

II P0372/88,6

F 20582

MIKROKOSMOS



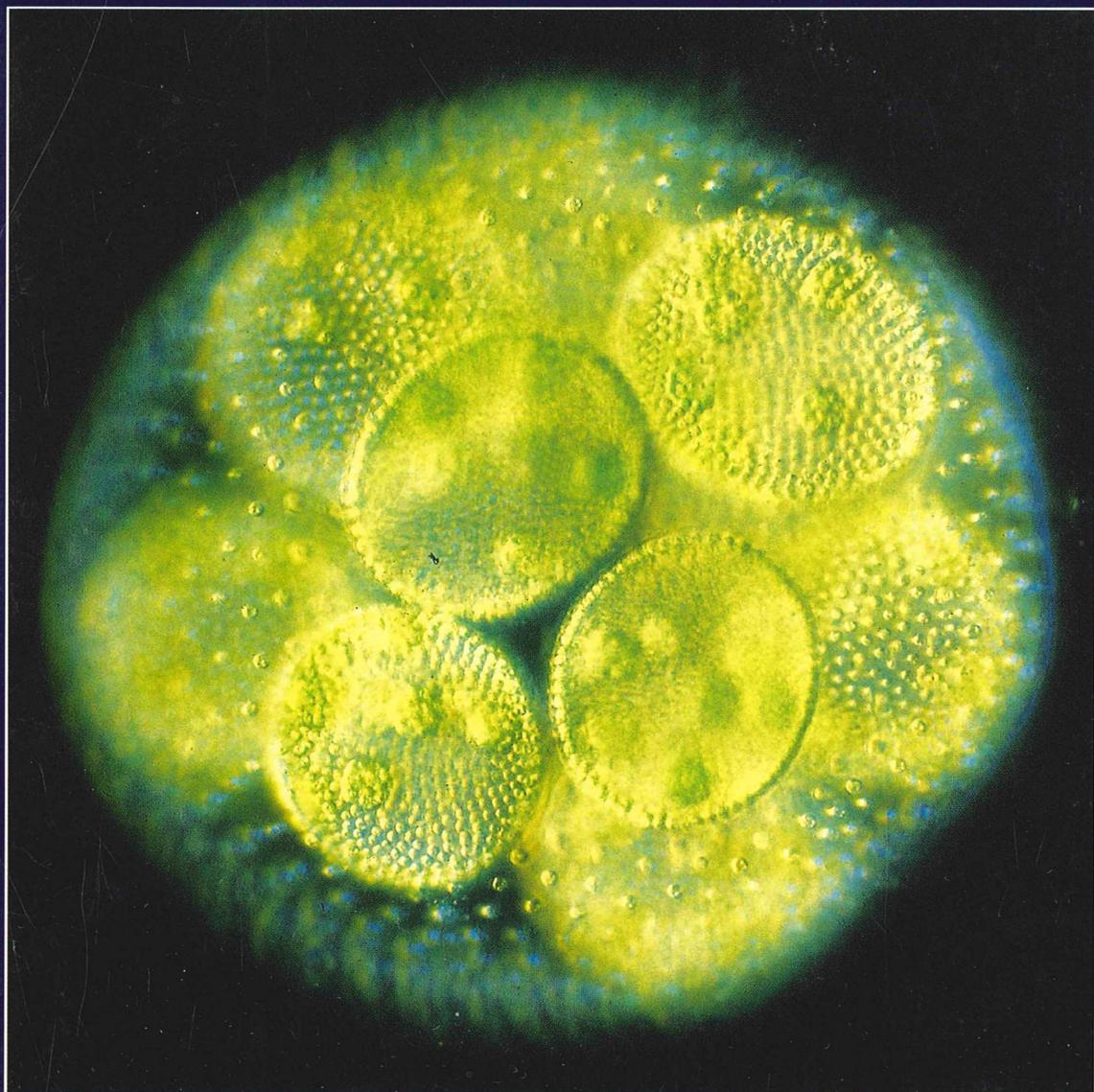
URBAN & FISCHER

November 1999

88. Jahrgang

Heft 6

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

- 321** *Vasicola ciliata* – Ein violettfarbener Ciliat in einer Lorica
Philipp Mayer und Martin Kreuz
- 327** Leeuwenhoek entdeckt die Kugelalge *Volvox*
Rainer Hendel
- 331** Eine einfache CCD-Computer-Kamera für jedermann
Martin Mach
- 335** Phytoplanktologische Neufunde im Raum Erlangen (Mittelfranken)
Christina Zell
- 341** Das schmalblättrige Weidenröschen aus der „Sicht der Biene“
Karl Peter Gaffal
- 349** Der Lotus-Effekt: Hausputz nach dem Vorbild der Natur
Klaus Hausmann
- 353** Über Baumaterial und Strukturen der Foraminiferen-Wände
Andreas Braun
- 361** Neue optische Adapter für die Video-Mikrografie
Gerhard Göke
- 363** Mikroskopieren um die Mitte des 19. Jahrhunderts
Werner Nachtigall
- 373** Mikro-Einsteiger: Wald-Haarmützenmoos (*Polytrichum formosum*) – Ein großes Moos mit vielen kleinen Wundern
Hans Brogmus

Rubriken

- 326, 360**
Kurze Mitteilungen
- 346, 371**
Nachrichten
- 377**
Buchbesprechungen
- 382**
Aus den Arbeitsgemeinschaften
- 383**
Mikro-Markt
- 384**
Impressum

Das jeweils neueste Inhaltsverzeichnis können Sie jetzt auch kostenlos per e-mail (ToC Alert Service) erhalten

Melden Sie sich an:

<http://www.urbanfischer.de/journals/mikrokosmos>

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

Umschlagabbildung: *Volvox*-Kugel im Dunkelfeld. Siehe Artikel R. Hendel, S. 327–330.

Vasicola ciliata – Ein violettfarbener Ciliat in einer Lorica

Philipp Mayer und Martin Kreutz

Der schön gefärbte Ciliat *Vasicola ciliata* fiel uns zum ersten Mal im Januar 1998 durch eine Massenentwicklung in der obersten Schicht der Faulschlammzone in einem nordwestlich von Konstanz gelegenen Braunwassertümpel auf. Im darauffolgenden Frühjahr verschwand die Population vollständig und trat erst im Winter '98/'99 wieder auf. Die Sichtung der vorhandenen Literatur zeigte, dass sich bisher nur wenige Autoren mit diesem Ciliaten beschäftigt hatten. Wir möchten mit diesem Bericht über unsere Beobachtungen und Untersuchungen an *V. ciliata* dazu beitragen, die wichtigsten Merkmale dieses Ciliaten besser kennenzulernen, da einige der Angaben in früheren Berichten sich doch wesentlich von unseren unterscheiden.

asicola ciliata gehört zum Stamm der Ciliophora, Unterklasse Holotricha, zu der alle gleichmäßig bewimperten (holotrichen) Ciliaten gezählt werden. Sie besitzen keine adoralen Membranellenbänder oder ähnliche speziell entwickelten Organellen aus Cilien, die der Nahrungsaufnahme oder Fortbewegung dienen. Die Erstbeschreibung von *V. ciliata* erfolgte 1869 durch Tatem. Etwa 30 Jahre später wurde dieser Ciliat auch von Lauterborn (1901) beschrieben, jedoch als *Pelomorpha bütschlii* bezeichnet. In der Literatur hat sich der von Tatem vergebene Name durchgesetzt.

Ein gehäusebewohnender Ciliat

V. ciliata lebt in einem farblosen Gehäuse, das mit dem Hinterende meist an Detritusflocken festgeheftet ist. Das Gehäuse, welches man auch als Lorica bezeichnet, ist sehr zart und hyalin. In der Mitte ist es bauchig erweitert und quer geringelt, an beiden Enden halsartig verengt. Die Größe der Lorica beträgt nach unseren Messungen 110–140 × 50–60 µm und die Öffnungen haben Durchmesser von 30–35 µm. In der Gehäusemitte findet sich der Ciliat (Abb. 1). Die meridionalen, also kreisförmig um den Körper verlaufenden Wimpernkranze, greifen in die Querrillen des Gehäuses ein, wodurch sich der Ciliat sozusagen im Gehäuse artiert. Die Querrillen der Lorica entstehen

beim Gehäusebau dann, wenn sich der Ciliat dreht und jeder meridionaler Wimpernkranz einen Wulst in der Lorica verursacht (Kahl, 1935). Im Gegensatz zu unseren Beobachtungen und denen aller anderen Autoren, beschreiben Dragesco *et al.* (1974) die Lorica als glatt. Es bleibt offen, ob bei der von diesen Autoren beobachteten Population die Querrillen fehlten oder übersehen wurden, oder ob es sich um eine andere Art handelt.

Pink durch Schwefelbakterien

Bei den ersten Untersuchungen von Proben findet man *V. ciliata* meist frei schwimmend (Abb. 2), da er schon unter geringem Deckglasdruck das Gehäuse verlässt (Abb. 3). Dabei zeigt der Ciliat ein hohes Maß an Flexibilität, da er sich problemlos durch die enge Gehäuseöffnung bewegen kann. Außerhalb der Lorica schwimmt der Ciliat mäßig schnell und leicht rotierend. Die Gestalt von *V. ciliata* ist dann unregelmäßig ovoid. Vorne ist er breit gerundet und nach hinten verjüngt er sich oft. Die Länge des Ciliaten beträgt dann im gestreckten Zustand 90–120 µm. Ein charakteristisches Merkmal dieser Art sind mehrere Caudalcilien, die 20–30 µm lang werden (Abb. 4). Sehr auffallend sind die pink- bis violettfarbenen Nahrungsvakuolen, mit denen *V. ciliata* stets dicht gefüllt ist. Hierbei handelt es sich um rote Schwefelbakterien, welche die Haupt-

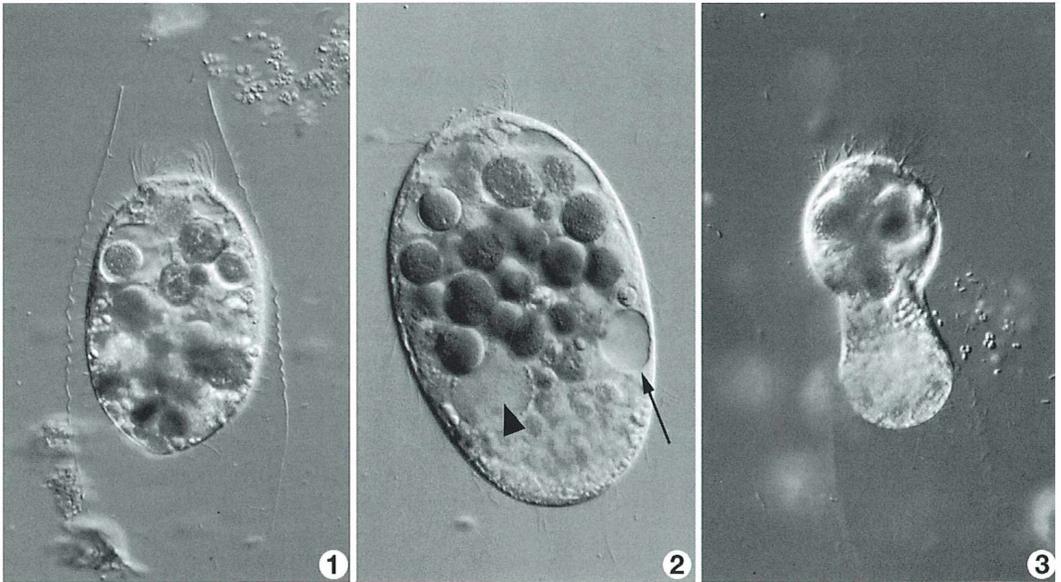


Abb. 1: *V. ciliata* in der Lorica. Die meridionalen Wimpernkranze greifen in die Wülste der Lorica. Das Exemplar ist 95 μm lang. 390 \times . – **Abb. 2:** Frei schwimmendes Exemplar von *V. ciliata* mit gut sichtbaren Makronucleus (Pfeilkopf) und kontraktile Vakuole (Pfeil). Der Ciliat ist dicht mit pinkfarbenen oder violetten Nahrungsvakuolen angefüllt. 460 \times . – **Abb. 3:** Unter Deckglasdruck verlässt *V. ciliata* das Gehäuse. Dabei ist zu beobachten, wie flexibel der Ciliat ist. 420 \times .

nahrung von *V. ciliata* sind (Abb. 2) und die ihre Färbung während des Verdauungsvorganges intensivieren. Seltener findet man Nahrungsvakuolen mit grünem Inhalt von kleinen Grünalgen und sehr oft auch *Trachelomonas spec.* Im hinteren Körperdrittel sammelt sich vielfach eine große Zahl von farblosen Öltröpfchen. Die große Zahl von Vakuolen erleichtert nicht gerade die Erkundung der Lage des Makronucleus und der kontraktile Vakuole. Nach unseren Beobachtungen befindet sich der 18–20 μm große kugelige Makronucleus am Beginn des hinteren Körperdrittels. Dem Makronucleus liegt ein ca. 3 μm großer runder Mikronucleus an (Abb. 5). Die kontraktile Vakuole liegt entweder auf gleicher Höhe oder nur knapp unterhalb des Makronucleus. Mit etwas Glück sind beide Zellorganellen sogar gleichzeitig zu sehen (Abb. 2). Auch zur Lage der kontraktile Vakuole wird von Dragesco *et al.* (1974) eine abweichende Darstellung gegeben. Nach diesen Autoren soll sie bei *V. ciliata* terminal liegen, was wir und alle anderen Autoren aber nicht bestätigen können.

Beobachtungen in der Lorica

Im Mikroaquarium oder bei nur langsam zunehmenden Deckglasdruck kann man *V. ciliata* eingehend im Gehäuse studieren (Abb. 1). Der Körperumriss ist dann fast eiförmig und der Ciliat misst in diesem Falle 60–100 \times 40–60 μm . Das Vorderende ist fast gerade abgestutzt. Hier liegt der Mundtrichter, der nach Angaben von Dragesco *et al.* (1974) von drei Wimpernkranzen umgeben ist, die ohne Silberimprägnerung jedoch nicht voneinander zu unterscheiden sind. *V. ciliata* verhält sich in seiner Lorica meist ruhig und rotiert nur langsam um seine Längsachse. Die Pellikula erscheint deutlich gefeldert (Abb. 6). Auf den Querreihen dieser Felderung sind die Cilien der meridionalen Wimpernkranze angeordnet. Es sollen nach der Silberimprägnerung von Dragesco *et al.* (1974) 15–18 meridionale Wimpernkranze sein. Diese Zahl haben auch wir gezählt. Jeder meridionale Wimpernkranz besteht aus einem Doppelband von Cilien mit paarig angeordnete Basalkörpern. Wie man auf Abbildung 1

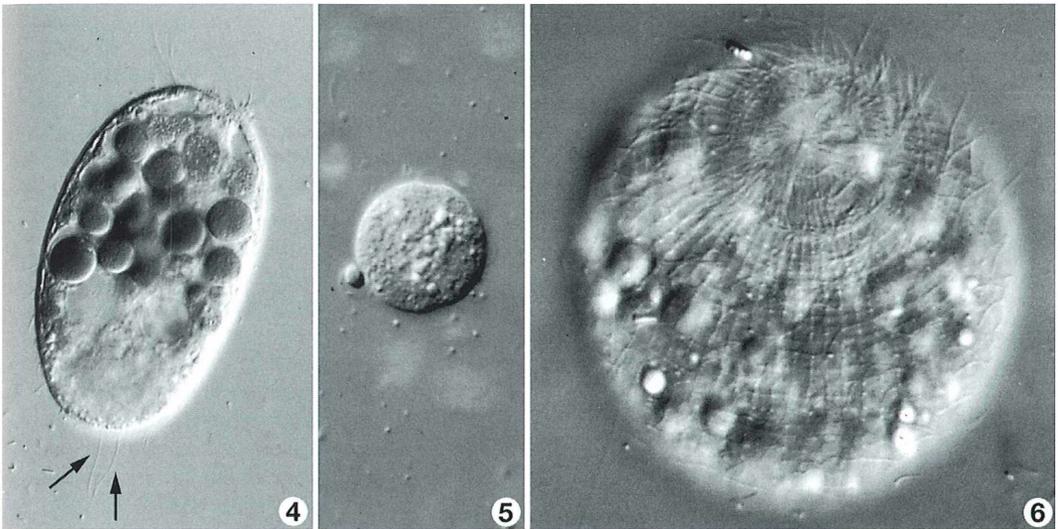


Abb. 4: *V. ciliata* freischwimmend, mit deutlich erkennbaren Caudalcilien (Pfeile). 410 \times . – **Abb. 5:** Isolierter Makronucleus von *V. ciliata* mit einem anhaftenden, 3 μm großen Mikronucleus. 850 \times . – **Abb. 6:** Unter Deckglasdruck ist die Felerdung der Pellikula von *V. ciliata* besonders deutlich zu erkennen. 600 \times .

gut erkennen kann, greift jeder Wimpernkranz in eine Querrille des Gehäuses, wodurch der Ciliat förmlich in dem Gehäuse zu schweben scheint, da er nur mit den Cilien die Gehäusewandung berührt.

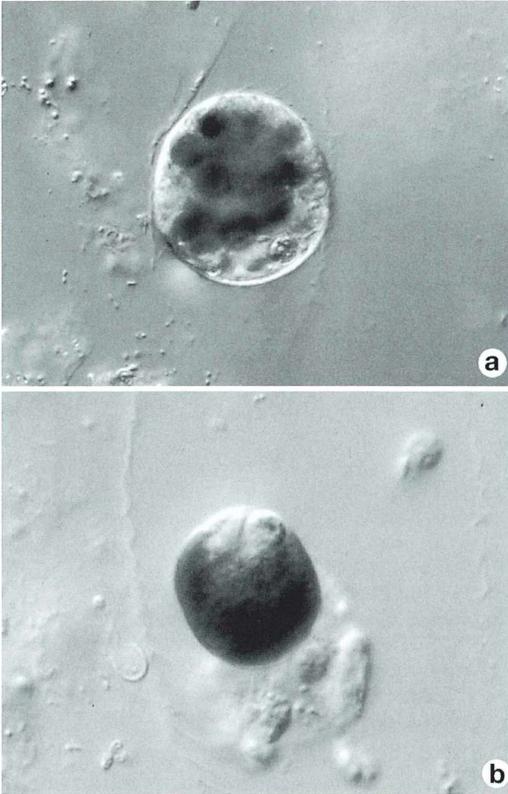
Abgrenzung zu *Vasicola picta*

An dieser Stelle sollte auf die Unterscheidung und Abgrenzung zu der von Groliere (1975–1976) eingeführten Art *V. picta* eingegangen werden, da hier die Ausbildung der meridionalen Wimpernkranze eine große Rolle spielt. Unter der Annahme, dass Dragesco *et al.* (1974) tatsächlich die von Tatem (1869) und Lauterborn (1901) beschriebenen Art *V. ciliata* einer Silberimprägung unterzogen haben, besitzt diese Art paarig angeordnete Basalkörper. Die Silberimprägung von *V. picta* zeigt nach Groliere (1975–1976) deutlich nur eine Reihe von Basalkörpern auf jedem meridionalen Wimpernkranz, was Groliere dazu veranlasste, diese Art zu erstellen und mit diesem Merkmal von *V. ciliata* abzugrenzen. Man könnte nun daraus schließen, dass die meridionalen Wimpernkranze von *V. ciliata* aus paarig angeordneten Cilien beste-

hen und die von *V. picta* nur aus einer Reihe und so auch eine lichtmikroskopische Unterscheidung dieses Merkmals möglich wäre. Dies ist jedoch nicht so, denn nach unseren Beobachtungen sind die Wimpernkranze von *V. ciliata* nur einfach, das heißt einer der paarig angeordneten Basalkörper trägt keine Cilie. Ohne Silberimprägung ist eine lichtmikroskopische Unterscheidung beider Arten nach diesem Kriterium daher nicht möglich.

Die Cystenbildung

Der Vorgang der Cystenbildung wurde für *V. ciliata* noch nicht beschrieben. Sie konnte in einem Mikroaquarium beobachtet werden. Der Ciliat rundet sich innerhalb der Lorica ab und resorbiert daraufhin die Cilien (Abb. 7a). Einher geht eine Verschmelzung der Nahrungsvakuolen zu einer großen Vakuole mit einer intensiv violetten Färbung. Nach Abschluss der Encystierung hat die kugelförmige Cyste einen Durchmesser von 25–30 μm und weist keinerlei auffällige Oberflächenstrukturen auf (Abb. 7b). Nach unseren Beobachtungen verbleibt die Cyste nach der Encystierung in der Lorica.



◀ **Abb. 7a–b:** Die Encystierung beginnt mit einer Abkuglung des Ciliaten und der Resorption der Cilien (a). 610×. Die in der Lorica liegende Cyste von *V. ciliata* nach Abschluss der Encystierung hat einen Durchmesser von 25–30 µm und ist stark violett gefärbt (b). 760×.

Die symbiontischen Bakterien

Das Innenleben von *V. ciliata* ist durch die dicht gepackten Nahrungsvakuolen und Vorratskörper schwierig zu erkunden. Selbst der Zellkern ist manchmal nur unter erheblichen Deckglasdruck auszumachen. Dies mag auch der Grund dafür sein, dass alle früheren Autoren nie Bakterien im Plasma erwähnt haben. Wir konnten jedoch zweifelsfrei nachweisen, dass das gesamte Plasma bei allen untersuchten Exemplaren (n > 20) sehr dicht von stäbchenförmigen Bakterien durchsetzt ist. Wir möchten diese Bakterien als endosymbiontische Bakterien bezeichnen, obwohl wir keinen Beweis für eine symbiontische Beziehung haben. Dafür spricht jedoch, dass ausnahmslos in allen untersuchten Exemplaren diese Bakterien

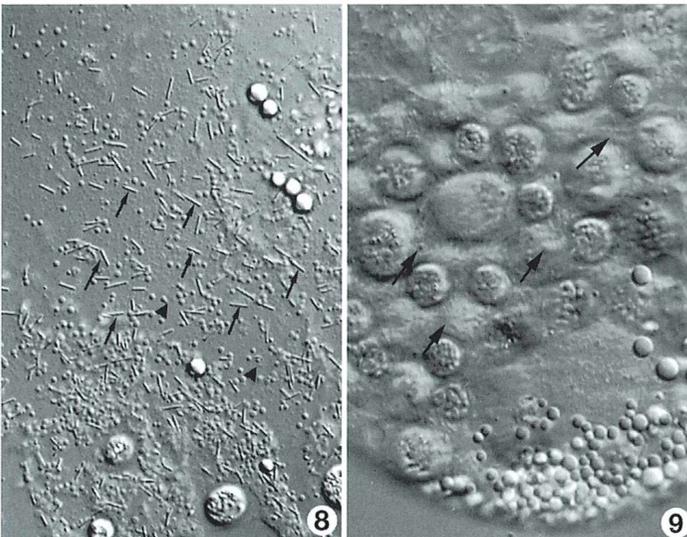


Abb. 8: Die endosymbiontischen Bakterien von *V. ciliata* im ausgelaufenen Plasma. Hierbei sind die 3–4 µm langen stäbchenförmigen Bakterien besonders gut zu erkennen (Pfeile). Bei den runden Körpern mit 1–1,2 µm Durchmesser handelt es sich wahrscheinlich um Hydrogenosomen (Pfeilköpfe). 780×. – **Abb. 9:** Die endosymbiontischen Bakterien in einem intakten Exemplar von *V. ciliata* zwischen den Nahrungsva-

kuolen (Pfeile). Wegen der dichten Packung und den ähnlichen Brechungsindices von Bakterien und Plasma sind sie hier schwerer zu erkennen. Auf dieser Aufnahme erkennt man auch die farblosen Öltröpfchen im hinteren Körperdrittel. 730×.

zu finden waren, was zumindest gegen einen parasitären Befall spricht. Die Stäbchen sind 3–4 µm lang und 0.5–0.7 µm dick (Abb. 8). Diese Bakterien stammen definitiv nicht aus aufgeplätzen Nahrungsvakuolen, da sie auch im intakten Tier mit Ölimmersion im Plasma zwischen den Vakuolen deutlich zu erkennen sind (Abb. 9). Sie scheinen sich um den Bereich des Makronucleus zu konzentrieren. Wesentlich deutlicher erkennt man die Bakterien im ausgelaufenen Plasma geplatzter Exemplare durch den geänderten Brechungsunterschied zum Wasser. Dann erkennt man auch runde Körper mit einem Durchmesser von 1–1,2 µm in vergleichbarer Zahl wie die Bakterien (Abb. 8). Sie besitzen im differentiellen Interferenzkontrast jedoch eine geringere optische Dichte als die Stäbchen. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um Hydrogenosomen (Berger, 1997). Dies sind typische Zellorganellen für Anaerobier, bei denen es sich in diesem Fall um modifizierte Mitochondrien handelt. Die Anwesenheit von endosymbiontischen Bakterien in *V. ciliata* ist in Anbetracht des anaeroben Lebensraumes dieses Ciliaten nicht ungewöhnlich. Viele andere Ciliaten in der Faulschlammzone (zum Beispiel *Metopus*, *Pseudoblepharisma* oder *Discomorphella*) besitzen ebenfalls symbiontische Bakterien, welche in der Lage sind, Wasserstoff und Kohlendioxid, den gasförmigen Stoffwechselprodukten der Hydrogenosomen, zu Methan umzuwandeln und daraus nochmals Energie zu gewinnen (Berger, 1997). Die kombinierte Energiegewinnung durch die Hydrogenosomen und den endosymbiontischen Bakterien ermöglicht diesen Ciliaten erst das Leben ohne Sauerstoff, im schwefelwasserstoff- und methanreichen Milieu.

Resümee

Obwohl *V. ciliata* schon 130 Jahre bekannt ist, sind nur wenige detaillierte Beschreibungen vorhanden. Zudem weichen einige Details in den Beschreibungen gerade in der ausführlichen Wiederbeschreibungen von Dragesco *et al.* (1974) in einigen wesentlichen Punkten von unseren eigenen Beobachtungen und denen aller älteren Autoren ab. Deshalb glauben wir, durch unseren Bericht nicht nur die Beschreibungen der Autoren vor Dragesco *et al.* bestätigt zu haben, sondern durch die Ent-

deckung der endosymbiontischen Bakterien vielleicht auch ein Merkmal gefunden zu haben, welches die exakte Bestimmung dieses Ciliaten in Zukunft erleichtern kann, da insbesondere die Unterscheidung zu *V. picta* für den Anfänger schwierig ist. Dazu wäre allerdings eine Überprüfung anderer *Vasicola*-Arten auf diese Bakterien hin notwendig.

Dank

Wir danken Frau Dr. Monika Baudler für die Übersetzung von Literaturstellen aus dem Französischen und Herrn Prof. Dr. W. Foissner für Untersuchungen zur Ciliatur von *V. ciliata*.

Literaturhinweise

- Berger, H., Foissner, W., Kohmann, F.: Bestimmung und Ökologie der Mikrosabrobien nach DIN 38 410. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1997.
- Dragesco, J., Iftode, F., Fryd-Versavel, G.: Contribution a la connaissance de quelques cilies holotriches Rhabdophores; I. Prostomiens. *Protistologica* 10, 59–76 (1974).
- Groliere, C.A.: Contribution a l'études des cilies des sphaignes et des etendus d'eau acides; I. Description de quelques especes de Gymnostomes, Hypostomes et Heterotriches. *Annls. Stn. Biol. Besse-en Chandesse* 10, 265–297 (1975–1976).
- Kahl, A.: Urtiere oder Protozoa (Infusoria). In: Dahl, F. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands. Gustav Fischer Verlag, Jena 1935.
- Lauterborn, R.: Die sapropelische Lebewelt. *Zool. Anz.* 24, 50–55 (1901).
- Penard, E.: Etudes sur les infusoires d'eau douce. Georg et Cie, Geneve 1922.
- Tatem, J.G.: On a new infusor. *Monthly Micr. II.*, 1 (1869).

Verfasser: Philipp Mayer,
Heimecker Str. 2a, D-79183 Waldkirch
und Dr. Martin Kreutz,
Magdeburger Str. 2, D-78467 Konstanz

Möchten Sie in der Zeitschrift

MIKROKOSMOS

inserieren?

Bitte richten Sie Ihre Anfragen und Wünsche an
Urban & Fischer Verlag, Anzeigenleitung
Postfach 10 05 37, 07705 Jena
Telefon 03641- 62 64 45
Telefax 03641- 62 64 21

Kurze Mitteilung

Infrarotspektroskopie in der Ökologie oder warum Koalas so wählerisch Eukalyptus essen

Denkt man an Australiens Pflanzenwelt, so fallen einem sofort die Eukalyptusbäume ein. Die Wald- und Baumbestände Australiens bestehen zu 90% aus Eukalyptuspflanzen. Diese variieren von buschartigen 1–2 m Gewächsen bis hin zu 95 m hohen Bäumen. Nicht weniger bekannt als diese Bäume ist eine Spezies von Beuteltieren, die sich ausschließlich von Eukalyptus ernährt: die Koalas. Koalas und andere Beuteltiere sind in ihrer Ernährung auf diese Pflanzen angewiesen, ja geradezu abhängig von ihnen. Die Frage, warum diese Tiere so einseitig abhängig sind von bestimmten Eukalyptusbäumen, hat in der Vergangenheit schon so manchen Ökologen bewegt. Die Untersuchungen stießen jedoch immer wieder auf eine große Schwierigkeit, nämlich die hohe chemische Komplexität in der Zusammensetzung der Eukalyptusblätter. Bis zu 40% der Trockenmasse der Eukalyptusblätter besteht aus einer komplexen Mischung von Terpenoiden und Polyphenolen. Dies sind sekundäre Pflanzenmetabolite, die entweder giftig oder zumindest schlecht schmeckend sind und somit das Fressverhalten der Tiere beeinflussen.

Welche Komponente bestimmt nun genau das Fressverhalten der Tiere? Infrarotspektroskopie im nahen Infrarotbereich (NIR-Spektroskopie) hat sich als schnelle Analyseverfahren bei komplexen chemischen Verbindungen bewährt. Mit Hilfe eines Infrarotspektrometers strahlt man mit infrarotem Licht auf eine Probe. Das einfallende Licht geht Wechselwirkungen mit Schwingungen und Rotationen der Moleküle in der untersuchten Probe ein. Die Probe absorbiert einen Teil des Lichts. Die Intensität der Strahlung, die durch den Stoff hindurchtritt, wird gemessen und ist abhängig von der Konzentration der gemessenen Komponenten bzw. von der Schichtdicke. Die Lage der Absorptionsbande im Wellenlängenbereich ist stoffspezifisch und hilft bei der Identifizierung der Probe. Diese Technik erlaubt schnelle und präzise Aussagen über die Zusammensetzung von chemischen Stoffen.

