme beim Ausbau des Mikroskops? Unsere Liste „Zubehör für die Mikroskopie und Mikrofotografie" enthält die passende Optik und viele Bauteile. Wir liefern auch Präparate von Diatomeen, Radiolarien und Foraminiferen.
R. Göke, Bahnhofstaße 27, 58095 Hagen, Telefon + Fax 0 23 31/3 17 54

© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; http://www.elsevier.de/

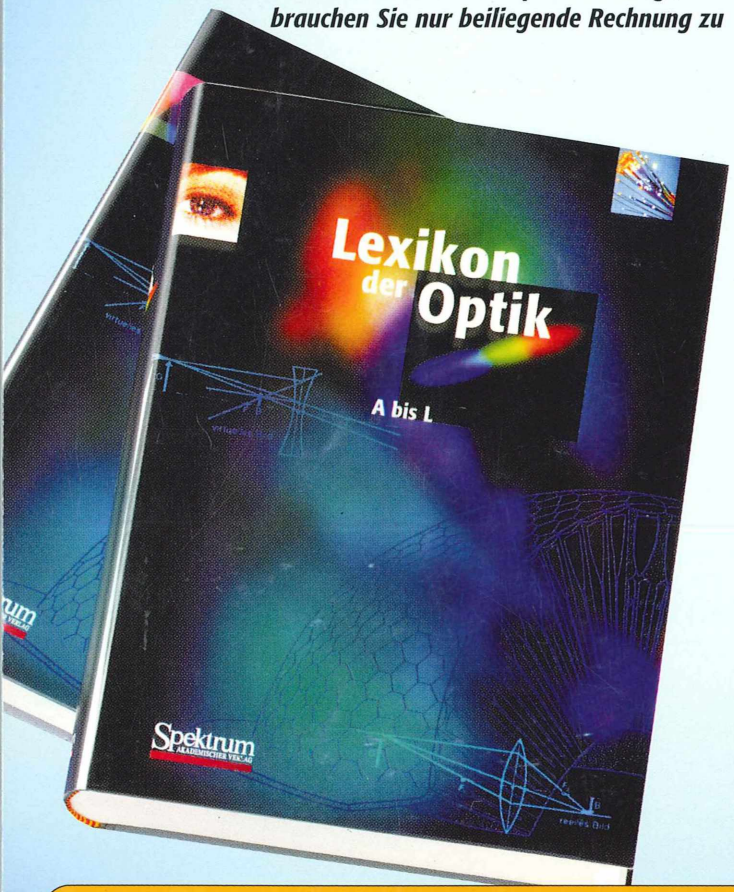
Testen Sie jetzt das neue Lexikon der Optik!!

Mikrokosmos
510543
Bibliothek des OÖ. Landesmuseums 1 (6)

Museumstraße 14
4020 Linz

300229

faxen Sie diesen sofort zurück. Wenn Sie das neue* Lexikon der Optik *überzeugt, brauchen Sie nur beiliegende Rechnung zu begleichen. Danach bekommen Sie auch Band 2 bequem gegen Rechnung zugeschickt. Unsere Vertrauensgarantie: Sollten Sie nicht völlig zufrieden sein, senden Sie Ihren Test-Band und die Rechnung einfach innerhalb von 4 Wochen zurück.



Aktuelles Wissen in verständlicher und kompakter Form!

Das aktuelle und umfassende **„Lexikon der Optik"** sorgt in zwei handlichen Bänden für den Durchblick in sämtlichen Teildisziplinen der Wissenschaft von Licht und Wahrnehmung. Es verbindet die physikalischen Grundlagen der Optik und der klassischen Theorie der optischen Abbildung mit den modernen Disziplinen wie Quanten- und nichtlineare Optik, optische Nachrichtenübertragung, Bildverarbeitung u. -speicherung, Mikrooptik und Lasermedizin.

Das bietet Ihnen das neue Lexikon der Optik

- Zwei Alphabetbände mit jeweils ca. 400 Seiten pro Band, gebunden, im Schuber
- über 3.000 Stichworte aus sämtlichen Teildisziplinen der Optik: Von der physikalischen Optik und Augenoptik über Werkstoffe und Lichttechnik bis hin zu Quanten- und Atomstrahloptik.
- verfaßt von über 70 renommierten Autoren
- über 500 Abbildungen (z.T. vierfarbig), 6.000 Verweise und 5.000 Formeln ergänzen die Stichworteinträge und ermöglichen darüber hinaus eine rasche Orientierung.

Bitte kopieren und zurückfaxen an: 0 62 21 - 91 26 38

☐ ***Ja, ich bestelle*** das neue ***Lexikon der Optik*** in 2 Bänden zum Gesamtpreis von DM 496,- / öS 3.621,- / sFr 441,- (ISBN 3-8274-0123-2). Ich erhalte zuerst den Band 1 zum Preis von DM 248,-. Wenn mich das Werk überzeugt, brauche ich nur die beiliegende Rechnung zu begleichen. Danach bekomme ich Band 2 (Ersch.-Termin: 7/99) ebenfalls gegen Rechnung zum Preis von DM 248,-. Sollte ich wider Erwarten nicht völlig zufrieden sein, sende ich meinen Test-Band (Bd. 1) einfach innerhalb von 4 Wochen an die Bestelladresse zurück. Damit ist die Sache für mich erledigt.

Widerrufsrecht: Diese Bestellung kann ich innerhalb einer Woche bei Spektrum Akademischer Verlag, Vangerowstraße 20, D-69115 Heidelberg widerrufen. Die Frist beginnt einen Tag nach Absendung des Bestellcoupons. Die Kenntnisnahme dieses Hinweises bestätige ich mit meiner 2. Unterschrift.

Datum X 2. Unterschrift

Absender:

Name/Vorname

Straße

PLZ/Ort

Datum X 1. Unterschrift

Rufen Sie an: 06221-912641
oder schicken Sie eine Mail:
http//www.spektrum.verlag.com

Spektrum
AKADEMISCHER VERLAG
Vangerowstraße 20 • 69115 Heidelberg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mikrokosmos, Zeitschrift für Mikroskopie

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: 88_4

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: Mikrokosmos 88_4 1