Foley und seine Mitarbeiter von der Universität in Canberra beobachteten, dass Koalas und andere Beuteltiere und sogar Insekten bestimmte Eukalyptusbäume als Nahrungsquelle nutzten, benachbarte Bäume derselben Art jedoch völlig unbeachtet ließen. Ein Vergleich der Infrarot-

spektren von Blattextrakten der gemiedenen und der als Futterquelle verwendeten Bäume zeigte, dass deutlich Unterschiede in der spektralen Zusammensetzung bestanden. Die Spektren konnten jedoch keiner Stoffklasse zugeordnet werden. Nun kamen Foley und Mitarbeiter doch nicht umhin, eine zeitraubende Fraktionierung der Blattinhaltsstoffe mit anschließender chemischer Analyse durchzuführen. Das Ergebnis der Untersuchung war der Mühe Lohn: Man identifizierte eine neue Gruppe von Pflanztoxinen, die sogenannten Sideroxylonale.

Nun wussten Foley und Mitarbeiter wonach sie suchen sollten und konzipierten ein entsprechendes, auf NIR-Spektroskopie basierendes Untersuchungskonzept zur Analyse der Sideroxylonalkonzentration in den Blättern ohne aufwendige chromatographische Methoden. Nachdem nun diese effiziente Untersuchungsmethode entwickelt worden war, konnte man große Mengen Blattmaterial der verschiedensten Eukalyptusbäume untersuchen. Häufig standen Bäume der gleichen Art unmittelbar nebeneinander, der eine Baum wurde als Futterquelle von den Beuteltieren und Insekten genutzt, der benachbarte wurde komplett gemieden. In einzelnen Fällen variierten sogar die Äste an einem einzigen Baum in ihrer Attraktivität für die Tiere. Die Beuteltiere suchen ihre Nahrungsquelle nach ihrer Nährwertigkeit aus, ist jedoch die Sideroxylonkonzentration zu hoch, ist der Baum nicht akzeptabel und wird nicht beachtet. Die NIR-Spektroskopie erlaubt hierbei eine Vorhersage über die Nahrungsaufnahmerate von z. B. Koalas in einem bestimmten Waldgebiet.

Vergleichbare Vorhersagen mit NIR über die Nahrungsaufnahme von Nutztieren wurden bereits in der Vergangenheit erfolgreich durchgeführt. Die Futterquellen für Wildtiere wie z. B. Koalas sind in ihrer Zusammensetzung vielfach komplexer als das Futter von Nutztieren. Die Untersuchung von Foley *et al.* an Koalas zeigt, dass die NIR-Spektroskopie eine schnelle und zuverlässige Methode zur Vorhersage der Nutzungsrate einer Futterquelle durch Tiere ist.

Foley, W. J., Lawler, I. R., Moore, B. D.: NIR reveals why koalas eat from certain Eucalyptus trees. *NIR news* 10, 10–12 (1999).

Annett Burzlaff, Schwetzingen

Leeuwenhoek entdeckt die Kugelalge Volvox

Rainer Hendel

Ende August 1698 untersucht Leeuwenhoek Wasserlachen auf den Wiesen rings um Delft. Dabei fällt ihm eine Massenentwicklung der Kugelalge Volvox auf. Diese Entdeckung beschreibt er im 122. Brief vom 2. Januar 1700 wie folgt:



Am 30. August hatte ich es mir zur Aufgabe gemacht, dieses Wasser aus Gräben und Gruben zu sammeln. Während ich mich aber, nach Hause zurückgekehrt, mit der Beobachtung einer großen Anzahl winzigster Kleinstlebewesen der verschiedensten Art beschäftigte, die durch das Wasser in alle Richtungen schwammen, sah ich auch eine große Menge runder Teilchen¹, die in eben diesem Wasser trieben und sich zu bewegen schienen: diese Teilchen waren fast so groß wie Sandkörner.

Als ich diese Teilchen unter das Mikroskop brachte, // 150 bemerkte ich nicht nur, daß sie rund waren, sondern auch, daß ihre äußere Haut allenthalben mit sehr vielen herausragenden Teilchen bedeckt war. Die schienen drei Seiten zu besitzen und liefen nach oben in eine Spitze aus.

Auf dem größten Umfang dieses runden Teilchens schienen achtzig solcher Teilchen zu sitzen, die alle in ebenmäßiger Reihung und durch gleiche Abstände von einander getrennt lagen, so daß ein derart winziger Körper mit nicht weniger als zweitausend dieser herausragenden Partikel bedeckt sein dürfte.

Ein bezauberndes Schauspiel bot mir die Tatsache, daß jene Teilchen, sooft ich sie beobachtete, niemals ruhig dalagen, und daß ihre Bewegung sich rollend vollzog; desto mehr, da ich von Anfang an davon überzeugt war, daß es sich bei diesen Teilchen um Kleinstlebewesen handelte. Je kleiner aber diese Teilchen waren, eine desto grünere Farbe zeigten sie; auf den Außenbereichen der umfänglicheren dagegen (deren Größe der eines dicken Sandkornes glich) konnte keine grüne Färbung festgestellt werden.

Jedes einzelne von diesen Teilchen hatte fünf, auch sechs, sogar sieben – bestimmte gar bis zu zwölf – winzigste Kügelchen in seinem Körperchen eingeschlossen. Deren Aufbau war derselbe wie derjenige des Körpers, in dem sie eingeschlossen lagen.

Als ich unter anderem eines von den größeren runden Teilchen in einem winzigen Wassertropfen genügend lange vor Augen hatte, bemerkte ich, daß in seinem Außenbereich eine Öffnung entstand, durch die eines der eingeschlossenen runden Teilchen, das deutlich grün gefärbt war, austrat und sich im Wasser auf die selbe Weise fortzubewegen begann, wie es jenes runde Teilchen getan hatte, aus dem es hervorgekommen war.

Danach lag jenes erste runde Teilchen unbeweglich da, //151 doch nach kurzer Zeit wurde ein zweites und bald ein drittes Teilchen aus der Öffnung geschleust, und das geschah weiterhin, bis alle hervorgekommen waren und jedes einzelne seine eigene Bewegung aufgenommen hatte.

Nach einigen Tagen war das erste runde Teilchen praktisch wieder im Wasser aufgelöst, ich konnte nämlich keine Spur von ihm mehr auffinden.

Bei der Beobachtung dieser Teilchen verwunderte ich mich unter anderem darüber, daß ich bei all den verschiedenen Bewegungen, welche ich bei dem ersten runden Teilchen wahrgenommen hatte, niemals gesehen habe, daß sich die eingeschlossenen Teilchen von ihrer Stelle bewegten oder sich gegenseitig berührten; sie blieben stattdessen in ihrer regelmäßigen Ordnung voneinander getrennt liegen.

Viele Menschen, die wahrnehmen, wie heftig diese Teilchen sich im Wasser regen, dürften wohl eidlich versichern, daß es sich um lebendige Kleinstlebewesen handelt, vor allem dann, wenn sie sehen, wie diese rollend bald hierhin, bald dorthin ihre Richtung wechseln und sich bewegen.

¹ Im holländische Manuskript steht: „groene ronde deeltjens“. Die Angabe der Farbe fehlt in der holländischen und lateinischen Buchausgabe. Dobell S. 256, Anm. 1.

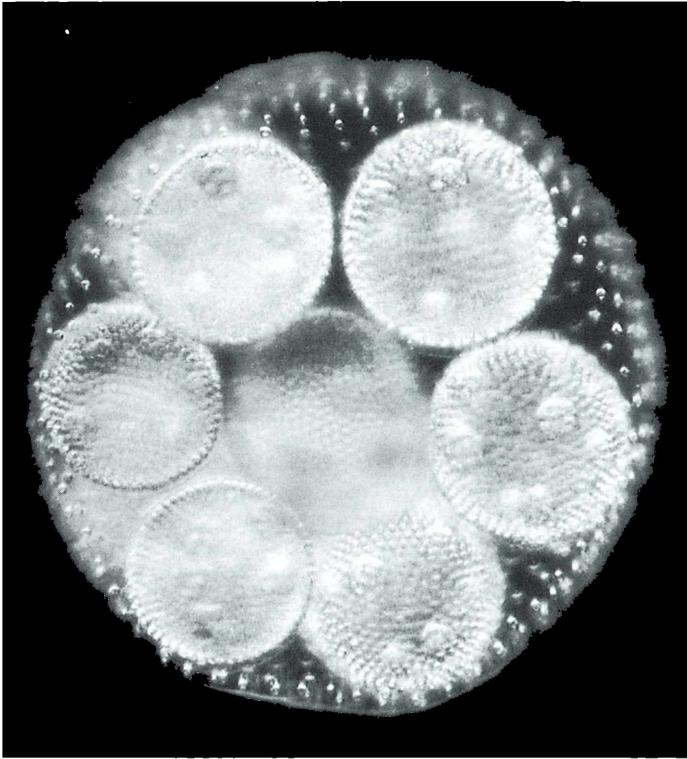


Abb. 1: „Jedes einzelne von diesen Teilchen hatte fünf, auch sechs, sogar sieben – bestimmte gar bis zu zwölf – winzigste Kügelchen in seinem Körperchen eingeschlossen. Deren Aufbau war derselbe wie derjenige des Körpers, in dem sie eingeschlossen lagen.“

Obwohl aber die Wasserlache eine große Anzahl von diesen runden Teilchen enthielt und sich in ihr auch viele andere lebendige Kleinstlebewesen fanden, beobachtete ich, daß sie alle nach drei Tagen verschwunden waren, zumindest soweit, daß ich keines von diesen Teilchen in irgendeiner Lache mehr auffinden konnte.

Außerdem habe ich in eine etwa acht Zoll lange Glasröhre, die etwa so dick wie der Kiel einer Hühnerfeder war, (dargestellt in Figur 1 zwischen den Buchstaben A & B) einige Wassertropfen gefüllt, die man zwischen den Buchstaben C & D abgebildet sieht.

Das eine Ende, mit dem Buchstaben A bezeichnet, ließ ich offen, das andere jedoch, welches der Buchstabe B bezeichnet, verstopfte ich mit einem Korken, so daß zwischen den Buchstaben D & B nur Luft enthalten war. Das machte ich zu diesem Zweck, //152 daß kein Wasser aus dem Röhrchen fließen konnte, sobald ich mit dem Glasröhrchen zu hantieren begann.

Die Luft, die in der Röhre eingeschlossen ist – zwischen den Buchstaben D & B – kann keineswegs dieselbe Menge bzw. Ausdehnung beibehalten, sondern muß notwendigerweise auf jeden Impuls hin, um es so auszudrücken, eine Ände-

rung erfahren. Sobald die Röhre berührt wird, sei es mit der Hand, sei es mit einem Atemhauch, sei es auch mit irgendeinem Körperteil, der etwas wärmer ist als die Luft, welche die Röhre umgeben hatte, so muß notwendigerweise auch die in der Röhre eingeschlossene Luft zum Teil von dieser Wärme beeinflußt werden, so daß jene Luft in der Röhre sich verdünnt und zwangsweise eine größere Ausdehnung einnimmt. Dadurch wird auch dem Wasser eine Bewegung mitgeteilt. In unserem Fall wird es von DC in Richtung A getrieben, mag jene Bewegung auch mit dem unbewaffneten Auge nicht zu sehen sein.

Ebenso, wie selbst die geringste Erwärmung die Luft ausdehnt, die in der Röhre eingeschlossen ist, so entweicht die Wärme auch leicht aus der Röhre, wodurch eine Wasserbewegung von C in Richtung B erzeugt wird.

In diesem Wasser waren zwei von den häufiger erwähnten runden Teilchen eingeschlossen, und zwar solche von den größeren ihrer Art: im Inneren eines jeden von ihnen lagen fünf von den kleineren runden Teilchen, die aber bereits deutlich gewachsen waren. In einem dritten größeren Teilchen aber lagen sieben kleinere runde Teilchen, und zwar besonders winzige.

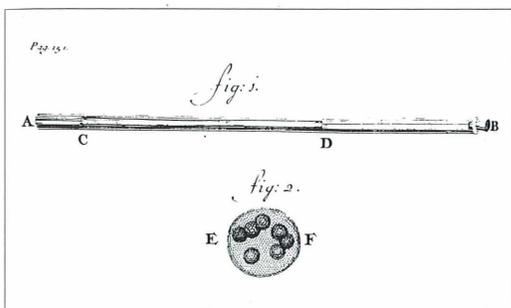


Abb. 2: Kupferstich zur Seite 151 der zitierten lateinischen Ausgabe: „Außerdem habe ich in eine etwa acht Zoll lange Glasröhre, die etwa so dick wie der Kiel einer Hühnerfeder war, (siehe Figur 1 zwischen den Buchstaben A & B) einige Wassertropfen gefüllt, die man zwischen den Buchstaben C & D dargestellt sieht. Das eine Ende, mit dem Buchstaben A bezeichnet, ließ ich offen, das andere jedoch, welches der Buchstabe B bezeichnet, verstopfte ich mit einem Korken, so daß zwischen den Buchstaben D & B nur Luft enthalten war.“

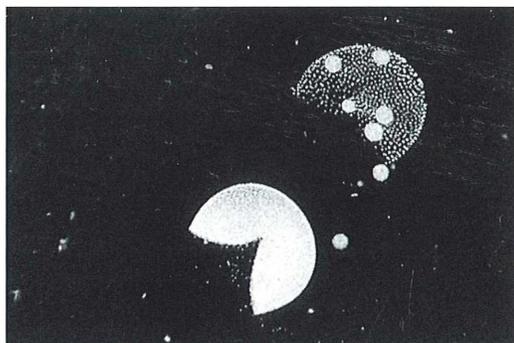


Abb. 3: „Als ich unter anderem eines von den größeren runden Teilchen in einem winzigen Wassertropfen genügend lange vor Augen hatte, bemerkte ich, daß in seinem Außenbereich eine Öffnung entstand, durch die eines der eingeschlossenen runden Teilchen, das deutlich grün gefärbt war, austrat und sich im Wasser auf die selbe Weise fortzubewegen begann, wie es jenes runde Teilchen getan hatte, aus dem es hervorgekommen war.“

Vier Tage nachdem jene runden Teilchen in der Glasröhre eingeschlossen worden waren, sah ich, daß bei zweien die äußere Haut (die sehr zart und durchscheinend geworden war) gerissen war und daß die zehn kleineren Teilchen, die in beiden größeren Teilchen eingeschlossen gewesen waren, sich rollend teils in diese, teils in die andere Richtung durch das Wasser bewegten. //153

Nach dem Verlauf von weiteren fünf Tagen nahm ich wahr, daß jene kleineren Teilchen, die im dritten größeren Teilchen eingeschlossen lagen, nicht nur gewachsen waren, sondern daß man auch bereits erkennen konnte, wie im Innern jener kleineren Teilchen weitere, noch kleinere entstanden.

Nach abermals fünf Tagen war auch das dritte runde Teilchen an einer Seite aufgerissen, und die in ihm entstandenen Teilchen waren ebenfalls aus ihm ausgetreten; und obwohl es auf einer Seite offen war, rollte es sich dennoch mit der gleichen Geschwindigkeit im Wasser umher, mit der es sich vorher bewegt hatte.

Nach einer Reihe von weiteren Tagen konnte ich nur noch ziemlich viele zerkleinerte Bruchstücke unterscheiden, aus denen diese größeren Teilchen zusammengesetzt gewesen waren, aber auch diese waren nach kurzer Zeit nicht mehr wahrzunehmen.

In der Folgezeit ließ ich nicht ab, die kleineren Teilchen, die aus jenen größeren herausgekommen waren, täglich zu beobachten, und ich bemerkte ohne Unterschied, daß diese nicht nur allmählich an Größe zunahmen, sondern auch, daß die in ihnen eingeschlossenen Teilchen größer wurden.

Diese Teilchen der zweiten Generation, die man nun mit der Bezeichnung 'größere' benennen darf, waren, sobald sie aufbrachen und sich der eingeschlossenen Teilchen entledigten, doch um das Vierfache kleiner als diejenigen, aus denen sie selbst ausgetreten waren. Aus dieser Tatsache mußte ich schließen, daß sie entweder nicht zur vollen Größe ausgewachsen waren oder nicht genügend Nahrung erhalten hatten.

Ich nahm auch wahr, daß diese häufiger erwähnten runden Teilchen in ihrem Gewicht praktisch dem Wasser selbst gleichkommen: da dies so ist, können sie bei der geringsten Bewegung, die dem Wasser von der Luft mitgeteilt wird, mit geringem Aufwand sich im Wasser bewegen.²

²Hier wird klar, warum Leeuwenhoek die Glasröhre so umständlich beschreibt: er benutzt die Ausdehnung der Luftblase durch Körperwärme wohl als eine Art Mikromanipulator.

Es schien mir gut, ein Teilchen der beschriebenen Art zusammen mit den ihm eingeschlossenen kleineren Teilchen zeichnen zu lassen, es ist in Fig. 2 zwischen den Buchstaben E und F dargestellt. Innerhalb dieses Teilchens //154 lagen aber die eingeschlossenen kleineren Teilchen (die schon zu einer solchen Größe herangewachsen waren, daß ihre Ausschleusung bevorstand) nicht in einer solch regelmäßigen Ordnung, wie ich sie vorher in anderen beobachtet hatte: da in diesem Teilchen der zweiten Generation keine sonderlich beständige Bewegung wahrgenommen werden konnte, war ich davon überzeugt, daß dies lediglich deshalb so war, weil die hierin eingeschlossenen Teilchen nicht alle um den gleichen Abstand von der Mitte entfernt waren und deshalb dieses runde Teilchen auf der Seite, wo die Teilchen am weitesten vom Zentrum entfernt lagen, schwerer war; weshalb auch die Bewegung etwas behindert werden konnte.

Zu welchem Zweck diese runden Teilchen erschaffen sein könnten, weiß ich nicht.

Da ich aber bemerkte, daß jene große Menge runder Teilchen, die sich in der größeren Lache zwischen den erwähnten vielen winzigsten Kleinstlebewesen befand, nach drei Tagen vollkommen verschwunden war, kam mir der Gedanke, ob nicht diese Teilchen zur Speise oder Nahrung winzigster Kleinstlebewesen geschaffen sind.

Da es ein weiteres Mal augenscheinlich wurde, daß diese häufiger angesprochenen runden Teilchen nicht durch Urzeugung, sondern nach der gleichen Gesetzmäßigkeit der Fortpflanzung erzeugt werden, nach der bekanntlich alle Pflanzen und Samen entstehen, (nämlich, daß jedes einzelne Samenkorn, sei es auch noch so klein, bereits die Pflanze birgt, die aus ihm wachsen soll), können wir nun über die naturgemäße Fortpflanzung aller Wesen noch sicherer sein als vordem. Ich wenigstens scheue mich nicht, festzustellen, daß jene kleineren Teilchen, die in die größeren eingeschlossen sind, bei ihnen die Stelle von Samen vertreten, und daß jene runden Teilchen ohne diese weder hervorgebracht werden noch sich fortpflanzen können.

Zusammenfassung

In diesem schönen Text sehen wir *Volvox* mit den Augen ihres Entdeckers. Es ist Leeuwenhoek unklar, ob er ein Tier oder eine Pflanze

beobachtet. Für ein Tier sprechen die Fähigkeit zur schnellen Bewegung und der Geburtsvorgang, für eine Pflanze die grüne Färbung und die Bewegungslosigkeit der inneren Organe, die weder Verdauungsvorgänge noch ein Herz oder gar einen Blutkreislauf erkennen lassen.

Leeuwenhoek tendiert zwar dazu, *Volvox* als Pflanze zu definieren, legt sich aber nicht fest. Im Gegensatz zu seiner sonstigen Diktion spricht er seine Entdeckung nur einmal selbst als 'dierken' (lat. animalculum) an, sonst bedient er sich der neutralen Bezeichnung 'deeltjen' (lat. particulum). Dialektisch geschickt lässt er auch die Gegenmeinung gelten, legt sie aber in den Mund fiktiver anderer Beobachter.

Auf jeden Fall ist ihm klar, dass er ein Lebewesen beobachtet, in dem sich, wie in allen anderen seiner Entdeckungen, die höhere Ordnung von Gottes Schöpfung ausdrückt. Auch diese neuen Wesen stehen unter den Gesetzen von Geburt und Tod, sie wachsen, vermehren sich und haben im Weltganzen eine Funktion, nämlich die, anderen Kleinstlebewesen zur Nahrung zu dienen. Die göttliche Ordnung des Kosmos zeigt sich auch in ihrer Feinstruktur und in ihrem Inneren. Wo sie gestört ist, entsteht ein merklicher Defekt: Die Kugelalge mit einer unharmonischen Verteilung der Tochterkolonien kann sich nicht so regulär bewegen wie die anderen. Die sichtbaren Tochter- und Enkelkolonien schließlich bestätigen Leeuwenhoek die Unanfechtbarkeit der Präformations-theorie, für deren Richtigkeit er unermüdlich Beweise sammelt.

Literaturhinweise

Dobell, C.: Antony van Leeuwenhoek and his „Little Animals“ Dover Publications, New York 1960.

Auf den Seiten 256–262 findet sich eine kommentierte Übersetzung des holländischen Textes ins Englische.

Hendel, R.: Ein Preisgedicht auf Leeuwenhoek. *Mikrokosmos* 85, 159–169 (1996).

Hendel, R., Saake, E.: Leeuwenhoek entdeckt die Kryptobiose. *Mikrokosmos* 86, 285–291 (1997).

Leeuwenhoek, A.: *Opera omnia*, Bd.III, Leiden 1719.

Reprografischer Nachdruck: G. Olms Verlag, Hildesheim/New York 1971/72.

Der hier übersetzte Abschnitt des Briefes Nr. 122 steht auf den Seiten 149–154.

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

Eine einfache CCD-Computer-Kamera für jedermann

Martin Mach

Die Verbreitung nützlicher und nicht allzu teurer Einfälle hat im MIKROKOSMOS Tradition. Der Autor dieses Artikels hatte als Kind vor rund 25 Jahren sehr viel Freude an der Bastelanleitung zu *Ziegenbalgs Zeichenapparat*¹ aus dem MIKROKOSMOS und möchte sich mit dem vorliegenden Techniktipps ein wenig bei der Gemeinschaft der Mikroskopiker revanchieren. Falls Sie einen PC mit gängigem Betriebssystem² und ein einfaches Mikroskop mit Normoptik besitzen, können Sie auf der Basis des hier vorgestellten Techniktipps mit geringem finanziellen Aufwand zufriedenstellende, farbige Mikroaufnahmen anfertigen.

In der älteren Fachliteratur finden sich immer wieder wunderschöne Zeichnungen und Lithografien, zum Beispiel von quicklebendigen, strampelnden Bärtierchen (Abb. 1). Mit der Mikrokamera lässt sich derart quirliges Benehmen häufig nicht in gleicher Weise einfangen. So zeigten die vom Autor mit einfachen Mitteln am Mikroskop aufgenommenen Bärtierchenfotos anfangs nur enttäuschend kleine, graue Würmchen, denen noch dazu der lebhaft Charakter der Originale fehlte.

Im Amateurbereich gibt es eine Reihe von technischen Hürden, welche die Chancen auf ein gutes Foto merklich reduzieren: Der für Kleinlebewesen meist unvermeidliche Blitz sorgt regelmäßig für Überraschungen. Die Fokussierung erfolgt vielfach auf einer dunklen und körnigen Kamera-Mattscheibe. Das fertig entwickelte Bild liegt zur Fehlerkontrolle frühestens am nächsten Tag vor. Und was die Ergonomie angeht: Für die Rückenschmerzen gibt es meist plausible Gründe.

Mit der im Folgenden beschriebenen Ausrüstung hat der Autor wesentlich bessere Erfolge erzielen können. Lesen Sie nicht weiter, wenn Sie auf alle Fälle mehr als 1.000 DM für eine CCD-Mikroskopkamera auszugeben planen...

CCD³-Kamera

Die vom Autor verwendete Kamera⁴ (Abb. 2) ist ein Massenartikel, nämlich eine einfache CCD-Farbkamera. Die Fotos bestehen aus

640 × 480 Bildpunkten und sind in der Abbildungsqualität deutlich besser als Standard-Videoaufnahmen. An der Kamera befindet sich nur ein einziges Kabel, welches sich computer-

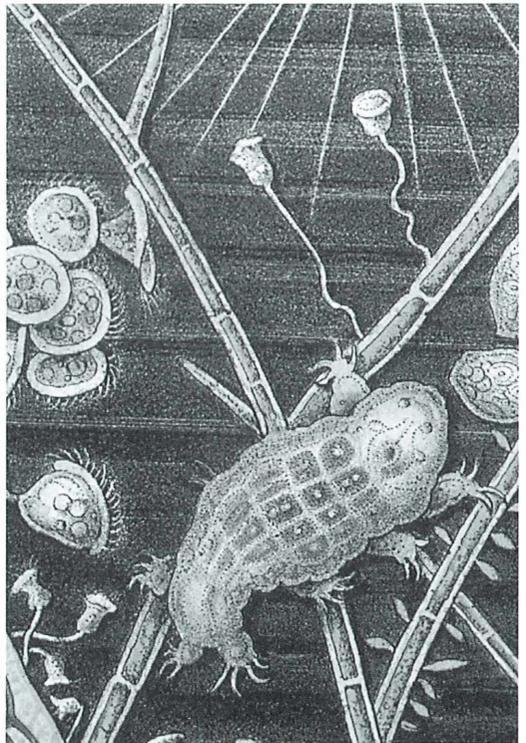


Abb. 1: Bärtierchen. Detail aus einer Lithographie, um 1860.

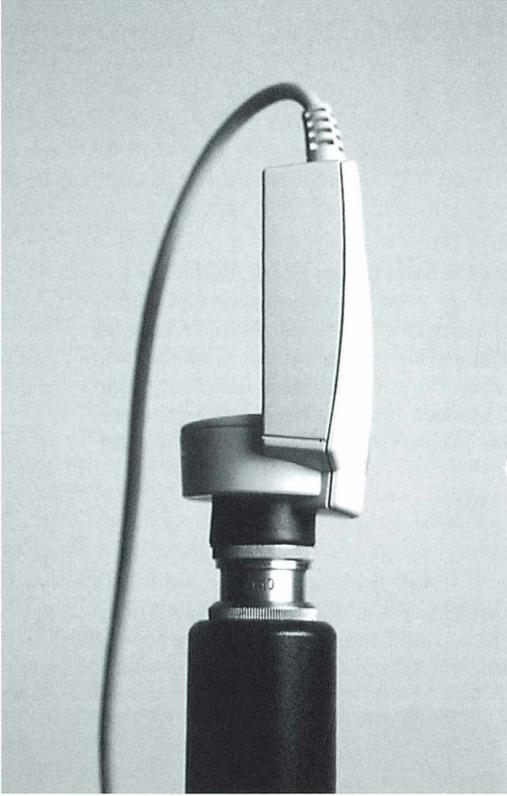


Abb. 2: Mikroskoptubus mit angesetzter CCD-Kamera. Statt des abgebildeten, ausziehbaren Tubus können auch andere Normtuben verwendet werden. Der selbstgefertigte „Moosgummi-Isolierband-Adapter“ ist direkt unterhalb des beigeen Kameragehäuses erkennbar.

seitig in ein Datenkabel⁵ und ein Stromversorgungskabel⁶ verzweigt.

Verbindung zwischen CCD-Kamera und Mikroskop

Glücklicherweise passt die Kamera im Prinzip auch ohne Adapter an den üblichen monokularen Normtubus gängiger Mikroskope. Zur provisorischen Montage müssen lediglich das Kameraobjektiv abgeschraubt und das Mikroskopokular entfernt werden. Der Tubus des Mikroskopes lässt sich nun lichtdicht in die Kamera einstecken. Noch besser wird die Verbindung, wenn man die Außenseite des Tubus-

endes manschettenartig mit 2 mm starkem Moosgummi umwickelt. Das Moosgummi wiederum wird mit einer einzigen Lage eines hochwertigen Isolierbandes fixiert. Die Kamera kann nun in einwandfreier Planlage auf den Tubus aufgesteckt und auch wieder abgezogen werden (Abb. 2).

Die Anforderungen an das Mikroskop

Ein einfaches Mikroskop mit Hellfeldkondensator und achromatischen Normobjektiven reicht aus. Da der Mikrochip sehr klein ist, erfasst er ohnehin nur das Zentrum des vom Objektiv entworfenen Bildes. Objektive mit verbesserter Bildfeldebnung sind unter diesen Bedingungen nicht erforderlich. Als Beleuchtung verwendet der Autor mit gutem Erfolg Umlenkspiegel und Taschenlampe⁷. Ein ausziehbarer, gerader Monokulartubus (Abb. 2) erleichtert die Anpassung des Vergrößerungsmaßstabes an die zur Verfügung stehende Bildfläche, ist jedoch nicht unbedingt erforderlich.

Das Fotografieren per Computer

Wer, wie der Autor, jahrzehntelang mit klassischen Kameras fotografiert hat, muss sich ein wenig umgewöhnen. Alle wichtigen Funktionen der CCD-Kamera werden über die mitgelieferte Software per Computer am Bildschirm (Abb. 3) gesteuert. Der als Kamerasucher dienende Monitor zeigt alle im Mikroskop erkennbaren Details in zufriedenstellender Bildqualität, allerdings mit verkleinertem Bildausschnitt, ähnlich wie mit einem stark vergrößernden Okular. Beleuchtung, Schärfe und Bildausschnitt lassen sich so komfortabel überprüfen. Wenn das Bild gefällt, wird es einfach per Mausklick am Bildschirm eingefroren (als Standbild festgehalten) und steht anschließend im Computer als Bilddatei im gängigen Bitmap-Format (BMP) zur Verfügung.

Alternativ zur angebotenen Belichtungs-Zeitautomatik kann am Bildschirm per Schieberegler eine Verschlusszeit zwischen 1/4 Sekunde und 1/40.000 Sekunde (!) eingestellt werden. Die typischen Belichtungszeiten bei Taschenlampen-Durchlicht liegen bei etwa 1/500 Sekunde, bei Taschenlampen-Aufflicht um 1/60 Sekunde. Dies reicht für viele Kleinlebewesen aus. Der CCD-Chip arbeitet rein elektronisch,

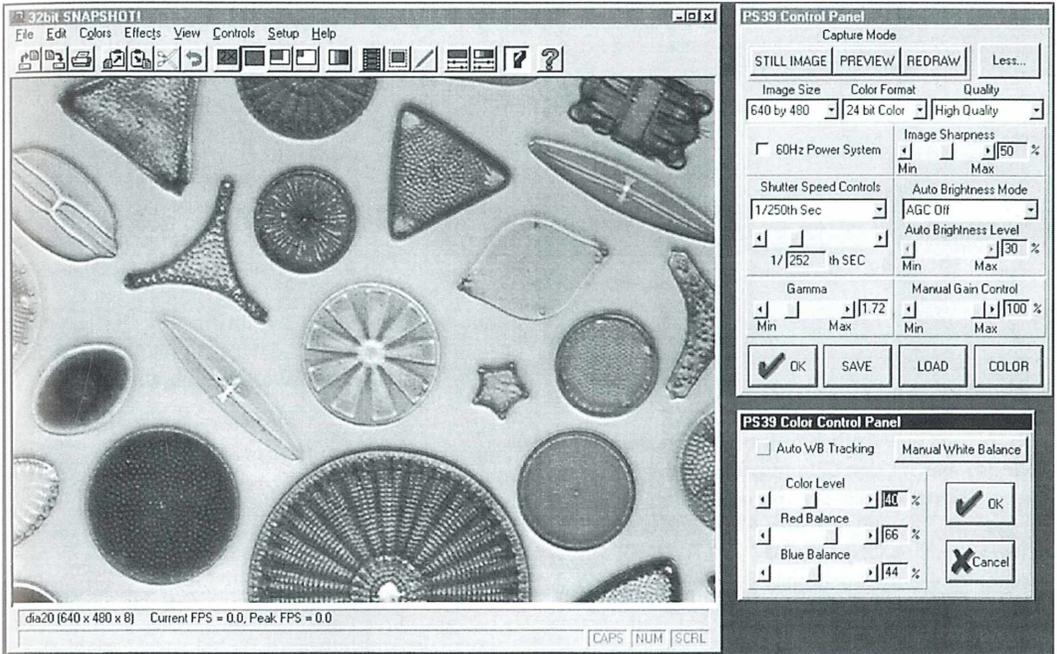


Abb. 3: Mikrofotografie per Computer. Links das vom Mikroskop übertragene Bild, rechts die Fenster mit den Schaltern zur Belichtungs-, Gamma- und Farbsteuerung.

ohne bewegliche Teile und wird über die 2 Meter entfernte Maus mechanisch ausgelöst. Die für Spiegelreflexkameras typischen Veracklungsprobleme treten deshalb nicht auf. Sehr erfreulich bei der CCD-Technik sind auch

die Möglichkeit zum manuellen Weißabgleich und zur Anpassung der Grauwertkurve (Gamma).

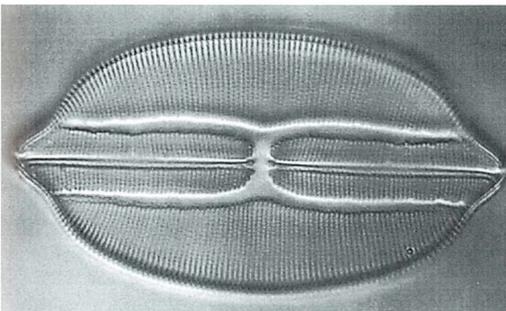


Abb. 4: Detail eines käuflichen Diatomeen-Dauerpräparates (vermutlich *Navicula lyra*), Gesamtlänge ca. 100 μm , aufgenommen mit CCD-Kamera und einfachem achromatischen Objektiv (45 \times / N.A. 0,65). Schräge Beleuchtung bei Taschenlampenlicht mit Hilfe des halb ausgeklappten Filterhalters. Belichtungszeit ca. 1/500 Sekunde.

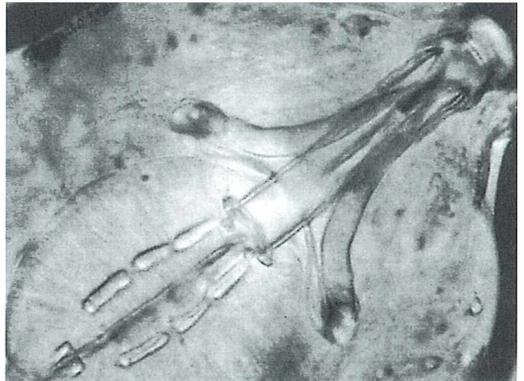


Abb. 5: Detail von *Macrobiotus hufelandi*, lebend, kurz nach dem Aufwachen aus der Trockenstarre. Auch ohne Aufhellungsmittel oder Anfärbung sind die Wände der Speiseröhre, die Schlundkopfeinlagerungen und Stilette gut zu erkennen. Aufnahmebedingungen und Abbildungsmaßstab wie bei Abb. 4.

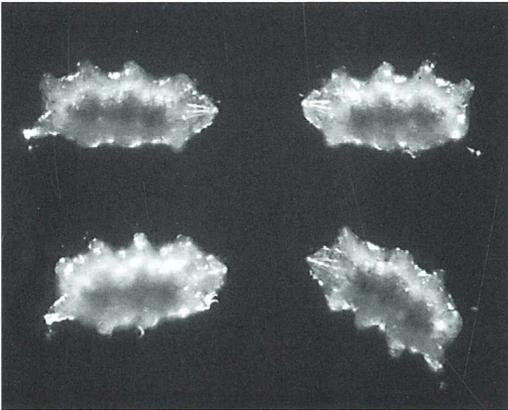


Abb. 6: Aus vier Auflichtaufnahmen montierte Collage, welche den Gummibärchen-Oberflächencharakter der *Echiniscus*-Bärtierchen (Länge ca. 300 μm) gut zum Ausdruck bringt. Achromatisches Objektiv 10 \times / N.A. 0,30. Taschenlampenbeleuchtung. Belichtungszeit ca. 1/80 Sekunde.

Durch die geringen Abmessungen des Mikrochips in der CCD-Kamera wird bei gleicher Aufnahmegeometrie eine im Vergleich zum klassischen Film etwa fünfmal stärkere Vergrößerung erzeugt (vgl. z. B. Abb. 4 und 5). Statistische Motive können notfalls auch bereichsweise fotografiert und zu einem hoch aufgelösten Gesamtbild kombiniert werden (Abb. 6). Ein gravierender Nachteil soll allerdings nicht verschwiegen werden: Bereits sehr kleine Staubteilchen auf der Oberfläche des CCD-Chips erscheinen im Computerbild als mittlere „Elefanten“. Es muss deshalb bei abgenommener Kamera besonders sauber gearbeitet werden.

Die Ergebnisse

Die Pixelauflösung der CCD-Kamera (640 \times 480 Punkte) scheint auf den ersten Blick viel zu gering zu sein. Ein Blick auf die Mehrzahl der Mikroaufnahmen im MIKROKOSMOS zeigt jedoch, dass nur sehr wenige die tatsächliche Auflösungsfähigkeit eines Kleinbildfilmes (ca. 3000 \times 2000 Bildpunkte) auch nur annähernd ausreizen. Feine Details wie in der MIKROKOSMOS-Mikro-Galerie sind andererseits sicherlich nicht die Stärke der CCD-Technologie.

Die Aufnahmen überzeugen vielmehr durch die Plastizität bei hoher Vergrößerung. Auch mit einfacher Optik und primitiver Beleuchtung lassen sich gute Ergebnisse, besonders von Kleinlebewesen, erzielen⁸. Nicht zuletzt bekommt man die immer wieder in der Literatur diskutierten Beleuchtungs- und Blendprobleme⁹ leichter in den Griff. Man fotografiert eben nur, wenn das Bild sichtbar optimal eingestellt und sichtbar einwandfrei ausgeleuchtet ist. Die von der Werbebranche vielfach missbrauchte Formulierung „what you see is what you get“ trifft im vorliegenden Fall ausnahmsweise einmal wirklich zu.

Anmerkungen und Literaturhinweise

- ¹ Ziegenbalg, R.: Ein Zeichenspiegel für das Hensoldtsche „Tami“-Mikroskop. *Mikrokosmos* 17/165.
- ² Z. B. Microsoft Windows ab Version 3.1.
- ³ Zum grundsätzlichen Verständnis der CCD-Technik und ihrer Besonderheiten eignen sich z. B. die kompakt und informativ gehaltenen Artikel in der Computerzeitschrift *C't*, Heft 14/1998.
- ⁴ Z. B. PS39-Kamera der Fa. Compro, in Deutschland u.a. erhältlich über die Fa. Pearl in Buggingen, Versandpreis unter 300 DM.
- ⁵ Das Datenkabel wird an die parallele Schnittstelle des Computers angeschlossen. Am Computer muß keine Steckkarte installiert werden.
- ⁶ Die Kamera bezieht ihren Strom vom Computer. Das Stromversorgungskabel der Kamera wird hierzu mit Hilfe eines mitgelieferten Zwischensteckers an die Tastaturleitung des Computers angekoppelt.
- ⁷ Einen sehr homogenen, hellen Lichtkegel erzielt man z. B. mit Hilfe einer „aspherilux“-Taschenlampe.
- ⁸ Man vergleiche z. B. die Abb. 4 mit dem von Werner Nachtigall in seinem Buch „Mikroskopieren“, S. 69, abgedruckten Bildbeispiel einer mit einfacher Optik und Beleuchtung aufgenommenen Diatomee.
- ⁹ Henkel, K: Die Praxis am Blendenhebel. *μ* . Heft 1/1999. S. 15-23.

Verfasser: Martin Mach,
Peter-Auzinger-Str. 1, D-81547 München

Anmerkung der Redaktion

Sie können zukünftig gerne, wenn Sie einen Artikel zur Publikation in unserer Zeitschrift einreichen, Ihre Abbildungen – wie (mit Ausnahme der Abbildung 1) bei der Illustration dieses Artikels geschehen – als Computerdateien einreichen. Sie sollten dann aber auf jeden Fall für die redaktionelle Arbeit entsprechende Bildausdrucke mitsenden.

Phytoplanktologische Neufunde im Raum Erlangen (Mittelfranken)

Christina Zell

Von Mai bis November 1993 wurden physikalisch-chemische und phytoplanktologische Daten an fünf Flachgewässern in der Umgebung Erlangens erhoben. Im folgenden Bericht werden die phytoplanktologischen Ergebnisse dieser Untersuchungen dargelegt.

Bei den untersuchten Gewässern handelt es sich um künstlich angelegte Biotope, deren umgebende Makrophytenvegetation aus dem typischen Artenspektrum artenarmer, bodensaurer Kiefernwälder besteht. Den geologischen Untergrund sämtlicher Teiche bildet der Bursandstein.

Charakteristik der einzelnen Biotope

Zwei der untersuchten Teiche befinden sich auf dem Gelände der Universität Erlangen/Nürnberg. Hier konnten sich bei einem relativ hohen Nährstoffangebot an organischen Stoffen und anorganischem Stickstoff sowie ausgeglichenen Licht- und Temperaturverhältnissen arten- und individuenreiche Phytoplanktongesellschaften entwickeln. Aufgrund der künstlichen, kalkhaltigen Unterlage herrschte ein leicht alkalischer pH-Wert vor. Die Wassertiefe lag nur stellenweise über einem Meter.

Die durchschnittliche Organismendichte betrug ca. $1,6 \times 10^6$ Organismen/Liter. Es konnten 155 bzw. 157 Arten bestimmt werden. Den Hauptaspekt bildeten die Grünalgen, diese wurden allerdings im Herbst von einer individuenreichen, aber artenarmen Cryptophyceenpopulation ersetzt.

Die anderen drei Teiche, Grenzwegweiher, Birkenweiher und Lindleinweiher, liegen in einem angrenzenden Waldgebiet, dem Buckenhofer Forst.

Der Grenzwegweiher war infolge der recht geringen Beckentiefe, die zwischen einem und einem halben Meter schwankte, starken Temperaturschwankungen ausgesetzt. Dennoch lagen die Wassertemperaturen aufgrund der intensiven Sonneneinstrahlung stets höher als bei den

anderen Teichen. Trotz der sehr niedrigen Nährstoffkonzentrationen erreichte der Teich eine mittlere Individuendichte von $1,53 \times 10^6$ Organismen/Liter, die insgesamt hauptsächlich aus Conjugatophyceen und Chrysophyceen bestand. Infolge des niedrigen Nährstoffgehaltes und der reichlichen *Carex*- und *Sphagnum*-Bestände des Teichufers konnten die Conjugatophyceen sehr arten- und individuenreiche Populationen entwickeln. Insgesamt wurden 132 Arten im Untersuchungszeitraum bestimmt.

Der Gehalt des Wassers an organischen Stoffen lag zwar recht hoch, bestand aber, wie die extrem niedrigen BSB₅-Werte erkennen ließen, wahrscheinlich zu einem großen Teil aus schwer abbaubaren Huminsäuren.

Der Birkenweiher unterschied sich von den anderen untersuchten Gewässern vor allem durch die starke Beschattung, die er durch die bis an das Ufer grenzenden Kiefernbestände erfuhr. Die Phytoplanktonproduktion blieb entsprechend gering und betrug im Durchschnitt $1,22 \times 10^6$ Organismen/Liter. Die mittlere Wassertiefe von 0,4 Metern verhinderte die Entwicklung einer ausgeprägten Phytoplanktongesellschaft. Daher bestand die Hauptmasse der bestimmten Algenarten aus benthisch lebenden Formen. Der Nährstoffgehalt des Teiches an anorganischem Stickstoff, Phosphat und organischen Stoffen erwies sich als relativ hoch. Aber auch hier sprachen die geringen BSB₅-Werte für einen hohen Huminstoffgehalt. Auffallend hoch lagen die gemessenen Konzentrationen der im Wasser gelösten Kieselsäure. Die Phytoplanktongesellschaft bestand demzufolge auch zu 80% aus Bacillariophyceen, deren Entwicklungsphasen nahezu ausschließlich vom Silikatangebot des Wassers abhingen. Die Artendiversität dagegen verteilte

sich auf mehrere Klassen. Die Gesamtartendiversität betrug 109 bestimmte Arten.

Im Lindleinweiher kamen aufgrund des sehr hohen Nährstoffangebotes, vor allem an Phosphat und organischen Stoffen, ebenfalls recht charakteristische Lebensbedingungen zustande. Infolge dieser hohen Trophielage, der starken Sonneneinstrahlung und einer Wassertiefe zwischen 0,8 und 1,3 Meter konnte sich eine individuenreiche Phytoplanktonpopulation entwickeln, die vor allem aus Euglenophyceen und Chlorophyceen in den Sommermonaten, sowie Chrysophyceen bei abnehmenden Wassertemperaturen bestand und eine Organismendichte von durchschnittlich $4,1 \times 10^6$ Organismen/Liter erreichte. Auch der qualitative Phytoplanktonaspekt des Lindleinweihers wurde in erster Linie von Chlorophyceen und Euglenophyceen bestimmt. Im Verlauf des Untersuchungszeitraumes konnten hier 105 Arten bestimmt werden.

Vorstellung der Neufunde

Die Bestimmungsmerkmale, Größenangaben und ökologischen Daten wurden, wenn nicht anders angegeben, den Bestimmungsbüchern nach Thienemann (1938–1982) entnommen.

Cystodinium cornifax (Schillg.) Klebs (Klasse: Dinophyceae) (Abb. 1 und 2)

Die vegetativen Zellen dieser ungewöhnlichen Alge treten als gehörnte Cystenform auf. Die Zellen sind halbmondförmig und laufen an den Enden in mehr oder weniger gekrümmte Hörner aus, die gegen die Ventralseite gerichtet sind. An einem der beiden Hörner ist ein Borstenbüschel zu erkennen.

Die bewegliche Schwärmerphase, die nur wenige Minuten dauert, entsteht durch Teilung des Plasmakörpers in zwei Zellen. Die Art bevorzugt schwach saure Habitats mit einem hohen Gehalt an Huminstoff. Die Maße der Cysten betragen $65\text{--}130 \times 25\text{--}40 \mu\text{m}$. *Cystodinium cornifax* trat im Grenzwegweiher von August bis Oktober ziemlich häufig auf. Die gemessenen Größenverhältnisse lagen bei $52\text{--}80 \times 28 \mu\text{m}$.

Franceia polychaeta (Sirs.) Kors. 1953 (Klasse: Chlorophyceae) (Abb. 3 und 4)

Bei dieser Art aus der Ordnung der Chlorococcales sind mehrere Einzelzellen von einer Mutterzellwand umgeben. Auf dieser sind zahlreiche feine Borsten angeordnet. Charakteristisch

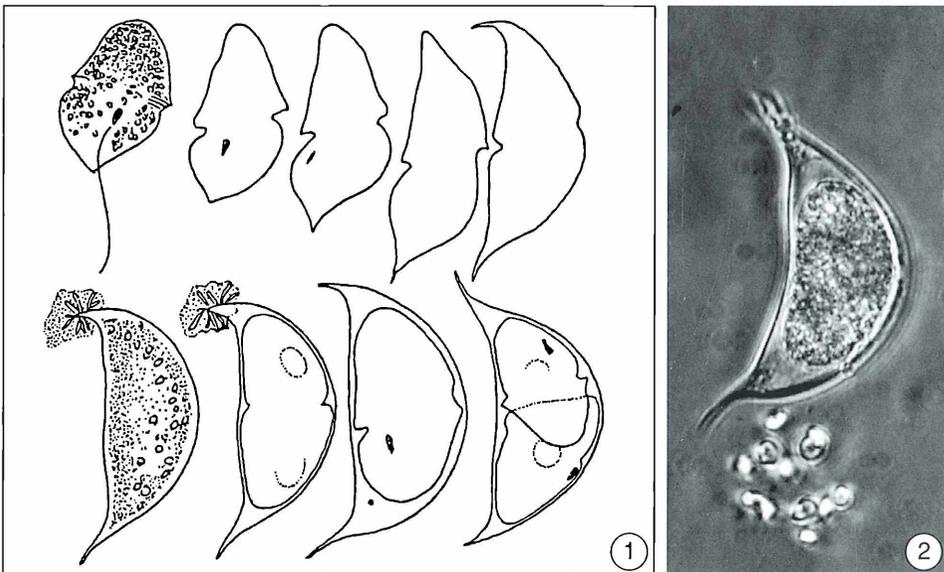


Abb. 1: *Cystodinium cornifax*; obere Reihe: Umbildung eines Schwärmers zur Cyste; untere Reihe: fertige Cyste und Teilung des Zellinhaltes (nach Thienemann, 1938-1982); Abb. 2: Lebendaufnahme.

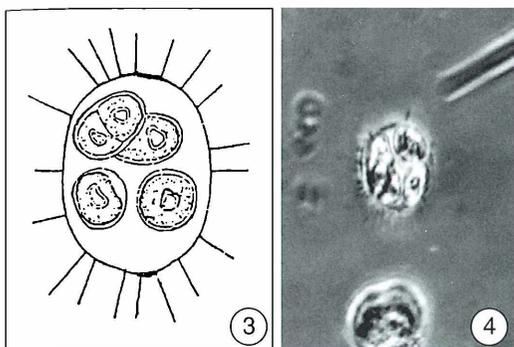


Abb. 3: *Franceia polychaeta* (nach Thienemann, 1938–1982); Abb. 4: Lebendaufnahme.

sind die polaren Zellwandverdickungen sowohl der Einzelzellen als auch der Mutterzellwand. Die Zellen weisen eine durchschnittliche Größe von $13\text{--}16 \times 10\text{--}11 \mu\text{m}$ auf, die Borsten sind zwischen 11 und $19 \mu\text{m}$ lang.

Die Art ist gewöhnlich Bestandteil des Potamoplanktons. Sie wurde im Untersuchungszeitraum nur einmal angetroffen, und zwar in einem der Teiche auf Universitätsgelände. Die Einzelzellen wiesen eine Größe von $8 \times 6 \mu\text{m}$ auf, die Länge der Borsten war nicht klar zu erkennen und wurde auf ca. $7 \mu\text{m}$ geschätzt.

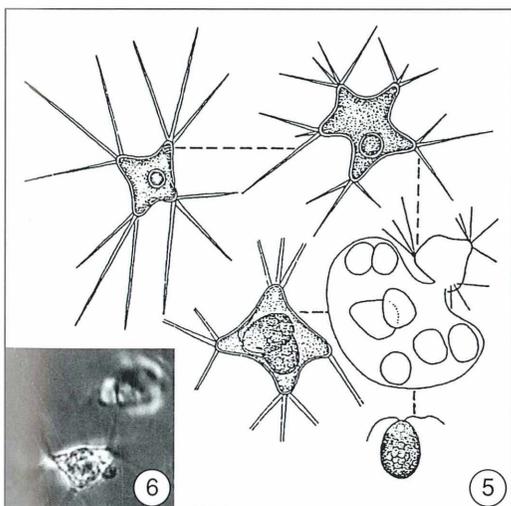


Abb. 5: *Polyedriopsis spinulosa* (nach Thienemann, 1938–1982); Abb. 6: Lebendaufnahme.

***Polyedriopsis spinulosa* Schmidle 1899**
(Klasse: Chlorophyceae) (Abb. 5 und 6)

Die Zellen kommen meist einzeln vor und weisen vier bis fünf ausgezogene Ecken auf, die durch flache oder konkave Einbuchtungen getrennt sind. An den Ecken befinden sich Büschel von mehreren hyalinen Borsten von $20\text{--}50 \mu\text{m}$ Länge. Der Durchmesser der Zellen misst $12\text{--}15 \mu\text{m}$.

Die Art kann im Plankton der Seen und Teiche angetroffen werden, ist aber nicht häufig. *Polyedriopsis* wurde vereinzelt in den Teichen auf dem Universitätsgelände beobachtet und wies ohne Stacheln einen Durchmesser von $18 \mu\text{m}$ auf.

***Soropediastrum kerguelense* Wille 1924**
(Klasse: Chlorophyceae) (Abb. 7 und 8)

Sowohl Gattung als auch Art wurden von Wille (1928) auf der Deutschen Südpolarexpe-

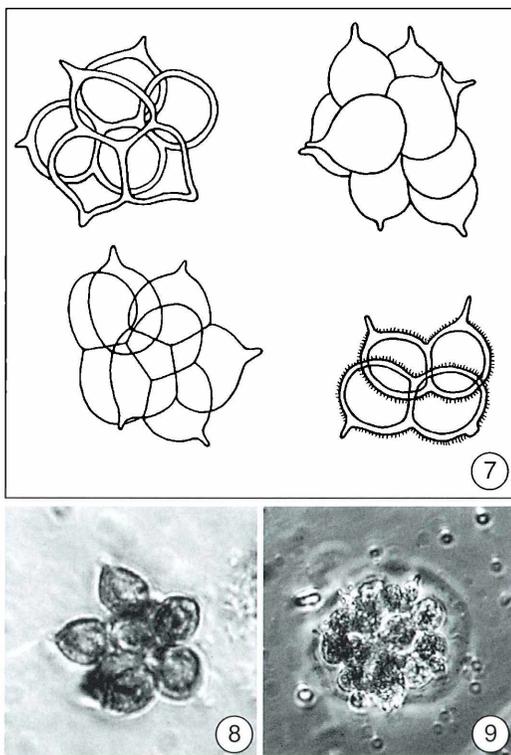


Abb. 7: *Soropediastrum kerguelense* (nach Drygalski, 1928); Abb. 8 und 9: Lebendaufnahmen.

dition auf den Kerguelen neu beschrieben. Wille beschreibt die Gattung *Soropediastrum* folgendermaßen: *Kolonien von 4–8 Zellen, die kugelig zusammenliegen, wenn sie zu 8, flach, wenn sie nur 4 sind. Die Zellen sind rundlich, mit einem kurzen, herausragenden Stachel von der Mitte der Zelle oder nur ausgebuchtet.* Als Dimension gibt er 6–7 µm für die Einzelzellen und 16–19 µm für die gesamte Kolonie an.

Die Art wurde von Wille in die Familie der Hydrodictyaceae eingeordnet. Er räumt dabei allerdings ein, dass die Bestimmung ohne Vermehrungsstadien nicht ganz zuverlässig ist: *Es kommt darauf an, ob diese zwei Arten* (Anmerkung der Verfasserin: Neben der Art *Soropediastrum kerguelense* wurde eine weitere Art, *Soropediastrum rotundum*, neu beschrieben) *Zoosporen haben oder sich nur mit Autosporen vermehren. Wenn sie sich durch Zoosporen vermehren müssen sie als eigene Gattung aufgestellt werden. Wenn sie sich mit Autosporen vermehren, müssen sie zur Familie Coelastraceae gestellt werden und sind mit der Gattung Sorastrum verwandt* (Wille, 1928).

Diese Erklärung leitet zu den beiden *Sorastrum*-Arten über, die ebenfalls eine gewisse Ähnlichkeit mit den gefundenen Exemplaren aufweisen.

Bei der abgebildeten Art handelt es sich um *Sorastrum bengalicum*. Diese Art wurde bei der Bestimmung von mir kurzzeitig in Betracht gezogen, da es sich hierbei auch um kugelige Zönobien mit dicht gedrängten Zellen handelt, die auf der Außenseite kurze Fortsätze tragen. Die Größe der Zönobien beträgt ca. 25 µm, die Einzelzellen haben einen Durchmesser von 3,5–5,3 µm. Die Art gilt allerdings als ungenügend beschrieben und wurde bisher nur einmal in Indien gefunden.

Die zweite *Sorastrum*-Art, die mit den gefundenen Exemplaren Ähnlichkeit aufwies, wurde von Reinsch (1867) bei Erlangen gefunden und als *Sorastrum bidentatum* neubeschrieben (Abb. 11). Die Breite der Zellen variiert zwischen 10–12 µm, der Durchmesser der Kolonien zwischen 28 und 35 µm.

Ich habe die Art in zwei Exemplaren in den Teichen auf dem Universitätsgelände gefunden, einmal im Juni (Abb. 8) und später noch einmal im September (Abb. 9). Bei der zuerst bestimmten Kolonie wiesen die Einzelzellen eine Größe von 16 × 10 µm auf. Die 6–8 Zellen waren regelmäßig angeordnet und trugen je einen kurzen Fortsatz. Das Exemplar, das im Sep-

tember auftrat, bestand aus wesentlich mehr Einzelzellen, die mit 6 × 8 µm allerdings etwas kleiner waren. Die Zellen erschienen hier regellos zu einem Zönobium angeordnet, trugen aber, soweit erkennbar, alle den charakteristischen Fortsatz.

Die Größenverhältnisse sprechen gegen *Sorastrum bengalicum* (Abb. 10), dessen Einzelzellen nur circa die Hälfte der Ausmaße der von mir beobachteten Alge einnehmen. Zudem scheinen die Zellen gemäß Abbildung 10 kugelig mit ein bis zwei aufgesetzten Stachelspitzen zu sein. Im Gegensatz dazu waren die Zellen der gefundenen Alge von ovaler Gestalt, die an dem der Kolonie abgewandten Zellpol in ein kurzes Horn auslief.

Auch die Art *Sorastrum bidentatum* (nach Reinsch, 1867) scheint durch die zwei Stacheln pro Zelle von abweichender Form. Reinsch beschreibt die Alge mit folgenden Worten: *Die Zellchen dieser Form sind in der Mitte beiderseits ein wenig erweitert, die Ecken nicht wie bei spinulosum abgerundet sondern in ein kurzes konisches Spitzchen auslaufend.* Aus seinen weiteren Erklärungen geht hervor, dass er die Art mehrmals vorgefunden hat, so dass es sich nicht um eine vereinzelt, von der Norm abweichende Gestalt handeln kann. Es ist natürlich möglich, dass die von mir entdeckte Art mit einem Fortsatz pro Zelle nur eine Varietät der beschriebenen Art ist.

Trotz der geographischen Entfernung habe ich mich aufgrund der identischen Zellform und der übereinstimmenden Dimensionen für *Soropediastrum kerguelense* entschieden. Nach Wille (1928) setzt sich die Süßwasserflora der Kerguelen neben einigen endemischen auch aus etlichen kosmopolitischen Arten zusammen, so dass eine großräumige Verbreitung der Art nicht allzu unwahrscheinlich ist. Die Kritik an dieser Art besteht vor allem darin, dass Cytolo-

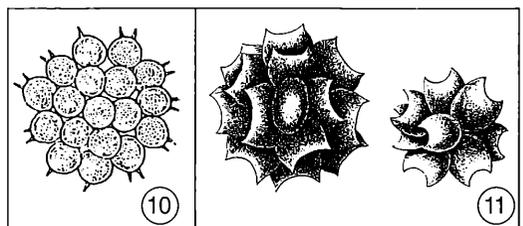


Abb. 10: *Sorastrum bengalicum* (nach Thiennemann, 1938–1982); Abb. 11: *S. bidentatum* (nach Reinsch, 1867).

gie und Vermehrungsprozess nicht bekannt sind. Nach Bigeard (1935, zitiert in Thiennemann, 1983) könnte es sich bei *Soropediastrum kerguelense* auch um eine anomale coelastroide Form der Gattung *Pediastrum* handeln.

***Staurastrum proboscidium* (Bréb.) Archer**
(Klasse: Zygnematophyceae) (Abb. 12 und 13)

Staurastrum proboscidium zeichnet sich durch einen spitzwinkligen Sinus aus, der die Zelle in der Mitte tief einschnürt. Die Zellspitzen verlängern sich zu kurzen, kräftigen, horizontalen Fortsätzen, die am Ende abgestutzt sind. Ein Großteil der Zelloberfläche und vor allem die Zellpole sind granuliert. Die Größe der Alge liegt bei $35\text{--}45 \times 30\text{--}53 \mu\text{m}$ (West und West, 1971). Die Halbzellen sind um den Sinus etwas gegeneinander verdreht. Die Art war sowohl im Grenzwegweiher als auch im Birkenweiher vereinzelt vorzufinden. Die Größe betrug durchschnittlich $28 \times 30 \mu\text{m}$.

Die Zelle ist einschließlich der Fortsätze $30\text{--}40 \mu\text{m}$ lang und durch den weit geöffneten Sinus tief eingeschnürt. Die Halbzellen sind an den Rändern und Spitzen granuliert und am Isthmus gegeneinander verdreht, so dass die Fortsätze der beiden Halbzellen alternierend angeordnet sind (West und West, 1971). Die Alge war in den beiden Teichen auf dem Universitätsgelände ein häufiger Bestandteil der Phytoplanktongesellschaft. Die Länge der Exemplare betrug $24\text{--}28 \mu\text{m}$. Typisch für diese Art ist der lange, zylindrische Sinus, der die Zelle in der Mitte tief einschnürt. Im Gegensatz zum Formtypus, dessen Stacheln konvergent angeordnet sind, weisen die Stacheln der Varietät auseinander. Die Größe der Zelle beträgt $23\text{--}25 \times 21\text{--}23 \mu\text{m}$ (West und West, 1971).

Während *Staurastrum cuspidatum* (Abb. 16 und 17) in der Region bereits gefunden wurde, war die Varietät eine Neuentdeckung. Ab August war die Alge im Grenzwegweiher massenhaft zu beobachten. Die Ausmaße der Zelle betragen $20 \times 24 \mu\text{m}$.

Strombomonas verrucosa* var. *zmiewika
(Swir.) Defl. (Klasse: Euglenophyceae)
(Abb. 18 und 19)

Das Gehäuse der Alge ist von trapezoidischer Form und bräunlicher Farbe. Am Hinterende

befindet sich ein langer kräftiger Stachel, das Vorderende läuft in einen breiten Hals mit häufig schräg abgestutztem Rand aus. Die Größe liegt bei $37\text{--}50 \times 20\text{--}27 \mu\text{m}$.

Ebenso wie bei *Staurastrum cuspidatum* var. *divergens* ist auch hier lediglich die Varietät *zmiewika* eine Neuentdeckung. *Strombomonas verrucosa* unterscheidet sich von der Varietät durch einen wesentlich kürzeren Kaudalstachel. Die Alge war in einem der beiden Tei-

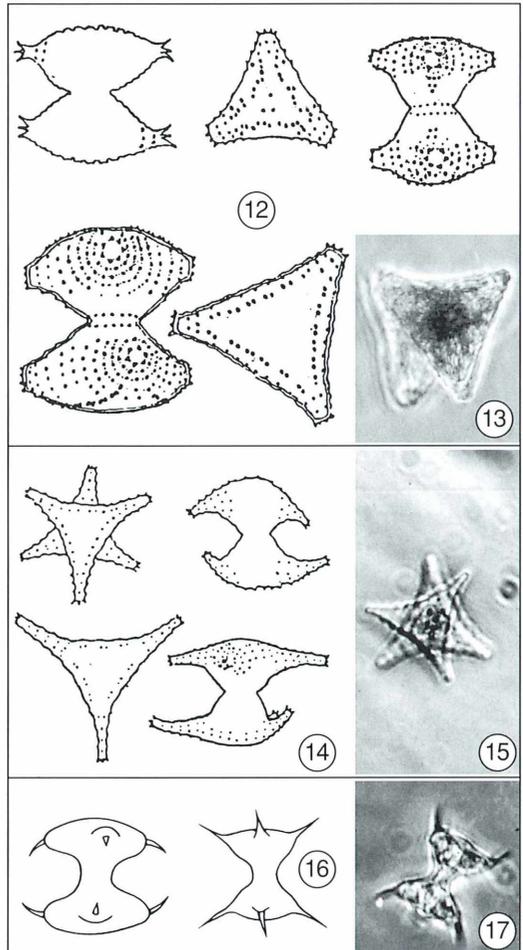


Abb. 12: *Staurastrum proboscidium* (nach West und West, 1971); **Abb. 13:** Lebendaufnahme von *St. proboscidium*; **Abb. 14:** *St. inflexum* (nach West und West, 1971); **Abb. 15:** Lebendaufnahme von *St. inflexum*; **Abb. 16:** *St. cuspidatum* (links) und var. *divergens* (rechts) (nach West und West, 1971); **Abb. 17:** Lebendaufnahme von *St. cuspidatum* var. *divergens*.

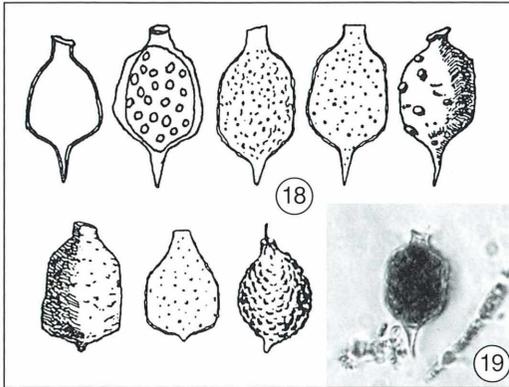


Abb. 18: *Strombomonas verrucosa* var. *zmiewika* (oben) und *St. verrucosa* (unten) (nach Thienemann, 1938–1982); Abb. 19: Lebendaufnahme.

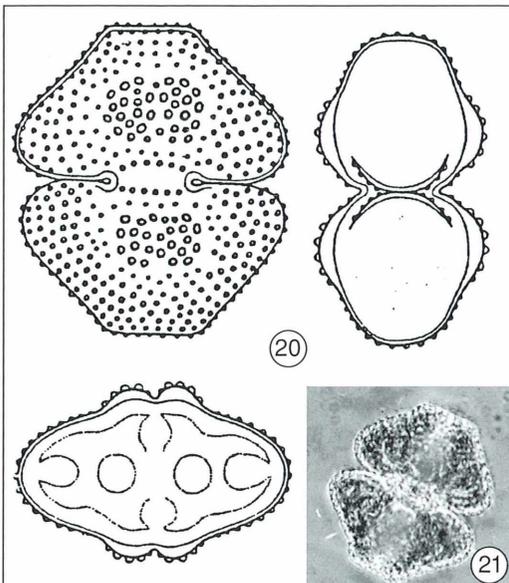


Abb. 20: *Cosmarium turpinii* var. *turpinii* (nach Thienemann, 1938–1982); Abb. 21: Lebendaufnahme.

che auf dem Universitätsgelände und im Lindleinweiher häufig im Plankton anzutreffen. Die Exemplare wiesen eine Größe von $44\text{--}48 \times 24 \mu\text{m}$ auf.

***Cosmarium turpinii* Bréb. 1856 var. *turpinii* (Klasse: Zygnematophyceae) (Abb. 20 und 21) – Ein Neufund aus dem Botanischen Garten Erlangen**

Im Rahmen einer Fotoausstellung für den Botanischen Garten Erlangen über die Mikroflora der dort angelegten Wasserbecken wurden im Laufe des Sommers 1993 hin und wieder mit Hilfe von Planktonnetzen der Maschenweite 10 bzw. $50 \mu\text{m}$ Proben gezogen und auf Planktonalgen untersucht. Dabei konnte in einem der größeren Bassins von ca. 23m^2 Wasseroberfläche neben vielen häufigen Formen – unter anderen *Pediastrum* spec., *Tetraedron regulare*, *Trachelomonas superba* und *Euglena acus* – auch ein Neufund für den mittelfränkischen Raum bestimmt werden. Es handelt sich hierbei um die Art *Cosmarium turpinii* var. *turpinii*.

Der Tychoplankter fällt durch seine charakteristisch geformten Halbzellen, den geschlossenen, am Ende erweiterten Sinus und die dicht mit Warzen bedeckte Zellwand auf. Die Ausmaße der Zelle betragen in der Regel $(51)\text{--}60\text{--}88 \times (43)\text{--}50\text{--}73 \mu\text{m}$. Das im Bassin angetroffene Exemplar wies eine Größe von $60 \times 72 \mu\text{m}$ auf.

Literaturhinweise

- Reinsch, P.: Die Algenflora des mittleren Theiles von Franken. W. Schmid-Verlag, Nürnberg 1867.
- Thienemann, A. (Hrsg.): Die Binnengewässer, Band XVI: Das Phytoplankton des Süßwassers; Teile 1–8. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1938–1982.
- West, W., West, G.S.: A monograph of the British Desmidiaceae, vol. I–V. Johnsons Reprint Corporation, New York 1971.
- Wille, N.: Süßwasseralgen von der Deutschen Südpolarexpedition auf dem Schiff „Gauß“; Teil I–II, Heft IV, 1924; in: Drygalski, E. v. (Hrsg.): Deutsche Südpolar-Expedition 1901–1903, Band VIII: Botanik. W. de Gruyter & Co, Berlin und Leipzig 1928.

Verfasserin: Christina Zell,
Mozartstr. 63, D - 91052 Erlangen

Das schmalblättrige Weidenröschen aus der „Sicht der Biene“

Karl Peter Gaffal

Fast jedermann weiß, dass das Ausgangsprodukt für Blütenhonig Nektar ist, der Zuckersaft, den die Bienen von Blüten absammeln. Seltener hat man konkrete Vorstellungen von den Quellen dieser „Götterspeise“, den Nektarien. Kein Wunder, denn in der Regel sind diese auch mit einer Lupe von außen nicht erkennbar. Nicht selten muss man sie erst freipräparieren. Am Beispiel des in Bezug auf Nektarabsonderung relativ gut untersuchten Weidenröschens starten wir eine Exkursion zu den Austrittsstellen dieses begehrten Saftes.

Das schmalblättrige Weidenröschen *Epilobium angustifolium* L., bzw. *Chamaenerion angustifolium* Scop. (Mosquin, 1966), auch Wald-Weidenröschen und Feuerkraut genannt, ist eine ausdauernde 60–120 cm hohe Pflanze, die gerne Wald- und Grabenränder, Bahndämme und Schuttplätze besiedelt und dort meist in stattlichen Gruppen auftritt. Der stets hohe Anteil an Honigbienen unter den Nektar- bzw. Pollensammlern in einem Weidenröschen-Bestand zeugt von der Attraktivität dieser Trachtpflanze. An einer überschaubaren Gesamtzahl von 200 Blüten wurden bei schönem Wetter pro Stunde 18–33 Besuche von Bienen registriert (Kleber, 1935).

Verborgene Nektarien

Das Nektarium bzw. der davon ausgeschiedene Nektar werden erst sichtbar, wenn man eine *Epilobium*-Blüte entweder der Länge nach halbiert hat (Abb. 1A) oder nach der Entfernung ganzer Staubblätter sowie des größten Teils vom Griffel (Abb. 1B). An der Außenseite des Nektariums haften, je nachdem wieviel Zeit seit dem letzten Abernten vergangen ist, entweder nur halbkugelförmige Nektartropfen unterschiedlicher Größe und Anzahl, oder sie ist gänzlich mit Flüssigkeit bedeckt. Die Außenseite des Nektariums ist geformt wie eine flache, leicht glockenförmige Schüssel ohne Boden. Anstelle des Bodens entspringt dort der Griffel. Nektarienoberfläche und Griffelbasis bilden zusammen eine ringförmige

Rinne mit einem Fassungsvermögen von rund 0,3 mm³. Bei gutem Wetter kann an einem Tag von einer Blüte mehr als 5 mm³ Nektar sezerniert werden; mindestens die Hälfte davon des Nachts. Rinne und Nektar bergendes Gehäuse bieten zusammen aber nur 1,3 mm³ Platz. Wo verbleibt der andere Teil der Nachtproduktion an Nektar? Benham (1969) hat den nächtlichen Besuch von Eulenfaltern und Ohrwürmern beobachtet, letztere allerdings nur als Pollenräuber.

Dynamik der Nektarspalten

An mit Natronlauge mazerierten, mit Chloralhydrat aufgehellten (Shobe und Lesten, 1967) und nach Etzold (1983) gefärbten Nektarien kann man nicht nur die Gesamtzahl von 90 Spaltöffnungen auf der etwa 2 mm² großen Oberfläche des Nektariums ermitteln, sondern auch die rund 23 µm² große Fläche des Spaltes, den die bohnenförmigen Schließzellen zwischen sich frei lassen. Diese modifizierten Stomata (Abb. 2), auch Saft- oder Nektarspalten genannt, besitzen nicht mehr die Fähigkeit der Verschließbarkeit. Bei einer ganzen Reihe anderer Pflanzen mit vergleichbarer Nektarien-anatomie wurde nachgewiesen, dass der Nektar durch solche Spaltspalten austritt (Fahn, 1988). Überträgt man diese Erkenntnisse auf das Weidenröschen, dann lässt sich zum Beispiel abschätzen, mit welcher Mindestgeschwindigkeit der Nektar aus solchen Spalten ausströmen muss, damit eine Tagesproduktion

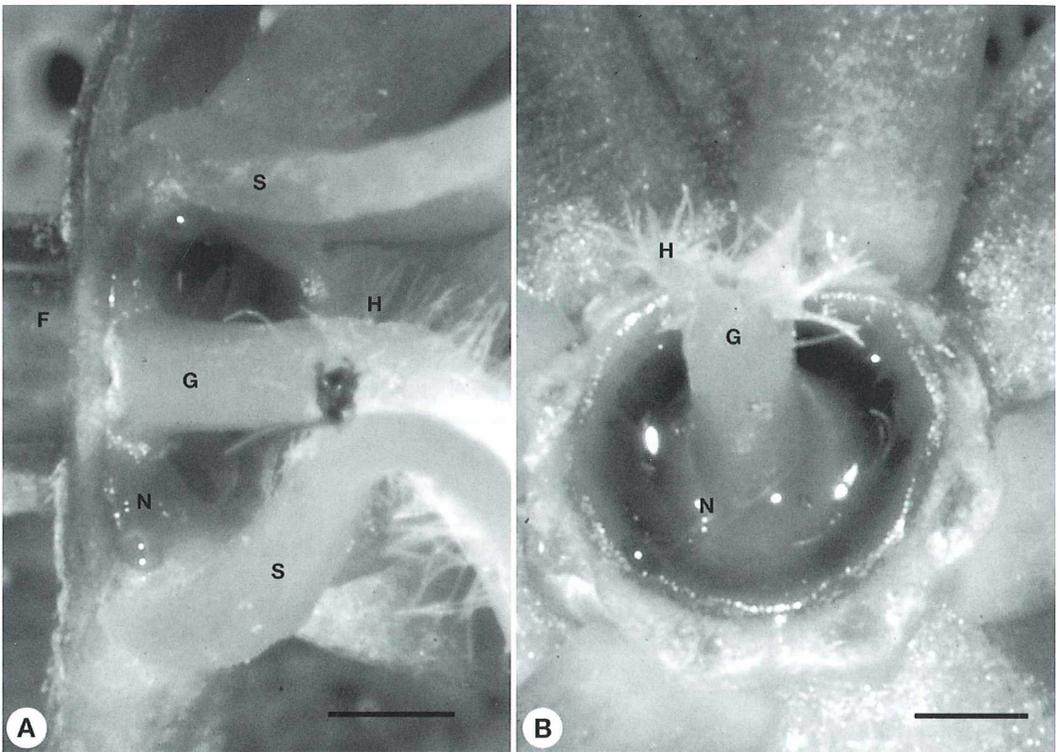


Abb. 1: Das Nektarium (N) von *Epilobium angustifolium* befindet sich am oberen Ende des Fruchtknotens (F) zwischen den Ansatzstellen der Staubblätter (S) und der Griffelbasis. Etwa 1 mm oberhalb der Basis trägt der sonst glatte Griffel (G) einen etwa ebenso hohen Haarkranz (H). In B ist der Griffel auf Höhe des Haarkranzes abgeschnitten. Die Stiele der acht, rings um den äußeren Nektarienrand stehenden Staubblätter (in B abpräpariert) sind im unteren Bereich so verbreitert, dass sich ihre Seiten berühren. Außerdem sind sie dort so geformt, dass sie ein an der Spitze offenes, hohlkegel- bis zwiebelformiges Gehäuse über dem Nektarium und um den unteren Griffelabschnitt bilden. Die Öffnung ist fast vollständig vom behaarten Teil des Griffels ausgefüllt. Bis zum Beginn des Haarkranzes hat das den Nektar bergende Gehäuse einen Rauminhalt von rund 1 mm³. Die Lichtquelle spiegelt sich im abgesonderten Nektar. Maßstrich: 0,5 mm.

von 5 mm³ erreicht wird. Unter der Annahme, dass aus allen 90 Spalten kontinuierlich Nektar ausströmt, ergibt sich eine Geschwindigkeit von 1,7 mm/min.

Der mittlere Abstand zwischen den Nektarspalten beträgt 50 µm. Solange also halbkugelförmige Nektartropfen einen geringeren Durchmesser als 50 µm haben, kann man davon ausgehen, dass jeder Tropfen nur aus einer einzigen Nektarspalte gequollen ist. In solchen Fällen existierten aber nie mehr als 20 Tropfen; folglich geben nicht alle Spalten gleichzeitig Nektar ab. Man muss also mit wesentlich (4- bis 5-fach) höheren Ausflußgeschwindig-

keiten rechnen. Beim roten Fingerhut (Gaffal *et al.*, 1998) wurde mit Hilfe eines Utopac-Objektivs und einer Videokamera an einer individuellen Nektarspalte ein Wert von 6 mm/min ermittelt.

Der folgende Vergleich dürfte noch eindrucksvoller die Dynamik des Nektaraustritts erahnen lassen. Verhielte sich der von einer einzigen Weidenröschen-Blüte sezernierte Nektar wie ein durch Düsen gedrückter und dadurch zu Nudeln umgeformter Teig, dann hätten die im Laufe eines Tages produzierten „Nektarnudeln“ mit einem zum Spalt identischen Querschnitt eine Gesamtlänge von 217 m.

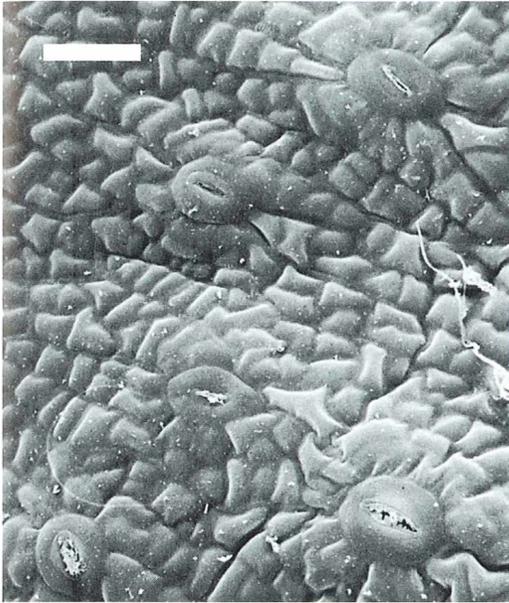


Abb. 2: REM-Aufnahme (Dr. W. Heimler) von der Epidermis des Weidenröschen-Nektariums mit fünf „Saftspalten“. Bei dem körnchenartigen Inhalt einiger Spalten handelt es sich vermutlich um Bakterien. Maßstrich: 20 μ m.

Die Nektarabgabe beginnt etwa einen Tag nach dem Öffnen der Blüte und endet erst mit dem Abfallen der Blütenteile (Bertsch, 1983). So ist es nicht verwunderlich, dass gelegentlich auch alternde, nicht mehr entfaltete Blüten noch von besonders findigen Sammlerinnen besucht werden. Um dort an den Nektar zu gelangen, hat sich die Biene seitlich auf die welke Blüte gesetzt und sogar ein Blatt der Blütenhülle zurückgeschlagen (Abb. 3A). Geöffnete Blüten werden dagegen frontal angefliegen (Abb. 3B).

Zucker am laufenden Band

Unter konstant gehaltenen Bedingungen in der Klimakammer konnte gezeigt werden (Bertsch, 1983), dass die Zuckerproduktion individueller Nektarien kontinuierlich erfolgt. Einzelne Blüten lieferten zwischen 0,7 und 2,8 mg „Zucker“ pro Tag; der Mittelwert lag bei 1,55 mg. Messungen im Freiland an vor Insektenbesuch geschützten Pflanzen lieferten nur in einem Fall erheblich von den Laborwerten abweichende Zahlen für die mittlere „Zucker- menge“ pro Tag und Blüte: 0,238 mg (Kleber,

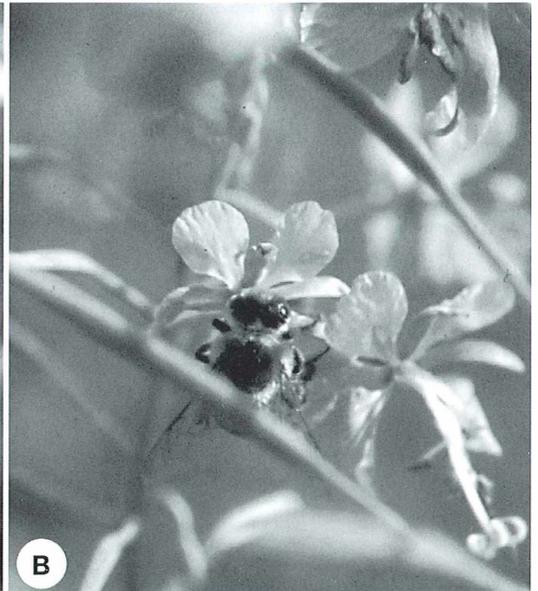
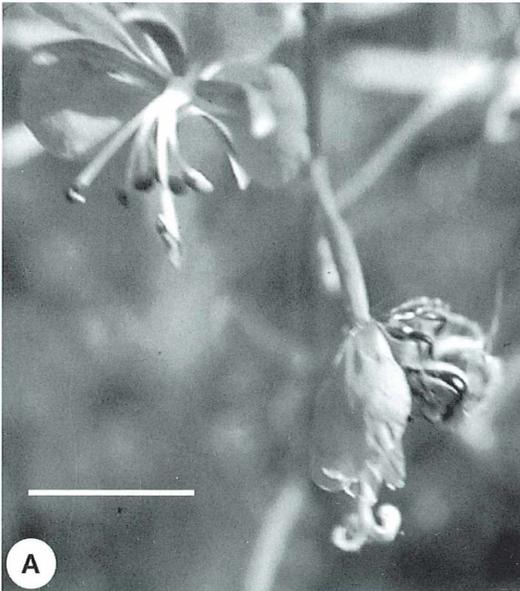


Abb.3: Honigbienen bei der Futtersuche auf den Blüten von *Epilobium angustifolium*. Maßstrich: 1 cm.

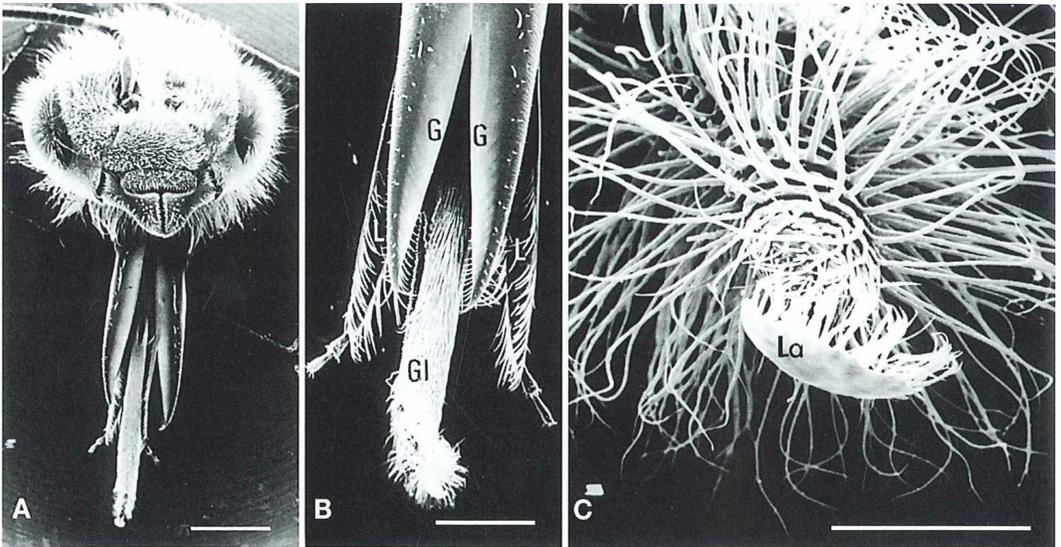


Abb. 4: REM-Aufnahmen (Dr. K. Herrmann) vom Saugrüssel der Honigbiene *Apis mellifera*. **A.** Frontansicht des Kopfes mit ausgeklapptem und etwas ausgebreiteten Rüssel. **B.** Endteil eines ausgebreiteten Rüssels von vorne gesehen. Im zusammengefügt Zustand dienen die messerklingenförmigen Galeae (= Zungenscheiden) (G) und die abgeplatteten Labialpalpen (= Unterlippen-Taster) (L) als Saugrohr. Durch Vor- und Rückwärtsbewegungen der Glossa (= Zunge) (Gl) wird das Einströmen des Nektars in das Saugrohr gefördert. **C.** Spitze der stark behaarten Zunge mit dem Labellum (= Löffelchen) (La). Maßstabstriche: **A.** 1 mm **B.** 0,5 mm **C.** 0,1 mm.

1935); 1,85 mg (Heinrich, 1972); 0,539 mg (Heinrich, 1976); 1,1 bis 2,2 μg (Galen und Plowright, 1985 a, b). Bei Letzteren dürfte eine Verwechslung der Maßeinheit vorliegen, da kaum anzunehmen ist, dass das Weidenröschen in Kanada gleich 100 bis 1000 Mal weniger „Zucker“ ausscheidet als in Deutschland, Amerika und unter Laborbedingungen. In Finnland (Käpylä, 1978) lieferten sogar ungeschützte Blüten durchschnittlich 0,241 mg. Anders als ihre amerikanische, fast ausschließlich vom nur 4 g schweren Anna-Kolibri (*Calypte anna*) besuchte Verwandte *Epilobium canum* (Boose, 1997), die grob geschätzt zehn Mal so viel Nektar pro Stunde absondert, gehört das schmalblättrige Weidenröschen nicht zu den Pflanzen, deren Blüten ungewöhnlich viel Nektar liefern. Erst wenn man in Betracht zieht, dass 1.) in einer Saison bis zu 120 Blüten von einem Blütenstand ausgebildet werden können; 2.) diese Blüten etwa 4 Tage lang Nektar abgeben (Bertsch, 1983); 3.) ca. 10 Blüten pro Blütenstand geöffnet sind (Pyke, 1978); 4.) in dichten Beständen bis zu 40 Blütenstände pro Quadratmeter vorkommen kön-

nen, dann wird deutlich, welche potentieller Nektarlieferant diese Pflanze ist.

Bei einer mittleren Produktion von 1,55 mg pro Tag und Blüte liefern 645 Blüten täglich 1 g „Zucker“. Es ist ein Gemisch aus etwa gleichen Anteilen Rohr-, Trauben-, und Fruchtzucker (Percival, 1961; Käpylä, 1978). In gut besuchten *Epilobium*-Beständen ist natürlich die jeweils verfügbare Menge an Nektar erheblich geringer als die Tagesproduktion. Die folgende Überlegung orientiert sich daran, dass im Vergleich zu gekäfigten Blüten in nicht gekäfigten Blüten jeweils nur maximal 10% der Tagesproduktion zur Verfügung standen. Dann müssen sich die Saugrüssel der Bienen (Abb. 4) mindestens 6450 Mal ausstrecken, um 1 g Zucker zu sammeln.

Literaturhinweise

- Benham, B.R.: Insect visitors to *Chamaenerion angustifolium* and their behaviour to pollination. *Entomologist* 102, 221–228 (1969).
 Bertsch, A.: Nectar production of *Epilobium angustifolium* L. at different air humidities; nectar su-

- gar in individual flowers and the optimal Foraging Theory. *Oecologia* (Berlin) 59, 40–48 (1983).
- Boose, D.L.: Sources of variation in floral nectar production rate in *Epilobium canum* (*Onagraceae*). Implication for natural selection. *Oecologia* (Berlin) 110, 493–500 (1997).
- Etzold, H.: Eine kontrastreiche, simultane Mehrfachfärbung für pflanzenanatomische Präparate. *Mikrokosmos* 7, 213–219 (1983).
- Fahn, A.: Secretory tissue in vascular plants. *New Phytologist* 108, 229–257 (1988).
- Gaffal, K.P., Heimler, W., el-Gammal, S.: The floral nectary of *Digitalis purpurea* L., structure and nectar secretion. *Annals Bot.* 81, 251–262 (1998).
- Galen, C., Plowright, R.C.: Contrasting movement patterns of nectar-collecting and pollen-collecting bumble bees (*Bombus terrestris*) on fireweed (*Chamaenerion angustifolium*) inflorescences. *Ecol. Entomol.* 10, 9–17 (1985a).
- Galen, C., Plowright, R.C.: The effect of nectar level and flower development on pollen carry-over in inflorescences of fireweed (*Epilobium angustifolium*). *Can. J. Bot.* 63, 488–491 (1985b).
- Heinrich, B.: Energetics of temperature regulation and foraging in a bumblebee. *J. Comp. Physiol.* 77, 49–64 (1972).
- Heinrich, B.: Resource partitioning among some eusocial insects: bumblebees. *Ecology* 57, 874–889 (1976).
- Käpylä, M.: Amount and type of nectar sugar in some wild flowers in Finland. *Ann. Bot. Fen.* 15, 85–88 (1978).
- Kleber, E.: Hat das Zeitgedächtnis der Bienen biologische Bedeutung? *Z. Vergl. Physiol.* 22, 221–262 (1935).
- Mosquin, T.A.: A new taxonomy for *Epilobium angustifolium* L. *Brittania* 18, 167–188 (1966).
- Percival, M.: Types of nectar in angiosperms. *New Phytologist* 60, 235–281 (1961).
- Pyke, G.H.: Optimal foraging in bumble bees and coevolution with their plants. *Oecologia* (Berlin), 36, 281–293 (1978).
- Shobe, W.R., Lesten, N.R.: A technique for clearing and staining gymnosperm leaves. *Bot. Gazette* 128, 150–152 (1967).

Verfasser: Dr. Karl Peter Gaffal,
Brunnenstr. 20, D-91336 Heroldsbach

 **euromex**
MICROSCOPES HOLLAND

**Mikroskope
Stereomikroskope
Mikrotome
Refraktometer
Kaltlicht**

- ⊗ neueste Technologien
- ⊗ hochwertige Optik
- ⊗ präzise Metallverarbeitung
- ⊗ sorgfältige Montage zu relativ niedrigen Preisen

Fordern Sie unseren Prospekt an



STEREOMIKROSKOP E-REIHE



MIKROSKOP F-REIHE

euromex microscopen b.v.

Papenkamp 20, 6836 BD Arnheim, Niederlande
Tel.: +31.26.323.4473, Fax +31.26.323.2833
email: euromex@tref.nl, web: <http://www.euromex.nl>

Nachricht



7. Pfingsttreffen des Zieralgenkreises Esternberg in Bad Mitterndorf im Steirischen Salzkammergut

Das Pfingsttreffen erfreut sich ungebrochenen Zuspruchs. Um die 40 Mikroskopierfreunde waren zum Teil mit ihren Partnern angereist. Der Bogen kann von Kärnten in Österreich über die Zentral-schweiz nach Holstein in Deutschland gespannt werden.

Das Wetter meinte es diesmal nicht so gut mit uns – das prachtvolle Alpenpanorama blieb hinter einer tiefliegenden Wolkendecke verborgen, es regnete jedoch glücklicherweise meist nur nachts. Das Mikroskopieren fand unter fast idealen Bedingungen in der schönen Hauptschule statt.

Die erste Exkursion führte zunächst zum Knoppenmoos. An der nahegelegenen Bahnstrecke befand sich ein Biotop mit dichtstehenden Dichternarzissen (*Narcissus poeticus*). Herr Kaiser präsentierte den Teilnehmern das seltene Moos *Plagiomnium elatum* vom Rand der Schlenken und das häufig vorkommende Moos *Orthotrichum spec.*, das an dünnen

Zweigen der jungen Fichten wächst und diesen ein pelziges Aussehen verleiht.

Bei diesem Moor handelt es sich laut Moorschutzkatalog um ein sauer-oligotrophes Regenmoor, was auch die vielen Säureanzeiger bestätigen, die in der Liste der gefundenen Zieralgen zu finden sind. Ein schmaler Moorstreifen unmittelbar neben der Straße dürfte aber etwas weniger sauer sein und ist auch deutlich artenreicher. Auffallend ist die individuenreiche Population von *Cosmarium ralfsii* und das Vorkommen von *Spondylosium lundellii*. Die Artenliste bezieht sich auf Anfang September 1998 gesammelte Proben von Professor Lenzenweger.

Spirotaenia condensata (stellenweise massenhaft)
Netrium digitus (stellenweise massenhaft)
Penium spirostriolatum
P. polymorphum
Closterium lunula



Abb. 1: Die Exkursionsteilnehmer.

Cl. incurvum
Cl. cynthia
Cl. venus
Cl. striolatum
Cl. idiosporum
Euastrum didelta
Eu. oblongum
Eu. humerosum
Eu. ansatum
Eu. insigne
Eu. subalpinum
Eu. dubium
Eu. bidentatum
Eu. gemmatum
Cosmarium pseudopyramidatum
C. difficile
C. conatum
C. ralfsii (stellenweise massenhaft)
C. pachydermum
C. pseudamoenum
C. quadratum var. *willei*
C. portianum
C. ochthodes
C. perforatum
C. granatum
C. caelatum
C. debary
Gonatozygon brebissonii
Tetmemorus granulatus
T. laevis
Micrasterias papillifera
M. rotata
M. truncata
M. denticulata
M. pimatifida
Actinotaenium cucurbita
A. turgidum

Xanthidium fasciculatum var. *basidentatum*
Staurodesmus convergens
Std. brevispina var. *boldtii*
Desmidium swartzii
Spondylosium lundellii
Bambusina brebissonii
Stauastrum muricatum
St. orbiculare
St. polytrichum
St. spongiosum var. *perbifidum*
St. dispar
St. subscabrum
St. margaritaceum
St. brebissonii
St. monticulosum
St. oligacanthum var. *incisum*
St. capitulum
St. furcigerum
St. hatschii

Als zweites Moor wurde das nahegelegene Pichl-Moos besucht. Für Herrn Kaiser war ein besonderer Fund das seltene Moos *Paludella quarosa*. Das Moor ist laut Moorschutzkatalog ebenfalls ein sauer-oligotrophes Regenmoor. Auffallend ist das Vorkommen des in Österreich bisher nur mit dieser einzigen Fundangabe belegten *Desmidium coarctatum*. Wie bei der ersten Fundstelle ergab sich folgende Artenliste von Prof. Lenzenweger.

Spirotaenia obscura
Sp. condensata
Penium spirostriolatum
Closterium angustatum
Cl. striolatum
Cl. cynthia
Cl. costatum

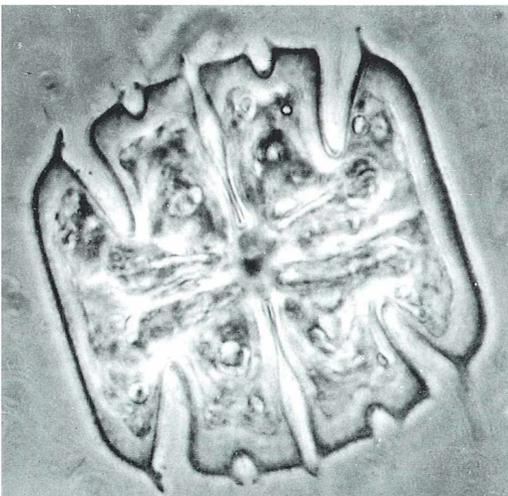


Abb. 2: *Micrasterias decemdentata*.

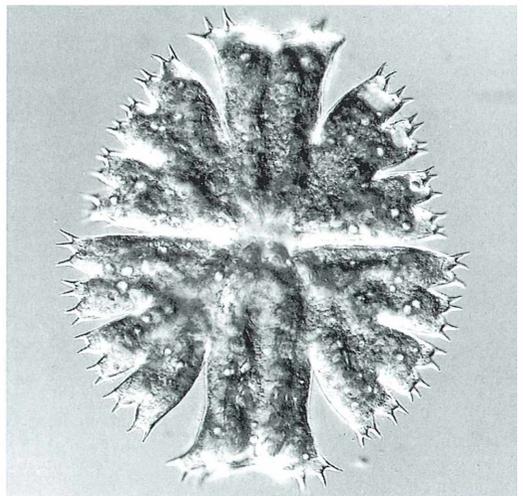


Abb. 3: *Micrasterias apiculata*.

Cl. closterioides var. *intermedium*
Cl. lunula
Euastrum humerosum
Eu. sinuosum
Eu. oblongum
Eu. bidentatum
Eu. ansatum
Staurodesmus convergens
Std. omearii
Staurastrum monticulosum
St. oligacanthum var. *incisum*
St. sexcostatum var. *productum*
St. teliferum
St. spongiosum var. *perbifidum*
St. oxyacanthum
Netrium digitus
N. interruptum
Tetmemorus granulatus
Micrasterias rotata
M. truncata
M. papillifera
Cosmarium pyramidatum
C. ochthodes
C. pseudonitidulum var. *validum*
C. caelatum
C. tetragonum var. *ornatum*
C. margaritifera
C. elegantissimum f. *minor*
Xanthidium fasciculatum var. *basiornatum*
X. antilopaeum
Desmidium swartzii
D. grevillii (massenhaft)
D. coarctatum
Hyalotheca dissiliens
Bambusina brebissonii

Der Nachmittag war für das Mikroskopieren reserviert. Bemerkenswert war der Fund von Zygosporien von *Xanthidium fasciculatum* aus dem Knoppenmoor. Die Suche nach der seltenen Spezies *Desmidium coarctatum* aus dem Pichl-Moos war leider nicht erfolgreich. Dagegen wurde *Desmidium gevillii* gefunden.

Der offizielle Teil wurde abgeschlossen mit einem interessanten Vortrag von Herrn Pavlicek über Chrysophyceen mit licht- und elektronenmikroskopischen Aufnahmen in Projektion und Video. Herr Sandmann konnte anschließend die Zuschauer mit ästhetisch schönen Fotos von den Mooren des Waldviertels in Österreich in Stereoprojektion in mehreren Durchgängen begeistern.

Am nächsten Tag wurde der Spechtensee aufgesucht. Allein schon die Anfahrt und ganz besonders die Lage des Sees waren sehenswert, wenn auch das Wetter sich nicht gebessert hatte. Der Verhandlungsgürtel bot zahlreiche Schlenken zum Schöpfen der Proben inmitten von blühendem Fieberklee *Menyanthes trifoliata*. Das Annähern an die Abruchkante zur freien Wasseroberfläche hin erforderte schon etwas Mut bei dem Gedanken, plötzlich einbrechen zu können. Die Ausbeute war sehr ergiebig. Erwähnenswert beim Mikroskopieren sind *Micrasterias apiculata*, *M. fimbriata* und *M. decemdentata*.

Der Tag wurde beendet in gemütlichem Beisammensein in den schönen Gasthöfen von Bad Mitterndorf. Am nächsten Tag war das Wetter brillant. Ausflüge in die nähere Umgebung boten sich an. Für die meisten war es jedoch der Aufbruch zur Heimreise. Es hat wieder einmal viel Freude gemacht. Sicherlich werden viele auf die Einladung für das nächste Treffen warten.

Einkommen schaffen

11273 sec 981



Überleben helfen

Vielen Kindern auf der Welt fehlt es selbst am Nötigsten zum Leben. Ihre Mütter sind ganz allein für sie verantwortlich, haben aber ohne Job keine Chance, für das Überleben ihrer Kinder zu sorgen.

terre des hommes unterstützt Projekte für diese Frauen, damit sie ein Einkommen erwirtschaften können. Zum Beispiel in Afrika: Frauen bauen dort zur eigenen Versorgung Gemüse an und züchten Geflügel. Einen Teil verkaufen sie, um das Schulgeld oder Medizin für die Kinder zu bezahlen.

Bitte unterstützen auch Sie diese Projekte für Frauen. Informationen senden wir Ihnen gerne kostenlos zu. Schreiben oder faxen Sie uns einfach diese Anzeige mit Ihrer Anschrift.

terre des hommes
 Ruppenkampstr. 11a
 Postfach 4126
 49 031 Osnabrück

Telefon: 0541/7101-0
 Telefax: 0541/707233
 eMail: terre@t-online.de
 Internet: http://www.tdh.de

Spendenkonto 700
 Osnabrücker
 Volksbank eG
 BLZ 265 900 25

terre des hommes

Der Lotus-Effekt: Hausputz nach dem Vorbild der Natur

Klaus Hausmann

Die Lotuspflanze gilt in den asiatischen Religionen als heilig. Sie ist Symbol der Reinheit. Schließlich sind die Oberflächen ihrer großen schildförmigen Blätter stets makellos sauber. Wasser perlt auf ihnen, wie auch auf den Blättern verschiedener anderer Pflanzen, wie von einer heißen Herdplatte ab. Staub und Schmutz werden dabei mitgerissen. Die Oberfläche wird rückstandslos sauber (Abb. 1). Bereits ein Sanskrit-Text aus dem 8. Jahrhundert wusste von dieser erstaunlichen Eigenschaft zu berichten: „Das Wasser auf dem Lotusblatt ist sehr instabil.“ Doch erst in unseren Tagen gelang es den beiden Botanikern Prof. Dr. Wilhelm Barthlott und Dr. Christoph Neinhuis von der Universität Bonn, diesen von ihnen „Lotus-Effekt“ getauften Selbstreinigungsmechanismus von Pflanzen wissenschaftlich aufzuklären.

Die Werbung lügt, wenn sie zu suggerieren versucht, dass alles, was glatt und glänzend ist, auch sauber ist. Im Gegenteil: Nur rauhe Oberflächen können sich selbst reinigen, auf glatten Flächen bleibt Schmutz gut hängen. Wilhelm Barthlott entdeckte schon vor 22 Jahren feinste Erhebungen auf der Oberfläche der Blätter von Lotusblumen. Diese regelmäßigen Strukturen sorgen dafür, dass Wasser nicht nur abperlt, sondern dabei auch Schmutz mitreißt (Abb. 2). Diese Erkenntnisse konnten auf technische Oberflächen übertragen werden. Demonstriert wird dies überzeugend anhand eines Kunststofflöffels mit „Lotus-Effekt-Oberfläche“. In ein Glas mit Honig getaucht und wieder herausgezogen perlt der Honig von der Oberfläche des Löffels vollständig zurück in das Glas. Er ist wieder perfekt sauber und kann nun beispielsweise sofort für Senf benutzt werden. Diese überaus eindrucksvolle Demonstration verblüfft jedes Auge, das doch an mit Honig oder Senf verklebte Teelöffel gewohnt ist.

Anwendungsmöglichkeiten

Das Anwendungspotential des „Lotus-Effekts“ ist gewaltig: Fensterscheiben, die nicht mehr geputzt werden müssen, weil jeder Schmutz von ihnen abperlt, Anstrichfarben,

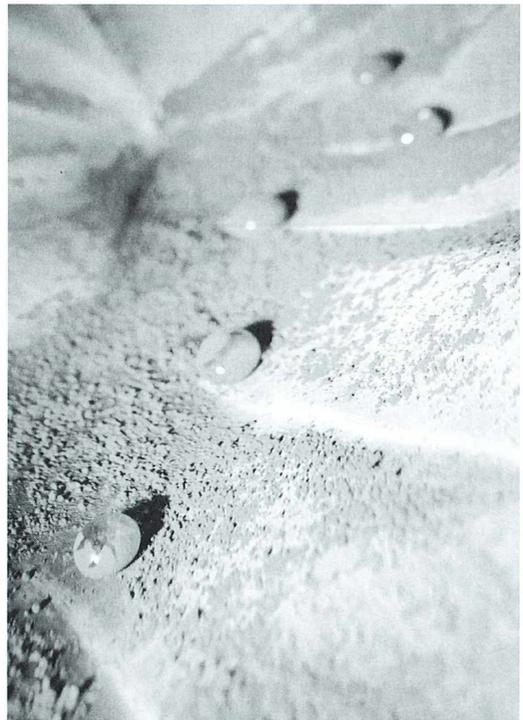


Abb. 1: Funktionsdemonstration am Lotus-Blatt (*Nelumbo nucifera*): Auf der Blattoberfläche verteilter Farbstaub wird von Wassertropfen mitgerissen.

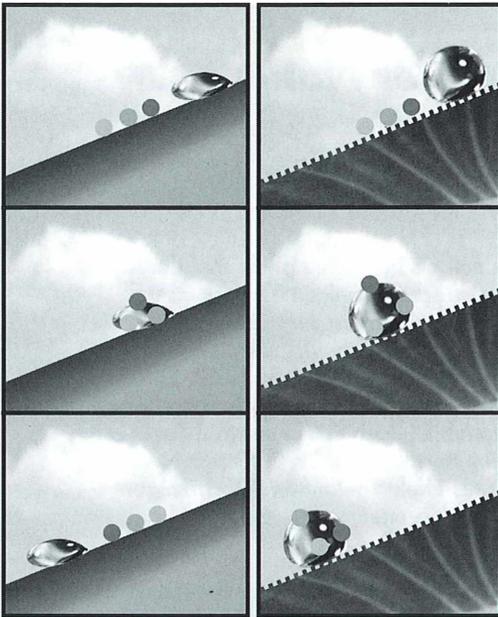


Abb. 2: Funktionsprinzip des Lotus-Effektes: Auf einer glatten Oberfläche (links) werden Schmutzpartikel durch einen Wassertropfen nur verschoben, während die raue Oberfläche (rechts) so wenig Halt bietet, dass die Schmutzpartikel am abperlenden Wassertropfen haften bleiben und so von der Oberfläche abgewaschen werden.

die Hauswände sauberhalten, Autos, die dank „Lotus-Lackierung“ nicht mehr gewaschen werden müssen und nicht vereisen, Dachziegel, die nicht mehr verrecken. Verschiedene Industrieunternehmen haben bereits das Potential des Lotus-Effektes erkannt und wollen entsprechende Produkte auf den Markt bringen. Eine weiße Fassadenfarbe mit Selbstreinigungseffekt ist bereits im Handel.

Das Bild vom bedächtigen Grundlagenforscher, der sich als Direktor des Botanischen Instituts und Botanischen Gartens der Bonner Universität liebevoll um seine Pflänzchen kümmert, will auf Wilhelm Barthlott ganz und gar nicht passen. Mit Elektronenmikroskopen und Ultrastrukturuntersuchungen gelang es ihm, das Geheimnis des Lotus-Effektes zu entschlüsseln. Er meldete für die Übertragung dieser Einsichten technische Patente an, die nun Grundlage für eine technologische Revolution sein dürften, und verhandelte mit Industriepartnern, die sein Know-how nutzen wollen.

Für das erfolgreiche Lernen von der Natur wurden Barthlott und Neinhuis in diesem Jahr mit dem begehrten Philip Morris Forschungspreis ausgezeichnet. 1997 war Prof. Barthlott übrigens bereits mit dem Beckurts-Preis geehrt worden und 1998 einer der vier Kandidaten für den Zukunftspreis des Bundespräsidenten.

Steiniger Weg zum Erfolg

Nicht immer war den Bonner Forschern für ihren großen wissenschaftlichen Erfolg auch die gebührende Anerkennung zuteil geworden. Als sie die Entdeckung des an sich ja schon lange bekannten Lotus-Effektes in führenden Fachzeitschriften veröffentlichten und durch regelmäßige Mikrostrukturen auf den Blattoberflächen erklären wollten, wurden sie von den Gutachtern beinahe ausgelacht. Ausgerechnet raue Oberflächen sollten dafür sorgen, dass auf ihnen kein Schmutz haften bleibt? Der sogenannte gesunde Menschenverstand stand dieser Einsicht zunächst im Wege. Möglichst glatte Oberflächen galten doch wie selbstverständlich als am besten den Schmutz abweisend. Und überall in der Industrie bemühte man sich, Oberflächen so glatt wie nur möglich herzustellen – von der Fensterscheibe bis zur Tischoberfläche.

Vier verschiedene Fachzeitschriften wiesen die von Wilhelm Barthlott und Christoph Neinhuis eingereichten Artikel zurück. „Der Lotus-Effekt existiert nur in der Phantasie der Autoren“, schrieb sinngemäß damals einer der Gutachter. „Das war eine sehr schwere Zeit und beinahe zum Verzweifeln“, erinnert sich Barthlott. Doch Barthlott konnte immerhin jeden, der sich nur ein wenig Zeit nahm, von der phantastischen Wirksamkeit des Lotus-Effektes überzeugen. Selbst ein Tropfen Alleskleber bleibt nicht auf einem Lotusblatt haften. Es schnurrt zu einer kleinen Kugel zusammen und rollt schon bei geringster Neigung ab.

Erst nachdem es ihm gelungen war, den Lotus-Effekt auch auf künstlichen Oberflächen nachzustellen, fanden seine Arbeiten plötzlich Anerkennung. Der Kraft des Faktischen konnte sich schließlich keiner mehr entziehen. Dennoch hörten damit die Probleme nicht auf. Bei der Bewilligung von Forschungsgeldern galt es weitere Hürden zu nehmen. Die der Grundlagenforschung verpflichtete Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hielt die Lotus-

Studien Barthlotts für zu anwendungsbezogen. Man verwies ihn daher zum Forschungsministerium, das für die Förderung derartiger Projekte zuständig sei. Dort wiederum hielt man seine Arbeit genaugenommen eher für grundlagenorientiert, so dass er und sein Team am Bonner Botanischen Institut beinahe durch das Förderaster gefallen wäre. Zum Glück befand man seine Methoden aber auch zur Analyse von Waldschäden geeignet und bedachte ihn mit Mitteln aus der Waldschadensforschung. Fortan studierten beide die Blattoberflächen deutscher Laub- und Nadelbäume. Neben dieser offiziellen Arbeit blieb jedoch abends und an den Wochenenden für die leidenschaftlichen Forscher noch Zeit, mit den gleichen Apparaturen auch dem viel spannenderen Lotus-Effekt hinterherzuspüren.

Der Durchbruch

Erst seit Juni 1998 wird die Lotus-Forschung tatsächlich direkt gefördert. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt hatte die große ökologische und wirtschaftliche Bedeutung erkannt, die von einer breiten Nutzung des Lotus-Effekts ausgehen würde. Wasser, Energie und auch reinigende Tenside könnten eingespart werden, wenn beispielsweise Autos, Fenster oder Hausfassaden nicht mehr gereinigt werden müssten. Auch auf giftige Biozide, die bislang in Farben für ein Abtöten von Algen und Moosen sorgen sollen, könnte dann weitgehend verzichtet werden. Auf Oberflächen mit

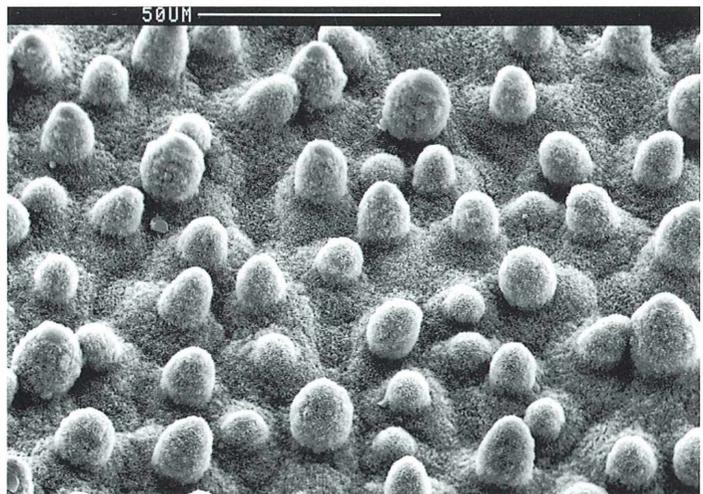
Lotus-Effekt können auch Mikroorganismen nicht haften bleiben. Diese Eigenschaft ist offenbar auch beim biologischen Vorbild von großer Bedeutung. Die Pflanzen schützen sich durch den Lotus-Effekt vor Krankheitserregern und Schmarotzern, denen keine Zeit gelassen wird, sich auf der Blattoberfläche festzusetzen. Für einen Zeitraum von drei Jahren bewilligte die Bundesstiftung Umwelt Barthlott immerhin einen Betrag von 1,3 Millionen Mark. Noch einmal soviel Geld brachten Industrie-Unternehmen in das Forschungsprojekt der innovativen Botaniker ein. Und schließlich wird in den Firmen selber noch einmal ein Vielfaches dieses Betrages für die Entwicklung von kommerziellen Produkten mit Lotus-Effekt ausgegeben.

Wie alles begann

Begonnen hatte die Erfolgsgeschichte der Lotus-Forschung im Jahre 1975 in Heidelberg. Damals studierte Barthlott mit Hilfe eines Raster-Elektronenmikroskops die Oberflächen von Pflanzenblättern (Abb. 3), um sie anhand ihrer charakteristischen Muster und Strukturen in Verwandtschaftsbeziehungen zu stellen und so die Evolutionsgeschichte der Pflanzen nachzeichnen zu können.

Was auf den ersten Blick wie eine langweilige Fleißarbeit erscheinen mag, die nur Wissenschaftler befriedigen kann, interessierte später auch das Bundeskriminalamt. Schließlich ist es mit dieser Methode möglich, Pflanzen anhand

Abb. 3: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Blattoberfläche der Lotus-pflanze *Nelumbo nucifera* mit den typischen, für den Lotus-Effekt verantwortlichen Erhebungen. Der Maßstrich am oberen Bildrand gibt 50 µm an (Foto: W. Barthlott, Bonn).



ihrer charakteristischen Oberflächenstrukturen eindeutig zu identifizieren – auch wenn nur noch mikroskopisch kleine Proben vorhanden sind, die mit dem bloßen Auge gar nicht mehr zu erkennen sind. Werden nun aber bei Leichen Spuren solcher Pflanzenreste gefunden, so können durch eine exakte Bestimmung der betreffenden Pflanzenart unter Umständen entscheidende kriminalistische Erkenntnisse gewonnen werden. So steht heute das BKA auf jener Liste von Institutionen, welche indirekt die Erforschung des Lotus-Effekt finanziell unterstützt haben.

Seinerzeit hatte Barthlott unter anderem die Blätter der Kapuzinerkresse untersucht. Als seine Mitarbeiter die Pflanzen aus dem Gewächshaus holten, fiel ihnen eines Tages auf, dass die Blätter der Kapuzinerkresse stets viel sauberer waren als die anderer Pflanzen. Anfangs dachten sie, dass dies wohl mit dem Standort im Gewächshaus zusammenhängen würde. Doch schließlich bemerkten sie, dass auch Pflanzen in unmittelbarer Nähe der sauberen Kapuzinerkresse verschmutzt waren. Der Blick mit dem Raster-Elektronenmikroskop auf die Blattoberfläche der Kapuzinerkresseblätter offenbarte, dass hier komplizierte, aber doch regelmäßige Muster aus Wachskristallen vorhanden waren. Diese Strukturen, so erkannte Barthlott schließlich, mussten für den Lotus-Effekt verantwortlich sein.

„Aus heutiger Sicht mag es scheinen, dass auch Teilnehmer von „Jugend forscht“ den Lotus-Effekt hätten entdecken können“, meint Barthlott, „und doch waren es zwanzig Jahre harte Arbeit, die wir geleistet haben, um die Zusammenhänge wirklich zu verstehen.“

Nicht Nachbau, sondern Ideentransfer

Um eine Gebrauchsoberfläche mit einer möglichst hohen Selbstreinigungskraft auszustatten, muss es nicht sinnvoll sein, die Strukturen auf einem Lotusblatt einfach exakt nachzubauen. Denn die Natur musste ja nicht nur diesen Effekt, sondern darüber hinaus noch eine Reihe anderer Eigenschaften der Pflanzenoberfläche optimieren – vom Reflexionsverhalten für Licht bis hin zur Kühlwirkung durch Luftturbulenzen an der Blattoberfläche. Dabei musste die Natur zweifelsohne Kompromisse eingehen. Kommt es jedoch bei einer techni-

schon Anwendung nur auf die wasser- und schmutzabweisende Lotus-Wirkung an, so lässt sich – allerdings ausgehend vom biologischen Vorbild – diese Eigenschaft noch weiter verbessern. Genau dies haben Barthlott und seine Mitarbeiter gemacht und sich dann die entsprechenden Erkenntnisse durch Patente schützen lassen.

Für die Wirksamkeit des Lotus-Effektes ist fast ausschließlich die geometrische Anordnung und Form dieser filigranen Oberflächenstrukturen verantwortlich. Das Material spielt dabei praktisch keine Rolle, solange es hydrophob ist. Der Lotus-Effekt ist eine Kombination aus geeigneter Chemie und Physik. Daher lässt er sich bei den verschiedensten Werkstoffen nutzen – von Glas über Metall bis hin zu Kunststoffen. Je nach Material kommen allerdings unterschiedliche Verfahren zur Herstellung der Mikrostrukturen in Betracht.

Zukunftsperspektiven

Während der Lotus-Effekt bereits aus dem Elfenbeinturm der Grundlagenforschung in die Welt der Anwendungen getreten ist, möchten Barthlott und Neinhuis nun noch weitere Aspekte der multifunktionellen Blattoberflächen erforschen und so weitere Anwendungen erschließen.

Die Strukturen auf den Blattoberflächen leisten überdies, so glaubt Barthlott, einen wichtigen Beitrag zur Kühlung der Pflanzen. Um diesen Mechanismus im Detail zu verstehen, plant er, Experimente in einem Windkanal der Universität Bonn durchzuführen. Die Wissenschaftler haben hier von Anfang an eine denkbare Anwendungsmöglichkeit im Hinterkopf: Der Innenraum eines Autos, dessen Karosserie außen mit entsprechenden Mikrostrukturen beschichtet wäre, bliebe möglicherweise auch in der Sonne kühl. Schließlich ist ja auch ein Asphaltboden im Sommer stets heißer als ein dem gleichen Sonnenschein ausgesetzter Rasen.

Dank

Der Philip Morris Stiftung sei für die freundliche Überlassung von Text- und Bildmaterial gedankt.

Verfasser: Prof. Dr. K. Hausmann,
Redaktion MIKROKOSMOS

MIKROKOSMOS

Zeitschrift für Mikroskopie

Herausgegeben von
Klaus Hausmann (Berlin)

88. Jahrgang 1999



URBAN & FISCHER

II 90372/88
Oberflächliches
anatomisches
Blut/D.
1999/1999

Impressum

Herausgeber: Prof. Dr. Klaus Hausmann, Institut für Biologie/Zoologie, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Straße 1-3, 14195 Berlin, Telefon: (030)8 38 64 75, Telefax: (030)8 38 64 77, e-mail: hausmann@zedat.fu-berlin.de

Verlag: Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, PF 100 537, D - 07705 Jena.

Telefon (03641)626-3, Fax (03641)62 65 00; e-mail: journals@urbanfischer.de

Anzeigenannahme und -verwaltung: Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Anzeigenleitung: Sabine Schröter, PF 100 537, D - 07705 Jena, Telefon (03641)62 64 28, Fax (03641)62 64 21.

Zur Zeit gilt die Anzeigen-Preisliste vom 1. 1. 1999.

Abonnementsverwaltung und Vertrieb: SFG Servicecenter Fachverlage Zeitschriftenvertrieb: Barbara Dressler, Löbdergraben 14a, 07743 Jena, Telefon (03641)62 64 44, Fax (03641)62 64 43.

Bezugshinweise: Das Abonnement gilt bis auf Widerruf oder wird auf Wunsch befristet. Die Lieferung der Zeitschrift läuft weiter, wenn sie nicht bis zum 31. 10. eines Jahres abbestellt wird.

Erscheinungsweise (1999): 1 Jahrgang mit 6 Hefen.

Abo-Preise (1999): 118,- DM/60.36 Euro*; Einzelheftpreis: 24,- DM/12.28 Euro*; Vorzugspreis für Schüler, Azubis und Studenten: 79,- DM/40.41 Euro* *Unverbindlich empfohlene Preise. Alle Preise zzgl. Versandkosten. Preisänderungen vorbehalten.

Folgende Kreditkarten werden zur Zahlung akzeptiert: Visa / Eurocard / Mastercard / American Express (bitte Kartenummer und Gültigkeitsdauer angeben).

Bankverbindung: Deutsche Bank AG Jena, Konto-Nr. 6 284 707, BLZ 820 700 00 und Postbank Stuttgart, Konto-Nr. 923 727 04, BLZ 600 100 70.

Copyright: Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehendung, im Magnettonverfahren oder ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen oder sonstigen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden.

Satz: SATZREPROSERVICE GmbH Jena, Talstraße 84, D - 07743 Jena.

Druck: Gulde-Druck GmbH, Hechinger Str. 264, D - 72072 Tübingen.

Diese Zeitschrift wird ab Bd. 85, Heft 1 (1996) auf elementar chlorfreiem,

pH-Wert neutralem, alterungsbeständigem Papier gedruckt.

Printed in Germany

© 1999 Urban & Fischer Verlag



Mitglied der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern und der Deutschen Fachpresse



Mehr Informationen zum „MIKROKOSMOS“ und anderen Zeitschriften finden Sie im Internet: <http://www.urbanfischer.de/journals>

Verfasserverzeichnis

- Brantner, K.: Weitere Beobachtungen an *Gymnophrys cometa* 297
- Braun, A.: Über Baumaterial und Strukturen der Foraminiferenwände 353
- Brogmus, H.: Wald-Haarmützenmoos (*Polytrichum formosum*) – Ein großes Moos mit vielen kleinen Wundern 373
- Burrett, M., Starnecker, G.: Ein Pseudoskorpion, *Lamprochernes nodosus*, als blinder Passagier mit der Stubenfliege auf der Reise zu neuen Lebensräumen 15
- Drews, R.: Plankton der Meere – Teil III: Metazoenlarven 7
- Drews, R.: Plankton der Meere – Teil IV: Metazoen 209
- Gaffal, K. P.: Das schmalblättrige Weidenröschen aus der „Sicht der Biene“ 341
- Göke, G.: Die Anpassung einer Videokamera an das Mikroskop 23
- Göke, G.: Das Foto-Objektiv als Kondensator 167
- Göke, G.: Beugungs-Interferenzkontrast – ein neues Schneidenverfahren 283
- Göke, G.: Neue Optische Adapter für die Video-Mikrografie 361
- Günkel, N. G.: Kleine Welt hinter Glas – Methoden der Aquarien-Mikroskopie 65
- Günkel, N. G.: Ein unbekannter Sieger. Alexandre Yersin und die Pest 239
- Hausmann, K.: Was klebt denn da? – Mikroskopische Aspekte der Haftklebertechnologie 257
- Hausmann, K.: Der Lotus-Effekt: Hausputz nach dem Vorbild der Natur 349
- Hausmann, K., Schäfers, H.: Maurits Cornelis Escher und die mikroskopische Dimension 177
- Hausmann, K., Wolf, M.: Biologische Taxonomie, Klassifikation, Systematik und Phylogenese im Widerstreit? Was ist los in der Szene? 73
- Hausmann, K., Wolf, M.: Am Anfang war das Tier – Zum aktuellen Verständnis der Plastidenphylogenese 149
- Hendel, R.: Ein Mikroskop zum Schnäppchenpreis: Das 'Biolum' der russischen Firma Lomo 225
- Hendel, R.: Leeuwenhoek entdeckt die Kugelalge *Volvox* 327
- Hippe, E.: Viel Verkehr im Netz: Eine erstaunliche retikuläre Amöbe 39
- Kälin, I.: Anatomisch-strukturelle Untersuchungen des Rückenpanzers (Carapax) der Schamkrabbe (*Calappa granulata*) 139
- Karg, W., Karg, U.: Überraschende Begegnung mit Raubmilben im Hochgebirge 193
- Krenz, B., Peter, H.: Eine einfache Inaktivierungsmethode von *Paramecium caudatum* zur Messung des Membranpotentials 293
- Kremer, B. P., Schneider, H.: Rote Euglenen aus Fischteichen 217
- Kreutz, M.: *Vorticella chlorostigma* und *Pseudovorticella fasciculata* – Zwei Glockentierchen mit Zoochlorellen 85
- Kreutz, M.: Die planktisch lebenden Rädertiere der Gattung *Collotheca* 243
- Kreutz, M.: Ein neuer Funfort von *Stentor niger* 289
- Kreutz, M., Mayer, P.: *Calyptotricha pleuronemoides* – Ein Ciliat in einer Röhre 27
- Kreutz, M., Mayer, P.: *Vasicola ciliata* – Ein violett-farbener Ciliat in einer Lorica 321
- Kubsch, G., Richter, W. M.: 4. Sommerworkshop (1998) zur Umweltanalytik und Umweltchemie der Feldberger Seenlandschaft 103
- Lüthje, E.: „Bilder einer Ausstellung“ – Mikroskopische Nachklänge eines biologischen Projektkurses 301
- Mach, M.: Eine einfache CCD-Computer-Kamera für jedermann 331
- Mathias, E.: Beugungs-Interferenzkontrast – Ein behelfsmäßiges Kontrastierungsverfahren im Eigenbau 1
- Mayer, P.: *Tokophrya fasciculata* – ein bisher nur in Mexiko gefundenes Suctor 169
- Mayer, P., Kreutz, M.: *Calyptotricha pleuronemoides* – Ein Ciliat in einer Röhre 27
- Mayer, P., Kreutz, M.: *Vasicola ciliata* – Ein violett-farbener Ciliat in einer Lorica 321
- Meyer, K.: Das Utrechter Leeuwenhoek-Mikroskop 43
- Meyer, K.: Auf der Suche nach Leeuwenhoeks Arbeitsmikroskop 197
- Michel, R.: Befall einer *Thekamoeba quadrilineata*-Population mit einem pilzartigen Endocytobionten 109
- Nachtigall, W.: Auf dem Weg zu einer funktionell-biomechanischen Betrachtung von Mikroorganismen: Vitus Graber (1886) 31
- Nachtigall, W.: Warum sinken Plankter so langsam ab? Eine physikalisch – ökologische Betrachtung 157
- Nachtigall, W.: Sinkversuche mit Copepoden 233
- Nachtigall, W.: Bewegungsanalysen an Mikroorganismen mit der Videokamera 273
- Nachtigall, W.: Mikroskopieren um die Mitte des 19. Jahrhunderts 363
- Peter, H., Krenz, B.: Eine einfache Inaktivierungsmethode von *Paramecium caudatum* zur Messung des Membranpotentials 293
- Pohl, D.: Mikroskopie lichtundurchlässiger Objekte mittels Lackabdruck 277
- Richter, W. M., Kubsch, M.: 4. Sommerworkshop (1998) zur Umweltanalytik und Umweltchemie der Feldberger Seenlandschaft 103

- Schäfers, H., Hausmann, K.: Maurits Cornelis Escher und die mikroskopische Dimension 177
- Schneider, H., Kremer, B. P.: Rote Euglenen aus Fischteichen 217
- Schnepf, E.: Beobachtungen an Protisten, die sich von Algen ernähren I. Teil: Dinoflagellaten als Fresser mariner Kieselalgen 49
- Schnepf, E.: Beobachtungen an Protisten, die sich von Algen ernähren II. Teil: Euglenozoa und phagotrophe Nanoflagellaten der Nordsee 117
- Schnepf, E.: Beobachtungen an Protisten, die sich von Algen ernähren III. Teil: Pilze – Chytridieen 181
- Schnepf, E.: Beobachtungen an Protisten, die sich von Algen ernähren IV. Teil: Pilze – Oomyceten 247
- Schnepf, E.: Beobachtungen an Protisten, die sich von Algen ernähren V. Teil: Amöboide und plasmodiale Protisten 305
- Schnepf, E.: Verkieselte Zellwände – Teil I: Präparation und Darstellung 203
- Schnepf, E.: Verkieselte Zellwände – Teil II: Sammlinsen: Bergkristall oder Opal? 267
- Starnecker, G., Burrett, M.: Ein Pseudoskorpion, *Lamprochernes nodosus*, als blinder Passagier mit der Stubenfliege auf der Reise zu neuen Lebensräumen 15
- Väth, R.: Robert Hooke und die „Micrographia“ 129
- Vescia, M.: Wieviele Ciliatengattungen leben in einem Bach? 91
- Wolf, M.: Botanik und Zoologie zwischen Karneval und Aschermittwoch 215
- Wolf, M., Hausmann, K.: Biologische Taxonomie, Klassifikation, Systematik und Phylogenese im Widerstreit? Was ist los in der Szene? 73
- Wolf, M., Hausmann, K.: Am Anfang war das Tier – Zum aktuellen Verständnis der Plastidenphylogenese 149
- Zell, Ch.: Phytoplanktologische Neufunde im Raum Erlangen (Mittelfranken) 335

Kurze Mitteilungen

- Burzlaff, A.: Infrarotspektroskopie in der Ökologie oder warum Koalas so wählerisch Eukalyptus essen 326
- Hippe, E.: Erdbewohner 26
- Hippe, E.: Neues über *Gymnophrys cometa* 224
- Kremer, B. P.: Protozoenfangende Pflanzen 71
- Kremer, B. P.: Polarisiertes Licht verrät Zooplankter 112
- Kremer, B. P.: Zellfossilien aus dem Präkambrium 266
- Linskens, H. F.: Verzweigte Pollenschläuche 12
- Linskens, H. F.: Unterscheidung lebender und toter Bakterien in Wasserproben 30
- Linskens, H. F.: Überleben im Ballastwasser 57
- Linskens, H. F.: Dreifachfärbung trockener Schnitte 97
- Linskens, H. F.: Das grün-fluoreszierende Protein (GFP) 98
- Linskens, H. F.: Pollen-Analyse klärt Mord auf 166
- Linskens, H. F.: Luft stimuliert Caspary-Streifen in Wurzeln 173
- Linskens, H. F.: Identifikation von Reis anhand von Phytolithen 213
- Linskens, H. F.: Anaerobe Mikroorganismen in Permafrostböden 288
- Linskens, H. F.: Affinität von Flavanolen zur Zellwand 291
- Linskens, H. F.: Schwimmbewegung der Dinophyceen 292
- Linskens, H. F.: Elaiosomen von *Knautia* 295
- Linskens, H. F.: Örtzi war Vegetarier 312
- Linskens, H. F.: Rückhaltung von suspendierten Partikeln 360
- Nachtigall, W.: Der Tintenstift als Hüllenmarkierer 42
- Nachtigall, W.: Farbfilter in der Schwarzweiß-Fotografie 116
- Siegrist-Schnetz, P.: Ersatz für Hohlschliff-Objektträger 56

Sachregister

- Aaskäfer 22
 Abbe 208
 Abdrucktechnik 277
 Abstammungshypothese 73
Acanthamoeba 109
Achlya 247
 Acritarchen 266
 Actinotrocha 7
 Adams 208
 Adhäsion 257
Aearthia clusi 235
Aelosoma variegatum 304
Aequorea victoria 98
Aesculus hippocastanum 291
 Agglutinantia 355
 Alaunkarmin 212
Allium ursinum 295
 Alluvium 288
 Alpenbärlapp 193
 Alpenveilchen 3, 295
 Alveolen 73
 Ameisen 22
 amerikanische Felsenkrabbe 57
 Amici 208
 Ammoniten 280
 Amöben 26, 31
 – retikuläre 39
 amöboide Protisten 305
Amoeba biddulphiae 305
Amoebophilus 109
 Amphiblastula 7
 Amphipoden 209
 Amplitudenkontrast 284
Anabaena 164
 Anagenese 74
Ancristus-Welse 67
Anemone nemorosa 295
 Anna-Kolibri 344
 Anneliden 10
Anoetus sapromyzae 20
 Anoptalkontrast 284
 Anreicherungskultur 91
 Antennenwelse 67
 Anthese 296
 Anthomedusen 209
Anuraeopsis 96
Aphanizomenon flos-aquae 162
Aphelidium chlorococcarum 309
 Apicomplexa 74
Apis mellifera 344
 Apomorphie 82
 Appendicularien 209
 Aquarienfilter 66
 Aquarienmikroskopie 65
 Arbeitsmikroskop von Leeuwen-
 hoek 197
Archamoeba 76
 Aristoteles 137
Asarum 295
 Ascheregen 366
 Aschermittwoch 215
 Ascidia 212
Askenasia 96
Aspidisca 96
Asplanchna 113, 217, 243
 Asseln 209
Astasia haematodes 220
Asterionella formosa 162
 Asteroiden 7
 Aszidienlarven 209
 Atemrohr 134
 Atomabsorptionsspektrometrie
 105
 Aufwuchs 67, 304
 Augenflagellaten 217
 Augenfleck 217
 Auricularia 7
 Autapomorphie 82
 Auxosom 121
 Axostylata 76

 Bäckerhefe 92
 Bacon 137
 Bakterien 30, 288
Balantidium duodeni 35
 Ballastwasser 57, 305
 Balsa-Holz 291
 Bandwürmer 368
 Banknoten 178
 Barbados 174
 Bärlapp 193
 Bärlauch 295
 Bärtierchen 331
 Basalkörper 79
 Becherflechte 193
 Befruchtungshyphe 249
 Behring 240
 Belemniten 280
Bellerochea malleus 183, 307
 Bergkristall 203, 267
 Besiedlungstest 68
 Bettwanze 168
 Beugungs-Interferenzkontrast
 (BIC) 1, 282, 283
 Beulenpest 240
 Bewegungsanalysen 273
 Bewegungsbahnen 51
 BIC (Beugungs-Interferenzkon-
 trast) 1, 282, 283
 Bienen 22, 301
 Bildanalyse 60
 Biliphyta 151
 Biobälle 66
 Biolam-Mikroskop 225
 Biomechanik 31
Biomyxa vagans 40
 Bipinnaria 7
 Bivalvier 7
 Blanchard 197
Blastophysa rhizopus 304
 Blaualgen 164, 304
 Blutregenalge 217, 304
 Boraxkarmin 212
Borkovia cometa 299
 Borstenwurm 8
Bosmina 113
 Botanik 215
 Boyle'sche Gesetze 129
 Brachiolaria 7
Brachionus 96
 Braunalgen 151
 Breiter Luzin 104
 Bremse 134
 Brennessel 133, 203
 Bruthöhle 171
 Bryozoen 7
 Bücherskorpion 135
*Burgholderia (Ralstonia) picket-
 tii* 109
 Busch-Windröschen 295
 Büschelmücke 164
 Bütschli 76
Bythotrephes longimanus 115

Caenomorpha 96
 Calanoide 234
Calappa granulata 139
Calinectes (Portunus) 140
 Calycophoriden 210
Calypte anna 344
Calyptotricha pleuronemoides 27
 Camcorder 273
 Campani 208
Campanula persicifolia 206, 267
Cancer irroratus 57
 Carapax 17, 139
Carchesium 96
Carcinus maenas 57
Carex 335
 Caspary-Streifen 173
Castrella truncata 228
 CCD-Computer-Kamera 331
 CCD-Sensor 23
Cephalodella 96
Ceratium 113
Cercaria viridis 219
Chaetoceros decipiens 51
 Chaetognathen 209
Chamaenerion angustifolium 341
Chaoborus plumicornis 164
 Cheliceren 17, 194
Chelidonium 295
Chilodonella 96
Chlorella 151
 Chlorobionta 151
 Chloroblasten 149
 Chlorophyceae 336
 Cholera 241

- Chorda dorsalis 212
 Chromista 151
 Chrysoomonaden (= Chrysophyceen) 153, 203, 335
 Chytridineen (= Chytridiomyceen) 181, 247, 311
Chytridium lagenaria 185
 Giliatan 27, 34, 73, 91
Cinchona ledgeriana 241
Cladonia pyxidata 193
Clamydocapsa 185
Closterium 179
 – *aciculare* 162
Clostridium 164
 CO₂ 65
 Coccolithineen 292
 Coelenteraten 7, 209
Coelothamnus davidoffi 33
Coenochloris 307
 – *fotti* 185
Coleps 96
Collotheca 243
 – *balatonica* 243
 – *libera* 243
 – *mutabilis* 243
 – *pelagica* 243
Colpidium 96
 Conjugatophyceen 335
Conochilus 164
 Copepoden 57, 209, 233
 Cormidium 210
 Coronaltrichter 243
Corydalis 295
Coscinodiscus 47, 117, 247
 – *granii* 248
 – *veilesii* 163, 305
Cosmarium ralfsii 346
 – *turpinii* 340
 Coxa 17
 Crinoideen 7
 Crustaceen 209
Cryothecomonas aestivalis 122
 Cryptomonaden (= Cryptophyceen) 152, 335
Cryptomonas ovata 154
 Ctenophoren 7
 Cuff 208
 Culpepper 208
 Cumaceen 209
 Cyanobakterien 151, 179, 266
Cyclamen purpurascens 295
Cyclidium 27
 Cyclomorphose 165
 Cyclopoide 234
Cylindrotheca 123
 – *closterium* 183
 Cysten 68
 Cystenbildung 323
Cystodinium cornifax 336
 Cystolithen 205
Daphnia-Modell 163
 Darmperistaltik 134
 Darwin 174
 Dauerbruch 279
 Dauersporen 311
Dendrocometes paradoxus 33
 Descartes 208
 Desmidiacee 252, 364
Desmidium coarctatum 347
 – *gevillii* 348
 Deszendenztheorie 174
Diatoma elongatum 162
 Diatomeen 50, 151, 179
 Diatomeen-Arrangeur 156
 Dictyosomen 79
Dictyosphaerium pulchellum 42
Didinium 96
 – *nasutum* 36
 Diffraktion 283
 Diffraktionstheorie, 283
 digitale Mikrofotografie 101
Dileptus 96
 – *gigas* 35
 Dimastigota 76, 150
Dimorpha mutans 34
 Dinoflagellaten (= Dinophyceen) 49, 57, 73, 155, 292, 336
Diphysium alpinum 193
 Diptherie 240
 Dipleurula 7
 Diplomonadea 76
Diplopsalsis 51
 Divini 208
 Doliolaria 7
 Dornfortsätze 164
 Drebber 208
 3D-Auflichtpräparat 156
 Dreifachfärbung 97
Dreissena polymorpha 57
Drepanomonas 34
 Druckwiderstand 162
 Drüsen 133
 Dungkäfer 22
 Dunkelfeld, zentrales 282
 Dünnschliff 353

 Ecdysis 140
Echiniscus 334
 Echinodermen 7
 Echinoideen 7
 Echinopluteus 7
Ectrogella 251
 Ediacara-Faunen 266
 Ehrenberg 175, 219
 Ehrlich 240
 Eier 209
 Elaiosomen 295
 Enchytraeiden 302
 Endocytobionten 109, 151

Endocytomyces thekamoebae 111
 Endokutikula 141
 Endosymbiontenhypothese 75, 149
 Enteropneusten 7
Entomobrya 194
 Ephyra 7
 Epikutikula 141
 Epilimnion 165
Epilobium angustifolium 341
 – *canum* 344
Epistylis 96
Equisetum hyemale 205
 Erdschreiber-Medium 50
Erythraeus regalis 193
 Escher 177
Euastrum 179
Eucampia 51
 – *zodiacus* 212, 251
Euchlanis 96
 Eudoxien 210
Euglena 113
 – *acus* 340
 – *haematodes* 219
 – *heliorubescens* 220
 – *oxyuris* 229
 – *purpurea* 220
 – *rubida* 219
 – *rubra* 220
 – *sanguinea* 220
 Euglenozoa (= Euglenophyceen) 50, 117, 151, 217, 339
Euglypha 179
 Eukalyptusbäume 326
 Eukaryota 76, 150
 Eumycota 181
 Euphausien 209
Euplotes 69, 96
Evadne 211
 Evertebratenlarven 12, 60
 Evolution 73
 Exokutikula 141

 Facettenauge 135
 Fadenwürmer 21
 Farbfilter 116
 Feige 206
 Feldberger Seenlandschaft 103, 107
 Felderhaut 278
 Femur 17
 Festphasenextraktion 105
 Fettkraut 71
 Feuerkraut 341
Ficus 206
 Fiebertee 348
 Filterwatte 66
 Fingerabdrücke 278
 Fischblut 34

- Fischteiche 217
 Fischtrockenfutter 69
Fittonia verschaffeltii 268
 Fixsterne 131
 Flachdach 303
 Flagellaten 34, 82
 Flavanole 291
 Fliegenkörper 134
 Flöhe 135, 168
 Flohkrebse 209
 Fokussiereinrichtung 198
 Foraminiferen 32, 151, 353, 358
 Formalin 209
 Formwiderstand 162
 Foto-Objektiv, Kondensator 167
 Fotografie 116
 Fourier-Spektrum 283
Fragilaria crotonensis 162
Franceia polychaeta 336
 Fraunhofer 208
 Fraunhofer-Diffraktion 283
 Fresnel-Streuung 283
 Fünf-Reiche-Konzept 149
 funktionelle Biomechanik 31
 Fusuliniden 356
 Fuß 17

Galanthus nivalis 295
 Galea 17
 Galilei 207
 Gammariden 212
 Garnelen 209
 Gaschromatographie 105
 Gasterozoid 211
 Gastropoden 7
 Gefriertrocknung 105
 Gehäuse 27
 Gamsheide 193
generatio spontanea 179
Genlisea stapfii 71
Genothera hookeri 13
 Gentechnik 38
 Gewaltbruch 279
 GFP (grün-fluoreszierendes Protein) 98, 101
Glaucoma 96
 Glockenblume 206, 267
 Glockentierchen 36, 85, 304
 Gnathosoma 20
 Goldalgen 203
 Goldenes Frauenhaar 377
Gonium 179
 Gonozoid 211
 Graber 31
 Grenzflächenhaftung 257
 Großes Haarmützenmoos 377
 Großforaminifere 358
 grün-fluoreszierendes Protein (GFP) 98, 101

 Grünalge 42, 179, 304, 322
 Guano 365
Guinardia 123
 – *delicatula* 122, 251
 – *flaccida* 119
 Gummibaum 206, 241
Gymnodinium catenatum 57
Gymnophrys cometa 40, 224, 297
Gyrodinium undulans 53

 Haarmützenmoos 377
 Haeckel 38, 149, 174, 287
 Haematochrom 217
Haematococcus pluvialis 217, 304
Haematomonas carassii 34
 – *cobitis* 34
 Haftklebertechnologie 257
Halteria 273
 Hansen 240
 Haptocysten 169
 Haptophyceae 108
 Harnkonkremente 131
 Harpacticoide 234
 Haselwurz 295
 Haut 369
 Hautmuskelschlauch 302
 Häutung 140
Hemistasia phaeocysticola 117
 Hanning'sches System 74
Hepatica 295
 Hertel 208
 Herzschlag 134
 Heterokonta 121
Hevea brasiliensis 241
Hexarthra mira 115
 Hohlschliff-Objektträger 56
 Hohltiere 209
Holopedium 164
Holosticha 96
 Holothurien 7
Homalozoon 96
 Honig 301
 Honigbiene 344
 Hüfte 17
 Hundertfüßer 21
 Hüpferling 211
 Huygens 178, 198, 208
Hydra viridissima 151
Hydrodyction 115
 Hydrogenhypothese 75
 Hydrogenosomen 81, 325
 Hydrozoen 209
 Hyperiidien 212

 Imkerhonig 301
 Inaktivierungsmethode 293
 Infektionshypothese 247
 Infrarotspektroskopie 326

 Insekten 131
 Interferenzmikroskopie 283
 Ionenchromatographie 105
Iris sibirica 169
 Isopoden 212

 Javamoos 67
 Jochalge 179
 Jugend forscht 237
 Jungfische 209

 Kabeljau 92
 Käfer 21
 Kahlhaut 65
 Kalyptra 373
 Kambrium 266
 Kamm-Muschel 57
 Kammerling 304
 Kardengewächs 295
 Karneval 215
Keratella 243
 Kieselalgen 49, 203, 304
 Kieselgur 203
 Kieselsäure 203
 Kinetoplastida 117
 Kinetosomen 79
 Kitasato 240
 Kladogenese 74
 Klassifikation 73
 Klebstoffarten 258
 Klee-Lindenhonig 301
 Kleinsäuger 22
 Kleinschmetterlinge 21
Knautia 295
 – *dipsacifolia* 296
 – *drymeia* 296
 Knollenfäule 247
 Knospung 169
 Koala 326
 Koch 239
 Kohäsion 257
 Kohlhernie 307
 Kohlrabi 92
 Kokillen 280
 Kolibri 344
 Kondensator, Foto-Objektiv 167
 kontraktile Vakuolen 322
 Kontrastblende 282
 Konvergenzblende 1, 282
 Korallen 151
 Kork 132
 Körnchenbewegung 298
 Krabben 57, 140
 Krautfäule 247
 Krebse 140, 209
 Krebslarven 9
 Krempeltierchen 177
 Kropf 244
 Krüselinsee 104
 Kugelalge 327

- Kugellinse 46, 201
 Kunstformen der Natur 38, 287
 Kypbonautes 7

 Lackabdruck 277
Lacrymaria 96
Lagenisma coscinodisci 247
 Lambda-Plättchen 269
Lamium 295
Lamprochernes nodosus 15
 Lanzettfischchen 209
 Lauch 295
 Laufbeine 17
 Laufkäfer 21
 Läuse 135
 Lealand 208
 Leberblümchen 295
 Leeuwenhoek 43, 58, 108, 138,
 178, 197, 208, 327
 Legepräparate, 3D 156
Legionella pneumophila 109
 Lehm 365
 Leistenhaut 278
 Lentibulariaceae 71
Lepadella 96
Leptodora kindtii 115
 Leptomedusen 209
 Lerchensporn 295
 Lichtsinneszellen 194
 Limfjord 203
 Listeria 109
Lithodesmium undulatum 183
Loiseleuria provumbens 193
Loligo pealei 112
 Loricula 321
 Lotus-Effekt 349
Loxodes 96
Loxophyllum 96
 Luftplankton 165
 Lüneburger Heide 203
 Lungenpest 240
 Lütten See 104
Lyngbya 179

Machrocheles muscaedomestica
 20
Macrobiotus hufelandi 333
 Makronucleus 322
 Malphigi 137
 Mandeln 92
 Manteltiere 212
 Margulis 149
 Marshall 208
 Mastigoneme 121
 Mastigota 76, 150
 Medusen 209
 Meeh'sche Oberflächengesetze
 157
 Meeresplankton 209
 Meissner-Tastkörperchen 369

 Melanine 141
Melapyrum 295
Melosira granulata 162
 Membranpotential 293
Menyanthes trifoliata 348
Meridion 164
Mesodinium rubrum 153
 Messen im dreidimensionalen
 Raum 253
 Metakaryota 76, 150
 Metallmikroskop 277
 Metallographie 278
 Metamorphosestadien 134
 Metatroch 10
 Methylcellulose 293
 Methylenblau 302
 Methylgrün-Pyronin 70
Metopus 96
Micrasterias apiculata 347
 – *decemdentata* 347
 – *fimbriata* 347
Microcystis 164
 microscopium simplex 200
 Microspora 76
 Mikro-Injektion 41
 Mikroorganismen 31
 Mikropyle 14
 Mikroskop, zusammengesetztes
 198
 Mikroskopie-Tage 100
 Milben 20, 21, 131, 193
 Milbenauge 195
 Milioliden 355
 Mimosen 133
 Mistkäfer 22
 Mitochondrien 81
 Mitraria 7
 Modulationskontrastverfahren
 284
 Moler 203
 Molineux 197
 Mollusken 209
 Mond 131
 Monophylum 82
 Moos 373
Mougeotia 305
 – *thylespora* 162
 Mücken 164
 Mückenlarve 134
 Müllersche Larve 7
 Mundpipette 50
Musca domestica 15
 Muschel-Veliger 11
 Musschenbroek 208
 Myrmekochorie 295
 Mysidaceen 209
Mysis-Stadium 9

 Nährlösungen 92
 Nanoflagellaten 50, 117

 Nanoplankton 163
Narcissus poeticus 346
 Narcomedusen 210
 Naturbeherrschung 137
 Nauplius-Larve 9
Navicula 47
 – *lyra* 333
Nelumbo nucifera 349
 Nematoden 21
 Nemertinen 7
 Neoproterozoikum 266
 Neuston 217
 Neutralrot 70, 302
 Newton 208
 NIR-Spektroskopie 326
 Nitroglycerin 203
 Nitrozellulose 277
 Nobel 203
Nodosoria 355
 Nordsee 117
 Nucleomorph 154

Odontella 117
 – *aurita* 49
 – *sinensis* 305
 Oligochaeten 302
 Olpidien 181
 Öltropfenwürmer 304
 Oomyceten 181, 247
 Opal 267
 Opalblauphloxinrhodamin 70
 Ophiopluteus 7
 Ophiovroiden 7
 Opisthosoma 17
 optische Mikrotomie 102
Orthotrichum 346
 Ostwald'sche Schwebeformel 159
 Ötzi 312
 Oxymonadea 76
Oxytricha 96
 – *aeruginosa* 35

 Paläozoikum 266
Palinurus 140
 Pallium 51
Palmodyction 14
 – *varium* 14
 – *viride* 14
Paludella quarosa 347
Pandorina 266
 – *morum* 162
 Pantoffeltierchen 238, 304
 Parabasalapparat 81
 Parabasalea 76
Parachlamydia acanthamoebae
 109
Paramecium 81, 96
 – *caudatum* 293
 Paramylon 218

- Parapedinella reticulata* 122
 Paraphylum 74, 82
 parasitische Protisten 49
 Parenchymula 7
 Pasteur 240
Paulsenella 51
 – *chaetoceratis* 51
 – *kornmanii* 51
 – *vonstochi* 51
*Pedaltermorotandomovens centr-
 oculatus articulatus* 177
Pediastrum 163, 179, 340
 Pedipalpen 17
Pelomorpha bütschlii 321
Penilia 211
Peranema 217
Pergamasus crassipes 194
 Peridinales 292
Peridinium umbonatum 186
 Periphyton 360
 Periplast 220
 Permafrostböden 288
 Pest 239
 Pestsepsis 240
 Petri 6, 43
 Pfeilwürmer 209
Phacotus 186
Phaeocystis 117
 Phaeomyceen 151
Phagomyxa algarum 307
 Phagophilie 22
 Phagopod 53
 phagotrophe Nanoflagellaten 50
Philodina 96, 228
Pblyctidium scenedesmi 185
 Phoroniden 7
 Photometrie 105
 phototaktische Reaktion 85
Phragmites australis 204
 Phycomyeten 181
 Phyllopoden 211
 Phylogenie 73
 Phytolithen 213
Phytophthora infestans 247
 Phytoplankton 49, 335
Pilea cardieri 204
 Pilidium 7
 pilzartige Endocytobionten 109
 Pilze 50, 181, 247
Pinguicula 71
Pinnularia 47, 162
Pirsonia diadema 121
 – *eucampiae* 121
 – *guinardiae* 119
 – *mucosa* 121
Placojoenia 82
Placopecten magellanicus 57
Plagomnium elatum 346
 Plankton 7, 157, 209
 Planula 7
 plasmodiale Protisten 305
 Plasmodiophoramycota 307
Plasmodiphora brassicae 307
 Plastidenphylogenie 149
Platycola 96
 Plesiomorphie 82
Pleuronema 27, 96
Pleurosigma angulatum 23
 Plössl 208
 Pneumokokken 242
 Pocken 241
Podochytrium 185
Podon 211
 Polarisationsmikroskopie 101,
 269
 Polarisations-Interferenzmikro-
 skop 286
 Pollen 264, 301
 Pollen-Analyse 166
 Pollenschläuche 12
Polyarthra 243
 Polychaeten 7, 209
Polyedriopsis spinulosa 337
 – *formosum* 373
 Polyphylum 74
Polytrichum commune 377
 Porifera 7, 115
Porphyra 266
Potamopyrgus 96
 Powell 208
 Präkambrium 266
 Pringsheim 219
 Prokaryoten 74
 Proloculus 357
Prorodon 96
 Prosoma 17
 Protargolverfahren 70
 Protisten, amöboide, plasmodiale
 305
 Protroch 10
 Protoctista 82
 Protonenphridium 10
Protoperidinium 51
 Protostomier 10
 Protozoen-fangende Pflanzen 71
 Proventriculus 244
Pseudaphelidium drebesii 310
Pseudo-nitzschia 123, 182
Pseudomonas aeruginosa 109
 Pseudopodiennetz 298
 Pseudoskorpion 15
Pseudospora 306
Pseudovorticella fasciculata 85
Pulex iritans 135
 Quarz 203
Quinqueloculina 355
 Rädertiere 164, 228, 243, 275, 304
 Radiolarien 32, 151, 174, 203
 Randdoppelbrechung 112
 Rapschönig 302
 Rattenfloh 240
 Raubmilben 193
 Raumbildmikroskopie 102
 Rayleigh-Streuung 283
 Rechtschreibreform 176
 Redi 134
 Reibungswiderstand 158
 Reichert 208
 Reis 92, 213
 Restbruch 279
Reticulomyxa filosa 39, 69
 Retortamonada 76
 Reynoldszahl 158, 234
 Rhabdomere 112
Rhizophyidium sphaerocystidis
 185
 Rhizopoden 51
Rhizosolenia delicatula 123
 – *shrubslei* 121
Rhodomonas 152
Rhynchopus coscinodiscivorus
 117
 Rimorportula 123
 Rindenläuse 21
 Rinderpest 241
 Rindfleisch 92
 Ringelwurm 10, 209
 Rippenquallen 209
 Roßkastanie 291
 Rotalgen 151, 266
Rotalia veneta 33
 Rotaliida 356
Rotaria rotaria 275
 Rotatorien (= Rädertiere) 164,
 228, 243, 275, 304
 Royal Society 129
 rRNA 75
 Rückenpanzer 139
 Ruttnerschöpfer 104
 Salbenstäbchen 278
Salix herbacea 193
 Salpen 209
 Sammellinsen 267
 Sand 365
Saprolegnia 247
 Sarcodina 82
 Sauerstoff 65
 Sauerstoffbestimmung 104
 Sauerstoffkolorimeter 104
 Sauerstoffsättigung 93
 Sauerstoffsonde 104
 Saugrüssel 51, 344
Scenedesmus 185
 Schachtelhalme 203
 Schamkrabbe 139
 Schaumstoffpatronen 66
 Schenkel 17

- Schiene 17
 Schilf 204
 Schimmelpilze 132
 Schlammpeitzger 34
 Schlangensterne 11
 Schleimhülle 42
 Schleimpilze 307
 Schlierenmethode 283
 Schmeißfliege 22, 134
 Schnecken-Veliger 11
 Schneeglöckchen 295
 Schneekristalle 131
 Schneidenverfahren 283
 Schnupfenkristalle 98
 Schokoladenprüfung 369
 Schöllkraut 295
 Schußgeißel 181
 Schüler experimentieren 237
 Schwächeparasiten 117
 Schwammzellen 266
 Schwärmer 169
 Schwebeformel 159
 Schwestergruppe 75, 82
 Schwimmbewegung 292
 Schwimmgeschwindigkeit 273
 Scopula 90
 Scyphozoen 7
 Seeigel 11
 Seescheide 212
 Seliqe 208
 Sherlock Holmes 148
 Sideroxylonale 326
 Silberfisch 135
 Silberlinienfärbung 70
 Silicoflagellaten 203
 Silikatnadel 266
 Sinkgeschwindigkeiten 157
 Sinkversuche 233
 Siphonophoren 7, 210
 Smith & Beck 208
Sorastrum bidentatum 338
 – *bengalicum* 338
Soropediastrum kerguelense 337
 – *rotundum* 338
Sphagnum 335
 Spaltblendenkondensator 285
 Spaltöffnungen 3, 205, 367
 Spasmoneme 89
 Spermatophore 21
 Speziation 74
Sphaerocystis schroederi 185
 Spindrüsen 17
 Spinnen 21, 131
 Spiralfedern 137
Spirogyra 179, 185, 305
Spirostomum 96
Spondylosium lundelii 346
 Sporangiensorus 310
 Springschwanz 21, 194
 SSU-rRNA 75
- Staatsquallen 209
 Stahl 279
 Staubregen 366
Staurastrum 163, 252, 339
 Steiggeschwindigkeit 165
Stentor 96
 – *amethystinus* 289
 – *fuliginosus* 289
 – *niger* 289
Stephanodiscus binderanus 162
 Stereomikroskop 101
 Stigma 217
 Stokes'sches Gesetz 159
 Stramenopilaten 121, 151, 247
 Strandkrabbe 57
Streptotheca thamesis 51
Strombilidium 96
Strombomonas verrucosa 339
 Strudelwurm 228, 304
 Stubenfliege 15
 Stutzkäfer 22
Stylonychia 35, 96
 Suktorien 32, 169
 Sukzessionsanalyse 91
 Synapomorphie 82
Synedra 163
Synura 203
 Systematik 73
- Tabellaria* 179
 Tanaiden 209
 Tarsus 17
 Taschenuhren 137
 Taubnessel 295
 Taxonomie 73
 Telekonverter 24
 Teleskop 131
Testudinella 96
 Tetanus 241
Tetraedron regulare 340
Tetrahymena 96
 Tetramastigota 76, 150
 Textulariina 354
Thalassiosira punctigera 310
 Thaliacea 212
 Thekamöben 179
Thekamöbe quadrilineata 109
 – *similis* 109
 Thorakopodien 233
Tokophrya 96
 Tolles 208
 Ton 365
 Tornaria 7
Trachelomonas 322
 – *superba* 340
 Trachymedusen 209
 Trajektorie 273
 Transversalflagellum 292
Trichotria tetractis 275
 Trochanter 17
- Trochophora 7
 Trompetentier 289
 Trophonten 306
 Trophosom 121
 Trypanosomen 34
 Tuberkulose 240
 Tundra 288
 Tunicata 212
 Turbellarien 7, 209
- Umströmung 161
 Umweltanalytik 103
Urocentrum 96
Uronychia transfuga 35
Urosoma 96
Urostyla 96
 – *grandis* 69
 – *viridis* 273
 Ursprung des Lebens 38
 Urzeugungslehre 134
 Utrechter Linse 46, 200
Utricularia 71
- Vakuole, kontraktile 322
Vampyrella lateritia 305
 van Cittert 43
 van Zuylen 45
 Vannellen 109
Vasicola ciliata 321
 – *picta* 323
 Vegetarier 312
 Veilchen 3, 295
 Veliger 7, 11
 Veraschung 203
 Verkieselung 267
 Verkolje 179
 Versteinerung 280
 Vertikalwanderungen 165
Victorina multiformis 305
 Video-Adapter 360
 Videokamera 22, 273
 Vielborster 209
Viola 295
 Vogel 22
 Voltmetrie 105
Volvox 327
Vorticella 96, 113, 179
 – *chlorostigma* 85
 – *nebulifera* 36
 Vulkanasche 366
- Wachtelweizen 295
 Walblütenhonig 301
 Wald-Haarmützenmoos 373
 Wald-Weidenröschen 341
 Walnuß 92
 Wandernymphen 20
 Wanderratten 240
 Warenprüfung 369
 Wasserflöhe 161, 164

- Wasserhärte 65
Wasserimmersionsobjektiv 26
Wassernetz 115
Wasserschlauch 71
Watson 148
Weide 193
Weidenröschen 341
Weihwasserbecken 217
Weizen 92
Welse 67
Wentelteeffe 177
Whittaker 149
Widertonmoos 373
Wilson 208
- Winterschachtelhalm 205
Witwenblume 295
Würmer 302
- Xanthidium fasciculatum* 348
Xenopsylla cheopsis 240
- Yersin 239
Yersina pestis 242
- Zaponlack 277
Zebramuschel 57
Zell-Zell Interaktionen 41
Zellfossilien 266
- Zellsteine 206
Zellwände, verkieselte 203, 267
Zentriolen 79
Zieralgen 164, 179, 252, 346
Zinnkraut 203
Zoea-Larve 9
Zoochlorellen 27, 85, 151, 289
Zoosporangium 182
Zoosporen 181, 248
Zoothamnium 96
Zooxanthellen 151
Zwerg-Weide 193
Zwiebelhaut 2
Zygnematophyceae 339

Entomologische Blätter

ISSN 0013-8835

Gegründet 1905
als „Organ des Entomologischen Vereins
in Schwabach“



Bezugshinweise 1999 (Band 95)

1 Band mit 3 Heften
Bandpreis DM 98,00*
Einzelheftpreis DM 40,00*

Alle Preise zzgl. Versandkosten
*Unverbindlich empfohlene Preise
Preisänderungen vorbehalten

Abo-Bestellungen, Anfragen und Wünsche nach
kostenlosen Probeheften richten Sie bitte an
die Auslieferung des Urban & Fischer Verlages:

SFG-Servicecenter Fachverlage
Zeitschriftenvertrieb
Villengang 2, D-07745 Jena

- Fax: 03641/62 64 43
- Tel.: 03641/62 64 44
- E-mail: kernst@s-f-g.com

Wir sind online! Besuchen Sie uns:
<http://www.urbanfischer.de/journals/entomobi>

für Biologie und Systematik der Käfer

Herausgegeben in Zusammenarbeit mit dem
Naturhistorischen Verein der Rheinlande und Westfalens

Schriftleiter

Prof. Dr. Bernhard Klausnitzer, Dresden, Deutschland

Charakteristik

Die Entomologischen Blätter sind eine der ältesten entomologischen Zeitschriften der Welt und auf die Behandlung der Coleoptera (Käfer) spezialisiert. Sie erscheinen jetzt im 95. Jahrgang. Diese große Tradition hat hervorragende, international bekannte Autoren in Vergangenheit und Gegenwart bewogen, diese Zeitschrift als Publikationsorgan zu nutzen. Das Spektrum der Veröffentlichungen umfaßt taxonomisch-systematische Arbeiten über die Coleopterenfauna der ganzen Welt; darüber hinaus gibt es Beiträge, die vorwiegend biologischen und ökologischen Fragen gewidmet sind. Die Entomologischen Blätter gehören zu den bekanntesten einschlägigen Publikationsorganen und bestimmen gemeinsam mit zwei anderen koleopterologischen Zeitschriften des Auslandes das internationale Niveau.

Interessenten

Entomologen, Ökologen, Zoologen, Faunisten

Abstracted/Indexed in

Biol. Abstracts, Entomol. Abstracts, Rev. Appl. Entomol., Zoo. Rec., Ecol. Abstr., ECODISC (CD-ROM), GEOBASE

URBAN & FISCHER

Über Baumaterial und Strukturen der Foraminiferen-Wände

Andreas Braun

Die winzigen und vielgestaltigen Skelette der Foraminiferen („Lochkammerlinge“) bieten dem Mikroskopiker nicht nur unter dem Binokular ein reiches Betätigungs- und Beobachtungsfeld. Die Anfertigung von Schliffpräparaten und deren mikroskopische Untersuchung enthüllt vielfältige, oft in ihrer Entstehung und Verbreitung noch ungeklärte Detailstrukturen.

Foraminiferen sind heterotrophe Protisten, die ein schalenartiges Skelett von großer Materialvielfalt und Formenmannigfaltigkeit abscheiden. Aufgrund ihrer meist geringen Größe (um 1–2 mm) sind sie nur mit Lupe, Binokular oder Mikroskop näher untersuchbar. Mit bloßem Auge kann man nur die Riesen unter ihnen erkennen, die Großforaminiferen, die mit Durchmessern bis über 15 cm die größten bekannten Einzeller stellen.

Biologisch haben Foraminiferen besonderes Interesse geweckt wegen ihrer oft komplizierten und vielgestaltigen Vermehrungsstrategien. In den letzten Jahren sind sie zudem im Zuge verstärkter Forschung zur Biomineralisation wegen ihrer zahlreichen Möglichkeiten der Abscheidung der Hartteile ins Zentrum des Interesses gerückt.

Als Fossilien sind Foraminiferen seit langem eine in der Mikropaläontologie besonders wichtige Gruppe, weil sie sich mitunter sehr gut zur Altersbestimmung fossilführender Gesteine eignen und zudem oft sehr häufig sind. Sammeln und Auswerten dieser meist form-schönen Gebilde beschäftigt und fasziniert aber darüberhinaus auch viele Fossilien-sammler und Mikroskopiker. Zu Recht wird gerade angesichts vielfach abgesammelter Fossilienfundstellen darauf hingewiesen, dass dem Sammler von Klein- oder Mikrofossilien analog der Situation bei den Kleinmineralien weit-aus reichere und weniger versiegbare Quellen für Sammlungsmaterial zur Verfügung stehen.

Die mikroskopische Technik bei Foraminiferen

Der Reichhaltigkeit der Formen kann man sich nach erfolgreicher Herauslösung aus dem Ge-

steinsverband bereits unter dem Binokular erfreuen. Das Mikroskop ist hierzu ohne speziellere Präparation und Ausrüstung weniger gut geeignet. Die meisten Skelette der Foraminiferen, ob sie nun aus Sandkörnern oder aus Kalk bestehen, sind als mineralische Produkte weder mit Quetschpräparaten, noch mit Freihand- oder Mikrotomschnitten für die mikroskopische Untersuchung herzurichten. Hierzu sind Dünnschliffe nötig, deren Herstellung angesichts der geringen Größe der Einzelobjekte Erfahrung und Fingerspitzengefühl erfordert. Die Methode zur Herstellung orientierter Einzelschliffe kleiner Objekte ist in vielen Lehrbüchern der Mikropaläontologie (z. B. Pokorny, 1958; Vangerow, 1981) beschrieben. Gut anzuwendende Präparationshinweise auf diesem und anderen Gebieten der Präparationstechnik gibt zudem das erst kürzlich erschienene Werk von Wissing und Herrig (1999). Als schmelzbares Einbett- und Fixierungsmedium diene „Lakeside“ (Lakeside Zement, Fa. Struers GmbH, Linsellstr. 142, 47877 Willich), als Heizplatte genügt ein umgedrehtes Reisebügeleisen. Geschliffen wurde auf wasserfestem Schleifpapier (Körnung 800) und eingedeckelt mit Caedax oder Kanada-balsam (der Schliff wird hierdurch im Verlauf einiger Tage noch etwas aufgehell).

Versuchen Sie, möglichst dünn zu schleifen (25 Mikrometer oder dünner, bei Verwendung von viel Wasser und sehr wenig Druck). Je dünner der Schliff, desto wertvoller, weil detailreicher, das Präparat. Allerdings steigt die Gefahr, nach halbstündiger Arbeit mit nicht mehr als einem angeschliffenen Objektträger dazustehen, in diesem Dickenbereich rasch an. In jedem Fall sollte man vor dem Eindeckeln Transparenz

und Detailreichtum unter dem Mikroskop, möglichst im polarisierten Licht, prüfen. Natürlich ist die Technik auch für andere kleine, mineralische Gebilde gut zu gebrauchen (Kleinminerale, Gesteinssplitter, andere Mikrofossilien).

Agglutinierende Foraminiferen (*Textulariina*)

Vielfach werden in unseren Proben Foraminiferen vorhanden sein, die nur mit Schwierigkeiten als solche zu erkennen sind. Sie sehen mitunter aus wie Aggregate zusammengebackener Sandkörner, vor allem, wenn es sich um Formen handelt, die sehr grobes Material zum Wandbau verwenden. Andere sind deutlicher in Form und Kammerung zu erkennen, bauen sie doch mit sehr viel feinerem Material, das ihnen eine bessere Formgebung ermöglicht. Immer ist bei solchen sandschaligen Foraminiferen zu erkennen, dass ihnen der Glanz und die Durchsichtigkeit ihrer Kalkabscheidenden Verwandten abgeht. Dafür ist ihr körniger Aufbau meist bereits unter dem Binokular deutlich zu erkennen. Schliffe von solchen Foraminiferen-Wänden sind für Untersuchungen unter dem Polarisationsmikroskop besonders geeignet. Stets kann man dann deutlich die meist vorhandenen Quarzkörner mit grauen Interferenzfarben von einem Zement unterscheiden, der, wenn er karbonatisch ist, deutlich buntere Interferenzfarben zeigt.

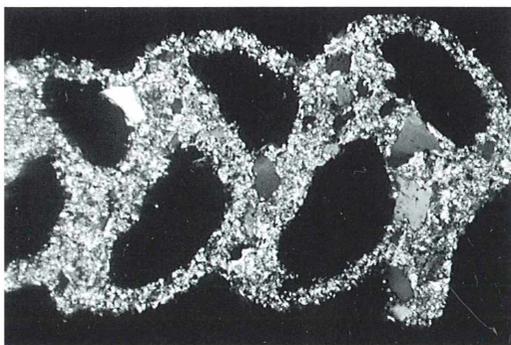


Abb. 1: Dünnschliff einer *Textularia*-Art. Die Wände zwischen den Kammern (schwarz) bestehen aus agglutiniertem Material (Quarzkörner, grau), das von karbonatischem Zement (mit leuchtenden Interferenzfarben) verbacken wird. Gekreuzte Polfilter. Vergr.: 60 \times .

Nach der Ausbildung einer rein aus organischer Substanz bestehenden Hülle bei den primitivsten Foraminiferen war es stammesgeschichtlich der nächste Schritt, Fremdkörper anzulagern und durch einen Zement miteinander zu verkitten. Diese Agglutination genannte Bauweise bei Foraminiferen ist paläontologisch am ältesten belegbar. Die Fremdkörper sind, wie eingangs erwähnt, meist Quarzkörner unterschiedlicher Größen. Abhängig vom lokalen Angebot kann aber auch eine Vielzahl anderer Minerale und auch Hartteile anderer Kleinorganismen (Diatomeenschalen, Schwammnadeln etc.) verwendet werden. Die Fremdkörper werden mit Hilfe der Pseudopodien gesammelt, in Richtung Zellmembran transportiert und dort mit einem organischen Zement aus Kohlehydraten und Proteinen, zu dem oft auch Kalk treten kann, verbacken. Über die Vorgänge beim Einsammeln, über die Bildung des Zements und darüber, wie die Fremdkörper in die Wand eingebaut und dort ausgerichtet werden, ist erst wenig bekannt. Sicher ist, dass einerseits die Auswahl der Fremdkörper eine starke Anlehnung an die Zusammensetzung des Substrates zeigt, auf dem die Foraminiferen leben. Andererseits sind ebenso sicher verschiedene Foraminiferen-Arten auf gleichem Substrat in der Lage, eine aktive Auswahl nach Größen und Substanzen zu treffen. Wie sie geeignete Dinge erkennen und von ungeeigneten unterscheiden können, bleibt vorerst unklar.

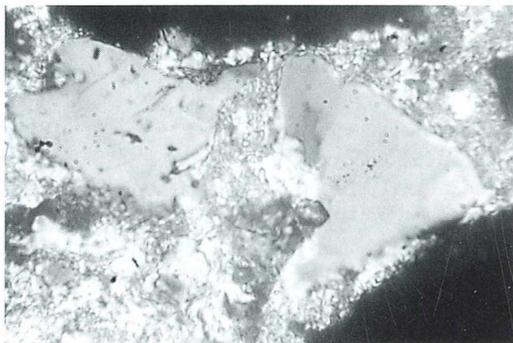


Abb. 2: Detail der Wand in Abbildung 1 mit eckigen Quarzkörnern in karbonatischem Zement. Gekreuzte Polfilter. Vergr.: 300 \times .

Kalkig-mikrogranulare Wandtypen

Wände, die aus zahlreichen winzigen Kalk-Körnern oder -Kristallen bestehen, kennt man von den paläozoischen Fusuliniden und von den porzellanschalen Milioliden. Es sind grundsätzlich zwei Grundtypen ihrer Entstehung denkbar: Zum einen können kalkig-mikrogranulare Schalen dadurch entstehen, dass Kalkkörnchen aus einem kalkigen Substrat aufgenommen und miteinander verbacken werden. Dieser Grundtypus entspricht dem der agglutinierenden Foraminiferen, nur dass statt der normalerweise eingebauten Quarz-Körner nun kleine Kalkpartikel als Fremdkörper dienen. Es gibt solche kalkigen Agglutinantia und es ist bekannt, dass sie sowohl kleine kalkige Körnchen aus dem Substrat als auch biogene kalkige Partikel (z. B. Coccolithenschuppen) einbauen. Wie weit solche Formen rezent und fossil verbreitet sind, ist nicht sicher, zumal der Nachweis kalkiger Fremdkörper-Komponenten in Foraminiferen-Wänden und deren Unterscheidung von chemisch/biologisch ausgefallten Kristallen schwer ist.

Sicher weiter verbreitet ist der zweite Entstehungs-Typus, nämlich der der chemischen Abscheidung des feinkörnigen Baumaterials als winzige Kristalle. Formen, bei denen der mikrogranulare Kalk chemisch abgeschieden wird, sind ziemlich sicher aus agglutinierenden Formen hervorgegangen, bei denen dann kein

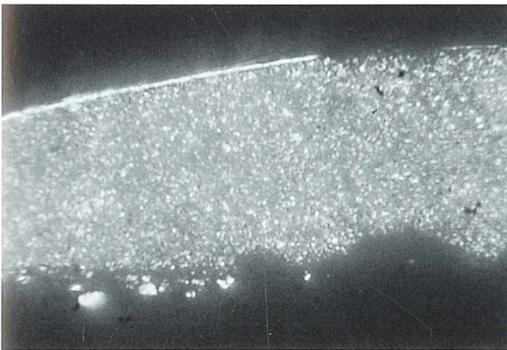


Abb. 3: Kalkig-mikrogranulare Wand einer milioliden Foraminifere (*Quinqueloculina* sp.). Die winzigen Kalzit-Kristalle sind in der dicken Haupt-Wandlage zu erkennen, die Oberfläche (rechts im Bild) wird von einer zweiten, dünner stärker doppelbrechenden Lage bedeckt. Gekreuzte Polfilter. Vergr.: 300 \times .

Einbau von Fremdkörpern mehr stattfand, sondern nur noch kalkiger Zement gebildet wurde.

Porzellanschalige Foraminiferen (Milioliden)

Angehörige dieser Gruppe fallen in Proben unter dem Binokular dadurch auf, dass sie meist blendendweiße Schalen mit einer Oberfläche besitzen, die an unglasiertes Porzellan erinnert (Name!). Man muß schon sehr dünn schleifen, um die charakteristische Wandstruktur einigermaßen klar unter dem Mikroskop erkennen zu können.

Die Wand besteht aus sehr vielen, über- und nebeneinanderliegenden Kalzit-Kristallen, die Größen von 0,1 bis maximal 2 Mikrometer aufweisen. Solange der Schliff noch so dick ist, dass mehrere Kristall-Lagen übereinander liegen, bleibt er undurchsichtig. Das liegt daran, dass in den Kristallen die optischen Achsen sehr unregelmäßig angeordnet sind. Sie kreuzen sich bei übereinander liegenden Kristallschichten in der Regel viele Male und verschlucken so das Licht wie zwei winzige gekreuzte Polarisatoren eines Polarisationsmikroskops. Vermutlich ist es diese Eigenschaft, die für den Erfolg dieser Schalenstruktur gesorgt hat. Die Milioliden leben nämlich bevorzugt in sehr flachem Wasser und benötigen die Lichtundurchlässigkeit ihrer Wand zur Abschirmung gegen die schädigende UV-Strahlung. Die Abscheidung der winzigen Kristalle

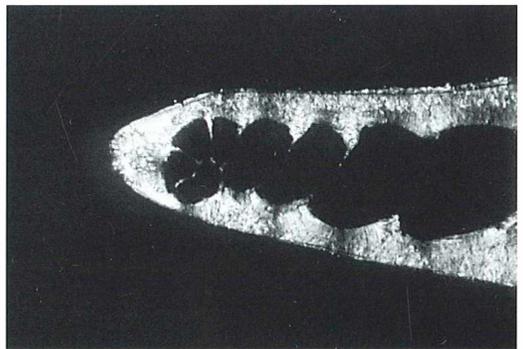


Abb. 4: Längsschliff durch eine *Nodosaria*-Art. Übersicht. Die (in den ersten Wachstumsphasen trochospirale) Anordnung der Kammern (dunkel) ist deutlich zu erkennen. Polfilter gekreuzt. Vergr. 22 \times .

erfolgt nicht am Ort, sondern in Vesikeln im Zellinneren. Von hier aus werden sie dann nach außen zur Wand transportiert und, noch von einer Membran umgeben, der Wand eingefügt. Die organische Substanz zwischen den Kristallen ist die Ursache dafür, dass die Wände lebender oder frisch toter Exemplare gelblich gefärbt sind. Erst, wenn es zu einer Zersetzung dieser organischen Komponente kommt, werden die Schalen weiß.

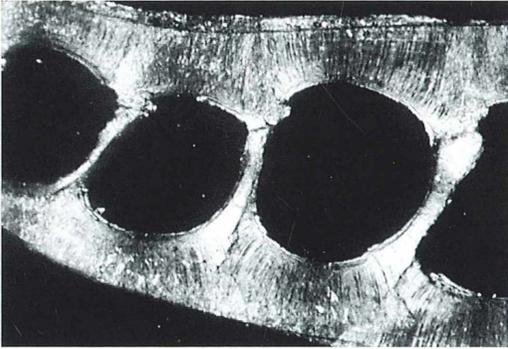


Abb. 5: *Nodosaria*, Längsschliff, stärkere Vergrößerung, gekreuzte Polfilter. Zu erkennen ist die radiale Ausrichtung der Kristalle in der Wand und die ungleiche Verteilung der Poren, die vornehmlich (dunklere Bereiche) durch die Außenwände des Gehäuses, kaum jedoch durch die Kammerscheidewände (Septen) ziehen. Vergr.: 60 \times .

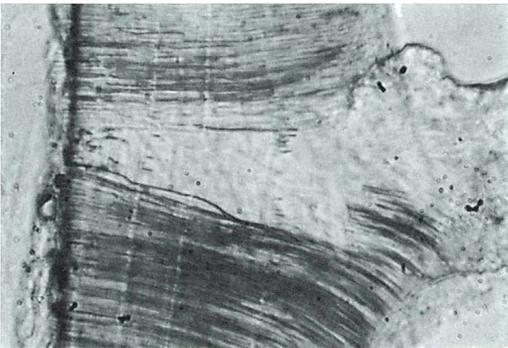


Abb. 6: Detail einer *Nodosaria*-Wand im Durchlicht-Hellfeld. Die dichtstehenden Poren durchziehen nur die Außenwand, das in der Mitte eingesetzte Septum bleibt frei von Poren. Vergr.: 300 \times .

Das Bild der Feintextur solcher Wände scheint sich in jüngerer Zeit zu wandeln: Während in den Strichzeichnungen der Lehrbücher üblicherweise pflasterartig angeordnete, isodiametrische Kristalle gezeigt werden, spricht die neuere Literatur von einem wirren, oft durch organische Substanz verfilzten Maschenwerk aus Kalzit-Nädelchen, die in zwei bis drei unterscheidbaren Lagen sehr unterschiedlicher Dicke angeordnet sind.

Die ausgestorbenen Fusuliniden sind die zweite Foraminiferen-Gruppe, deren Schalen mikrogranulare, kalkige Zusammensetzung haben. Fusuliniden sind wichtig im jüngeren Erdaltertum (Karbon, Perm), wo sie mitunter ganze Gesteine aufbauen. Großformen unter ihnen erreichen bis über 1 cm Größe. Meist sind sie nur in recht harten, verfestigten Kalk-Gesteinen zu finden und müssen mit dem umgebenden Gestein zusammen geschliffen werden. In solchen Präparaten sind sie dann in zufälliger Lage angeschnitten. Isolierte Einzelexemplare, von denen man orientierte Schriffe anfertigen kann, sind nur in weicheren Zwischenlagen oder in verwitterten Partien zu finden.

Neben meist kleinen, einfach mikrogranularen Formen existieren größere mit mehrschichtigen Wänden und komplizierten, oft wabenartig gebauten Mikro-Architekturen, deren Feinheiten und Unterschiede Grundlage der Klassifikation und somit einer exakten Bestimmung sind. Wir erkennen im Mikroskop aufgrund der Umbildungen während der Gesteinsbildung meist nur winzige, gleichkörnige Kristalle als mikroskopische Wandkomponenten. Gut erhaltenes Material hat aber gezeigt, dass Fusuliniden primär offenbar hochspezifische Kristall-Morphologien besaßen, was auch bei ihnen gegen eine Agglutination und für eine durch biologische Strukturen vorgegebene Kristallisation spricht.

Kalkig-hyalinschalige Foraminiferen (*Rotaliida*)

Horizontale oder vertikale Schriffe durch Gehäuse rotaliider Foraminiferen sind in mehrfacher Hinsicht sehr lohnend, unabhängig davon, ob es sich um am Strand gesammeltes rezentes Material oder um Mikrofossilien handelt. Meist kann man in solchen Präparaten bereits bei niedrigen Vergrößerungen deutlich die Kammerung und den Septenbau, so-

wie, die richtige Schnittlage vorausgesetzt, die Embryonalkammer (Proloculus) erkennen. Oft lässt sich zudem nur in solchen Schliffpräparaten die wirkliche Kammeranordnung in einem Foraminiferen-Gehäuse klären, die von außen nicht immer zweifelsfrei zu erkennen ist (so zeigt zum Beispiel der Schliff durch eine *Nodosaria*, dass die Gehäuse mit ihren uniseriellen, perlschnurartig angeordneten Kammern im frühen Stadium trochospiral gebaut sind). Höhere Vergrößerungen und eine Polarisations-Einrichtung zeigen dann die vielen Details und Besonderheiten im Schalenbau dieser sehr hochentwickelten Foraminiferen-Gruppe. Vertreter der Rotaliida sind im Durchlicht und seitlichen Aufricht oft glasartig durchsichtig, daher wird die Gruppe auch mit dem Begriff hyalinschalig gekennzeichnet (v. gr. *hyalos* = Glas). Die Kristallabmessungen und -anordnungen sind unterschiedlich, stets bestehen die Wände jedoch nur aus wenigen, größeren Kristallen, was die im Vergleich zu den mikrogranularen Typen größere Transparenz bedingt. Vielfach zeigen die Kristalle innerhalb der Wand auch eine einheitliche kristallographische Orientierung, wobei die c-Achse senkrecht zur Wand verläuft. Solche radialen Wandbautypen zeigen unter dem Polarisationsmikroskop oft die typischen optischen Er-

scheinungen einheitlich orientierter faseriger Strukturen.

Im Gegensatz zu den Milioliden erfolgt bei den Rotaliiden die Abscheidung der Kristalle direkt am Ort auf einer vorgegebenen membranösen Grundlage (einer Matrix), die zunächst die Form, kristallographische Orientierung und die Größe der sich bildenden Kristalle vorgibt. Etwas weiter entfernt von dieser Basis mit einer relativ großen Ordnung der Kristalle, erfolgt das weitere Wachstum dann frei neben- und gegeneinander. Abgrenzende Membranen zwischen den Kristallen sind hier, also innerhalb der Wand, nicht mehr vorhanden. Die Folge ist ein unregelmäßiges ausgreifendes Wachstum mit oft verzahnten Kristallgrenzen, Verwachsungen und oft auch die Verdrängung und Auflösung kleinerer Kristalle zugunsten der größeren. Nur die kristallographische Orientierung wird, einmal durch die organische Unterlage vorgegeben, bei allem freien Kristallisationswettbewerb beibehalten.

Oft zeigen Schliffe durch rotaliide Foraminiferen mehrere, deutlich gegeneinander abgegrenzte Lagen innerhalb relativ dicker Wände. Dies liegt daran, dass bei Bildung einer neuen Kammer organische Matrix und Mineral oft auf der gesamten Oberfläche des Gehäuses angelagert wird. Ältere Gehäuseteile werden dadurch immer dickwandiger und bekommen viellagige, multilamelläre Wände. Zwischen jeder lamellären Einheit einer solchen Wand befindet sich also bei rezenten Exemplaren eine

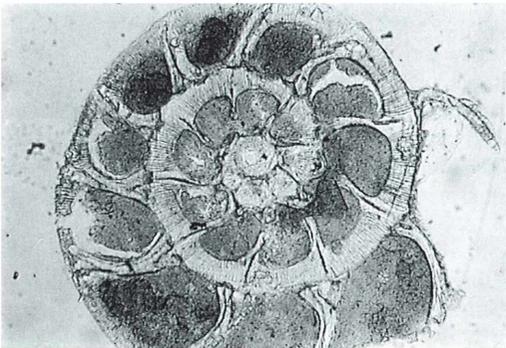


Abb. 7: Äquatorialschliff durch eine rotaliide Foraminifere. Übersicht, Durchlicht-Hellfeld. Wieder ist nur die Außenwand (resp. die innenliegenden früheren Außenwände) dichtstehend von Poren durchzogen, nicht aber die Septen. Im Gegensatz zu *Nodosaria* werden bei diesen hochentwickelten Formen die Septen jedoch der Länge nach von Ausläufern des komplizierten Kanalsystems durchzogen (dunkle, breitere Linien). Vergr.: 60 \times .

Abb. 8: Detail aus Abbildung 7. Zwei reich von Poren durchzogene Außenwände und eine Kammercheidwand (Septum), die keine Poren, dafür aber längsverlaufende Kanäle aufweist. Vergr.: 300 \times .

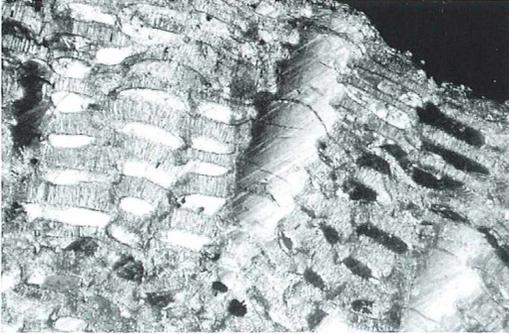


Abb. 9: Radial verlaufender Schliff durch die randlichen Kammern einer orbitoiden Großforaminifere (Kreide), Übersicht, gekreuzte Polfilter. Die Kammerbereiche mit reich perforierten Wänden werden von massiven pfeilerartigen Gebilden stabilisiert und gestützt. Vergr.: 300 \times .

organische Membran, auf der die Kristallisation der nächsten Schicht stattfand.

Besonders erwähnenswert sind die Perforationen der Wände in vielen unserer Rotaliiden-Schliffpräparate. Sie kommen entweder als die Wand gerade und direkt durchsetzende Poren, oder als verzweigte, innerhalb der Wände kompliziert verlaufende Kanäle des Kanalsystems vor, und sollen im Folgenden noch näher erläutert werden.

Poren

Typisch und in manchen Wandbereichen rotaliider Foraminiferen geradezu massenhaft auftretend, sind die Wandporen in ihrer eigentlichen Funktion noch nicht geklärt. Sie durchlaufen die Wand meist gerade und unverzweigt, jedoch kommen vor allem an interlamellaren Grenzen auch Verzweigungen und Unterbrechungen des Verlaufs vor. Die Poren sind innen von einer organischen Membran ausgekleidet und durch plasmatische und membranöse Bildungen erfüllt und unterteilt. Sie stellen daher nicht, wie zunächst als naheliegend angenommen, freie Kanäle dar und es ist unwahrscheinlich, dass durch sie zum Beispiel plasmatische Pseudopodien nach außen verlaufen. Die Poren sind in der Gehäusewand unregelmäßig verteilt, sie finden sich sehr häufig an den Seitenwänden und weniger oder gar

nicht an Septal- und Aperturflächen. Trotz der immer wieder geäußerten Vermutung, Poren seien ein wichtiges Kommunikationssystem zwischen dem Cytoplasma und der Außenwelt (alleine die Porenverteilung in der Schale weist schon darauf hin), ist noch nicht geklärt, welcher Art dieses Kommunikationssystem ist und wie es funktioniert.

Kanalsystem

Das Kanalsystem mit seinen oft kompliziert verzweigten Kanälen ist nur bei einem Teil der rotaliiden Foraminiferen zu finden. Die Kanäle, in der Außenwand oft nur schwer von den Poren zu unterscheiden, verlaufen meist gut sichtbar in den Septen zwischen den Kammern parallel zu deren Oberfläche in Richtung Außenseite. Im Grunde finden wir, in der Literatur nach den Funktionen des Kanalsystems suchend, vieles von dem, was wir eigentlich den Wandporen zugeschrieben hätten (die natürlich im Schliff nichts mehr von ihrer komplexen Verfüllung erkennen lassen). Das Kanalsystem erlaubt den Durchtritt plasmatischer Strukturen (Pseudopodien, Plasma bei der Bildung extrazellulärer plasmatischer Lagen). Während der geschlechtlichen Reproduktionsphase werden die Kanäle zum Ausschleusen der Gameten, während der ungeschlechtlichen Vielteilung zum Durchtritt von Protoplasma und Symbionten genutzt. Auch Abfallstoffe werden durch sie beseitigt.

In vielerlei Beziehung wirkt das Kanalsystem vielleicht als Ersatz für Mündungsöffnungen und Septalhäuse (= frühere Mündungen), die meist bei den Foraminiferen mit Kanalsystem stark eingengt oder verschlossen sind.

Zur Bedeutung der Wandstruktur-Untersuchungen bei Foraminiferen

Die Wände der Foraminiferen-Schalen zeigen eine große Vielfalt in Struktur, chemischem Aufbau und in den biologischen Vorgängen, die zu ihrer Abscheidung führen. Sie demonstrieren zunächst, wie vielfältig innerhalb einer Tiergruppe Biomineralisationsprodukte alleine oder in Kombination mit Fremdkörpern abgeschieden und arrangiert werden können. Eben das macht sie zu einer vielversprechenden Gruppe für Wissenschaftler, die sich mit der

Abscheidung mineralischer Substanzen in Schalen und Skeletten bei Organismen (der Biomineralisation) überhaupt befassen. Ihre strukturelle Verschiedenheit dient zudem zur Unterscheidung der systematischen Großgruppen innerhalb der Foraminiferen (siehe die Überschriften der einzelnen Kapitel), wobei die stammesgeschichtliche Entstehung und Veränderung über lange erdgeschichtliche Zeiträume verfolgt werden kann. Die Regel, dass Wandbau-Typen kennzeichnend für systematische Gruppierungen innerhalb der Foraminiferen sind, kennt allerdings auch Ausnahmen: So können Formen durchaus nahe miteinander verwandt sein, auch wenn sie unterschiedliche Wandbautypen aufweisen.

Schließlich ist die Kenntnis der mikroskopischen Details der Hartteile für zahlreiche Rückschlüsse auf Umwelt und Fossilisation von Bedeutung. Die Größe und Anordnung der Kristalle, die beim Wandbau benutzten Substanzen und die eingebauten Elemente und Isotope zeigen oft deutliche Abhängigkeiten zu Faktoren wie Temperatur und Salzgehalt des Wassers, Durchlichtung oder Vorhandensein symbiontischer Algen. Nach dem Absterben der Zelle sind Chemismus und Feinstruktur einer Wand oft entscheidend dafür, wie gut die Erhaltungschancen sind und zu welchen Veränderungen es während der Fossilisation und der Gesteinsbildung (Diagenese) kommt.

So ist also nicht nur der unter dem Binokular sichtbare Überblick über das Skelett (die Schale) wichtig und interessant. Auch die Untersuchung mikroskopischer Details der Hartteile ermöglicht wichtige Aussagen. Wem es nach zugegebenermaßen aufwendigeren Präparationsverfahren gelingt, in diese mikroskopischen Dimensionen vorzudringen, dem bieten sich faszinierende Einblicke in skelettale Feinstrukturen und angesichts der Fülle des fossilen und rezenten Untersuchungsmaterials auch wissenschaftlich gesehen noch Gelegen-

heiten zu neuen Beobachtungen. Die Vielfalt dessen, was man beobachten kann, konnte hier nur ausschnittsweise in Texten und Bildern gezeigt werden. Der Artikel ist als Anregung zu weiterer präparativer Arbeit und Lektüre zu verstehen. Bereits der Blick in die angeführte Übersichts-literatur wird zeigen, dass es noch mehr Möglichkeiten, Kombinationen und Sonderfälle gibt, die hier nicht erwähnt werden konnten. Und: Bei aller Bekanntheit der Strukturen sind wir von ihrer biologischen Erklärung oft noch weit entfernt. Die eigene Präparatesammlung bietet auf dem Weg zu eigener Einarbeitung und Auseinandersetzung die wichtige Möglichkeit lebendiger Anschauung von Strukturen, die man sonst bestenfalls von Strichzeichnung aus Lehrbüchern kennt. Oft läßt erst der Blick auf das eigene Präparat Fragen entstehen und weckt die Neugier nach weiterer Information. Dazu kommt die Gewissheit, eine nicht alltägliche, dauerhafte und eben oft auch wissenschaftlich interessante Dokumentation zu besitzen.

Literaturhinweise

- Bignot, G.: Elements of Micropaleontology. Graham & Trotman, London 1985.
- Lowenstam, H. A., Weiner, S.: On Biomineralization. Oxford University Press, New York/Oxford 1989.
- Nuglisch, K.: Foraminiferen. Neue Brehm-Bücherei. Wittenberg 1985.
- Pokorny, V.: Grundzüge der zoologischen Mikropaläontologie. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1958.
- Vangerow, E.-F.: Mikropaläontologie für jedermann. Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1981.
- Wissing, F.-N., Herrig, E.: Arbeitstechniken der Mikropaläontologie. Enke Verlag, Stuttgart 1999.

Verfasser: Dr. A. Braun,
Institut für Paläontologie,
Nußallee 8, D-53115 Bonn

Kurze Mitteilung

Rückhaltung von suspendierten Partikeln

Die Verunreinigung von Süßwasser-Pflanzen mit Radionukleiden folgt komplizierten Mechanismen. Die im Flusswasser suspendierten Partikel werden an den Pflanzenoberflächen durch Adhäsion festgehalten. Es handelt sich vor allem um im Wasser transportierte Bodenpartikel, die sich auf diese Weise im aquatischen Milieu anhäufen. Es zeigt sich, dass vor allem das Periphyton (der lebende Aufwuchs an den Oberflächen von untergetauchten Wasserpflanzen) die suspendierten Partikel durch Adhäsion festhält. Die Mengenbestimmung des Periphyton durch mikroskopische Beobachtung wird durch anhaftende Bodenteilchen verfälscht. Durch eine vergleichende Untersuchung des Elementes Scandium nach Neutronenaktivierung kann die Menge der Bodenteilchen, die sich an Pflanzenoberflächen absetzt, bestimmt werden. Scandium (Abkürzung Sc, seltenes Erdmetall, Atomgewicht 45,10; ähnelt

dem Thorium und Zirkonium) ist in allen Böden vorhanden und gilt als guter Tracer für feinkörnigen Lehm-Detritus von Süßwasser. Die Sc-Anhäufung an künstlichen Oberflächen (Abb.), z. B. Plastikfolien, ist daher ein gutes Maß für die Menge des Periphyton. Etwa 78% der suspendierenden Partikel, die sich an der Periphyton-Oberfläche angereichert haben, können anorganischen Teilchen (gemessen als Sc-Gehalt) zugeschrieben werden, während die übrigen 22% durch physiologische Prozesse aufgenommen und angehäuft worden sind.

Sansone, A., Belli, M., Riccardi, M., Alonzi, A., Jeran, Z., Radojko, J., Smodis, B., Montanari, M., Cavolo, F.: Adhesion of water-borne particulates on freshwater biota. *The Sciences of the Total Environment* 219, 21–28 (1998).

H. F. Linskens, Nijmegen

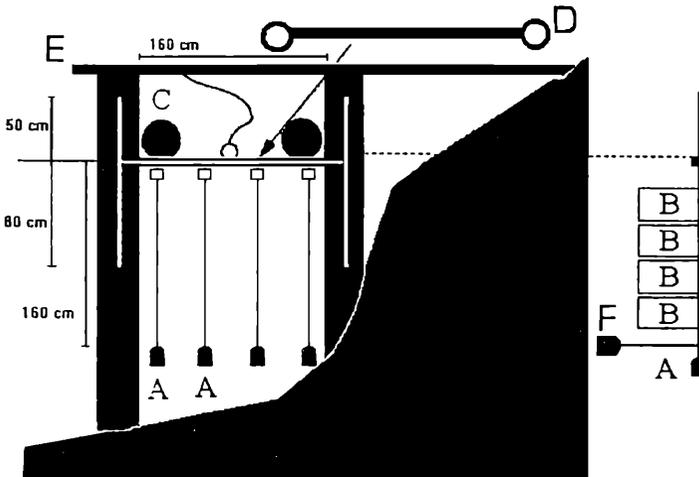


Abb. 1: Der Apparat zur Gewinnung von Periphyton-Proben in strömendem Wasser. Ein hölzernes Gestell (E) wird in Ufernähe verankert. Darin ist eine Stahlstange mit ringförmigen Ösen (D) angebracht, so dass diese sich in einem Schlitz mit wechselndem Wasserstand auf und ab bewegen kann. Dies wird durch eine Serie von luftgefüllten Bojen (C) geregelt. An der horizontalen Querstange (D) hängen 1,6 m lange Stangen, die jeweils durch ein Gewicht (A) nach unten in vertikaler Position gehalten werden.

den; sie werden durch eine Art Flosse aus Stahlblech (F) in Strömungsrichtung eingestellt. An den vertikalen Stangen werden A4-Plastikfolien (B) übereinander angebracht, welche durch die Flosse (F) stets parallel zur Strömungsrichtung orientiert werden. Als Folien dienen handelsübliche Overheadkopierfolien aus klarem 0,13 mm starkem thermostabilisiertem Polyäthylenterephthalat. Diese Polyesterfolie gilt als biologisch neutral und kann mit dem Hausmüll entsorgt werden. Auf den Folien kommt es zur Anheftung der suspendierten Partikel, so dass sie als Modell für den biologischen Anheftungsprozess dienen können (aus Sansone *et al.*, 1998, verändert).

Neue optische Adapter für die Video-Mikrografie

Gerhard Göke

Im MIKROKOSMOS-Heft 1/1999 wurde beschrieben, wie man mit recht einfachen mechanischen und optischen Adaptern eine Videokamera mit dem Mikroskop verbinden kann. In diesem Beitrag werden zwei neue, etwas aufwendigere optische Adapter vorgestellt, mit deren Hilfe die Schärfe des Monitorbildes und die des im Okular zu sehenden mikroskopischen Bildes genau aufeinander abgestimmt werden können. Dabei wird ein sehr großer Ausschnitt aus dem Sehfeld auf den Monitor übertragen.

Abbildung 1 zeigt einen monokularen Aufsatz mit Strahlenteiler, der direkt in die Ringschwalbenfassung des Stativarms eingesetzt werden kann. Er ist mit verschiedenen Ringschwalbendurchmessern erhältlich und dadurch für eine ganze Reihe von Mikroskopen geeignet. Sowohl in dem monokularen Beobachtungstubus als auch in dem geraden Videotubus steckt je ein Weitfeld-Okular 10× mit der Sehfeldzahl 18. Die Lage des vom Objektiv erzeugten reellen Zwischenbildes ist in beiden Tuben identisch. Im Videotubus befindet sich oberhalb des Okulars ein achromatisches Objektiv, das von außen fokussiert werden kann. Seine Eintrittspupille und die Austrittspupille des Okulars fallen zusammen. Das Videokameragehäuse mit C-Mount wird auf den Videotubus geschraubt. Das Objektiv oberhalb des Okulars überträgt einen recht großen Ausschnitt aus dessen Sehfeld in die Ebene des CCD-Chips der Videokamera. Von einem 1/2-Zoll CCD-Chip werden mindestens 60% der Fläche des runden mikroskopischen Bildes auf den rechteckigen Monitor übertragen. Das Bild im monokularen Beobachtungstubus und sein Ausschnitt auf dem Monitor sind gleichzeitig scharf. Für eventuell erforderliche Messungen kann das Okular im Videotubus auch eine Strichplatte (z. B. 10 mm/100 Teile) aufnehmen, die bei richtiger Fokussierung des darüber angebrachten Achromaten auf dem Monitor im mikroskopischen Bild scharf erscheint.

Anstelle des Videotubus kann auch ein Mikrozweischenstück mit oder ohne Großfeldlinse am geraden Tubus angebracht werden, das mit einem geeigneten KB-Spiegelreflexkamerage-

häuse verbunden ist und so die Mikrofotografie ermöglicht. Auch bei dieser Anordnung sind die Bilder im Sucher der Kamera und im Beobachtungstubus gleichzeitig scharf, wenn Weitfeld-Okulare von mindestens 10-facher Eigenvergrößerung verwendet werden.

Abbildung 2 zeigt einen ähnlichen Aufsatz für den bereits beschriebenen Vario-Fototubus (Göke, 1987), in dessen Ausgang normalerweise verschiedene Stutzen für Projektive oder Okulare für die Mikrofotografie oder Adapter für eine Videokamera eingesetzt werden. Der hier abgebildete Aufsatz enthält einen Strahlenteiler, der je 50% des austretenden Lichtflusses in den geraden und schräg angesetzten Normtubus lenkt. Alle reellen Zwischenbilder liegen an der gleichen Stelle. Einer der beiden Tuben nimmt den bereits in Abbildung 1 gezeigten Video-Adapter mit Weitfeld-Okular und fokussierbarem Achromaten auf. An ihm wird die Videokamera angeschlossen. An dem anderen Tubus wird mit einer Tubusklemme und einem Mikrozweischenstück eine Fotokamera angeschlossen. Das mit den Okularen zu beobachtende Bild erscheint sowohl in der Fotokamera als auch auf dem Monitor scharf. Auch hierbei werden von einem 1/2 Zoll CCD-Chip etwa 60% des Sehfeldes auf den Monitor übertragen. Es kann gleichzeitig fotografiert und videografiert werden. In Sonderfällen können auch zwei Videokameras gleichzeitig angeschlossen werden, z. B. mit unterschiedlichen spektralen Empfindlichkeiten. Der Vario-Fototubus wird, wenn gleichzeitig beobachtet werden soll, in Position 3 benutzt. 30% des vom Mikroskopobjektiv kommenden Lichtes gelangen zum Auge des Beobachters, 70% stehen

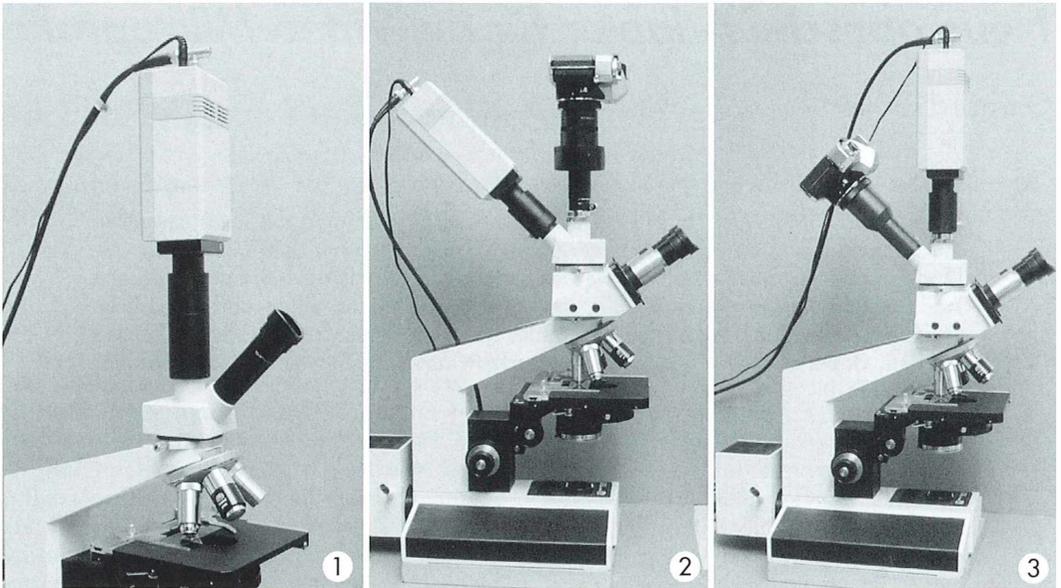


Abb. 1: Aufsatz mit monokularem Schrägtubus für die Beobachtung und geradem Tubus mit optischem Video-Adapter und Videokamera. Erklärung im Text. – **Abb. 2:** Foto-Videotubus (Doppeltubus) als Einsatz im Vario-Fototubus mit Video- und Fotokamera. Bei binokularer Beobachtung sind die Bilder im Sucher der Fotokamera und auf dem Monitor gleichzeitig scharf. Erklärung im Text. – **Abb. 3:** Gegenüber Abbildung 2 umgekehrte Anordnung der Kameras.

für die Dokumentation zur Verfügung. Diese werden geteilt, so daß jeder Ausgang 35% Licht erhält. Benötigt man mehr Licht, schaltet man den Vario-Fototubus in Position 2. Das gesamte Licht verläßt den Tubus, so daß jeder Kamerastutzen 50% des vom Objektiv kommenden Lichtes erhält. Man wird in solchen Fällen meistens eine Hochleistungsmikroskopierleuchte benutzen, so daß stets ausreichend viel Licht zur Verfügung steht.

Abbildung 2 zeigt die Anordnung, bei der sich die Fotokamera am geraden und die Videokamera am schrägen Tubus befindet. Das ist günstiger, weil man den Ausschnitt in der Fotokamera bequem beobachten kann, während man das Videobild auf dem Monitor sieht. Außerdem sind Videokameras sehr leicht. Die hier gezeigte Videokamera von HUND dient nur als Beispiel. Jede Videokamera kann verwendet werden. Das Angebot ist sehr groß. Abbildung 3 zeigt die umgekehrte Anordnung, die prinzipiell gleich ist.

Abschließend sei noch vermerkt, daß der teure Vario-Fototubus nicht zwingend erforderlich

ist. Man kann das zu diesem Tubus gehörende Mikrozwisehenstück L in die Ringschwalbe des Stativarms einsetzen und in dessen Ringschwalbenfassung den beschriebenen Doppeltubus mit Strahlenteiler. Auf diese Weise wird die Dicke des Vario-Tubus kompensiert und die mechanische Tubuslänge wieder auf 160 mm gebracht.

Die beiden beschriebenen optischen Adapter sind im Fachhandel erhältlich, aber noch recht unbekannt.

Literaturhinweise:

- Göke, G.: Ein Vario-Tubus mit negativem Projektionssystem. *Mikrokosmos* 76, 250–254 (1987).
 Göke, G.: Die Anpassung einer Videokamera an das Mikroskop. *Mikrokosmos* 88, 23–26 (1999).

Verfasser: Gerhard Göke, Bahnhofstr. 27, D-58095 Hagen

Mikroskopieren um die Mitte des 19. Jahrhunderts

Werner Nachtigall

Das zusammengesetzte Mikroskop ist nun schon gut 400 Jahre alt; Zacharias Jansen hat es 1590 erfunden, so heißt es. Immer wieder hat man gemeint, daß seine optische Leistung ausgereizt sei, und immer wieder, gerade in den letzten Jahrzehnten, hat das Lichtmikroskop ungeahnte Fortschritte gemacht. Um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts war das Mikroskop in der Biologie und in den „Salons“ bereits gut eingeführt. Die Entdeckung der Zellen (Robert Hooke, 1665) lag bereits einige Zeit zurück; der Milzbrandbazillus (Robert Koch, 1876) war noch nicht als Krankheitserreger entdeckt. Das Interesse der Allgemeinheit an mikroskopischen Dingen war groß. Eines der wichtigsten Bücher, die eine verständliche Einführung in das Mikroskopieren boten, erschien 1855, verfaßt von M. Willkomm (Abb. 1). Es erlebte bereits 1861 eine „Zweite, verbesserte und sehr vermehrte“ Auflage. Die genaue Ankündigung lautete: *Malerische Feierstunden. Illustrierte Familien- und Volks-Bibliothek zur Verbreitung nützlicher Kenntnisse. Zweite Serie: Populäre Lehrbücher. Mit vielen in den Text gedruckten Abbildungen, Buntdrucktafeln etc.. Dritter Band: Die Wunder des Mikroskops. Von Professor Dr. M. Willkomm. Zweite verbesserte und sehr vermehrte Auflage. Leipzig. Verlag von Otto Spamer, 1861.*“

Im Vorwort wundert sich der Verfasser, wie gut die erste Auflage seines Buches angekommen ist, klopft sich aber gleichzeitig auf die Schulter: *Während nämlich die früheren Theile ausschließlich die Verbreitung von Kenntnissen, wie sie das praktische Leben erheischt, zum Zwecke hatten, sollte die neue Serie eine minder materielle Tendenz verfolgen: sie sollte der Förderung allgemeiner humanistischer Bildung gewidmet sein. Demgemäß beschloß der Herr Verleger in einer neuen Reihe von billigen populären Schriften das Interessanteste und Wissenswertheste aus allen Gebieten der Naturkunde in anziehenden und allgemein verständlichen Schilderungen und erläutert durch gute Abbildungen dem großen Publikum vorzulegen. Dieselbe Tendenz liegt auch den „Wundern des Mikroskops“ zu Grunde.*

Überzeugt, daß nichts in der den Menschen umgebenden Natur so geeignet sei, ihn mit Bewunderung und Liebe gegen die Natur zu erfüllen, als wie die unmittelbare Anschauung und Erkenntnis des ihn in tausendfacher Gestalt fort und fort umschwebenden unsichtbaren Lebens und des wunderbaren Baues des Pflanzen- und Thierkörpers, ja seines eigenen Leibes,

glaubte der Verfasser in diesem Buche nicht eine bloße Auswahl auffallender mikroskopischer Bilder zusammenhanglos vor dem Auge des Lesers vorüberführen, sondern letzteren gewissermaßen mit dem Mikroskop in der Hand durch alle Reiche der Natur führen und in das Innerste der Naturkörper, folglich auch seines eigenen Leibes, blicken lassen zu müssen.

Wer sich heute in das reich mit Holzschnitten illustrierte Buch einliest – es ist gelegentlich noch im Buchantiquariat zu erhalten und kostet etwa 250 DM – wird dem Verfasser recht geben müssen: Der hohe Anspruch, den er sich selbst setzt, ist durchaus erfüllt. Der Text befindet sich auf dem Wissensstand der damaligen Zeit. Ich will das mit je einem Beispiel anhand der sieben Abschnitte vorstellen, in die das Buch gegliedert ist, und benutze die Original-Kapitelüberschriften.

Erster Abschnitt: Die mikroskopische Wunderwelt des Wassers

Der Verfasser beschreibt Diatomeen, Desmidiaceen, Ciliaten, Rhizopoden und Rotatorien.

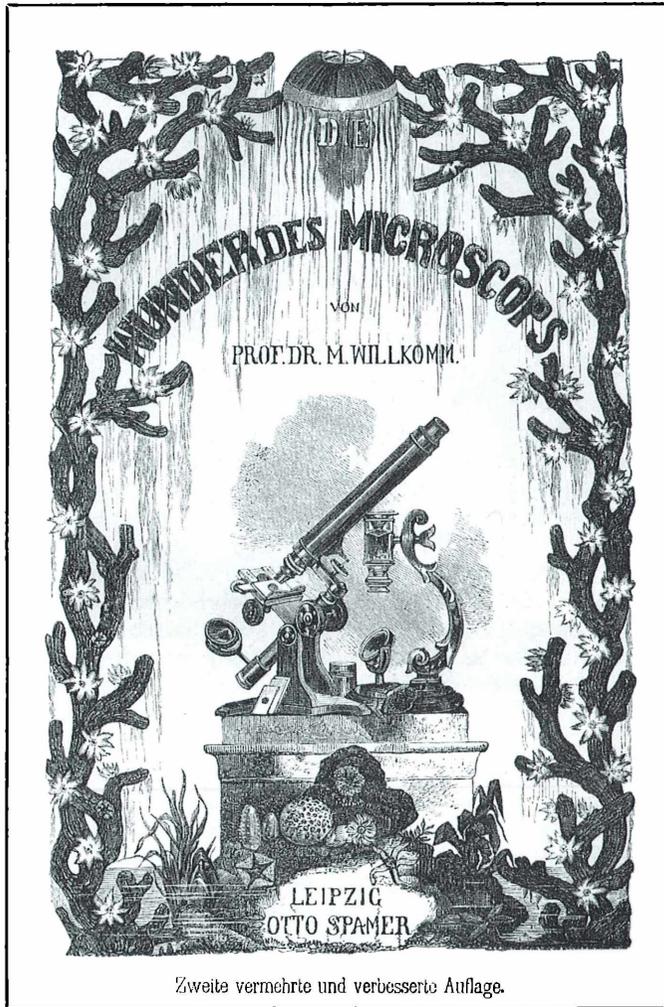


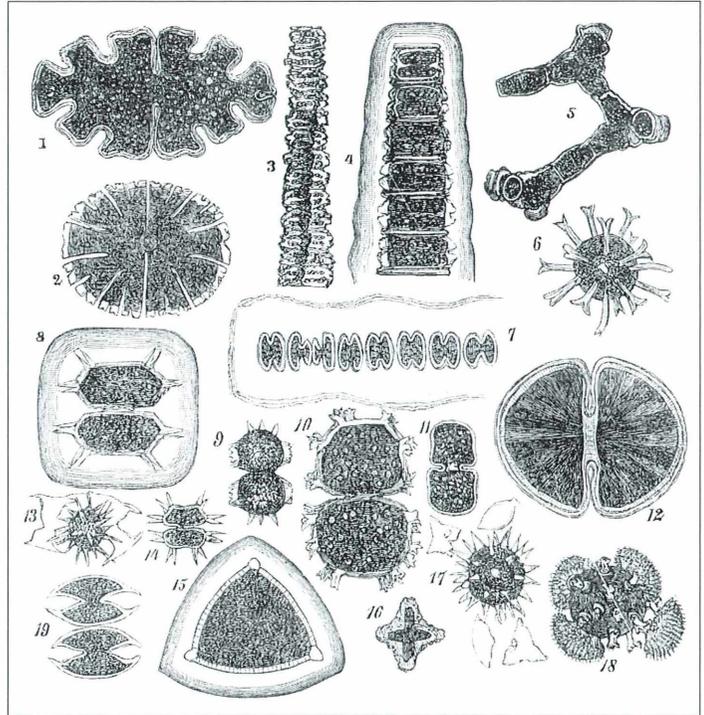
Abb. 1: Titelillustration des Buches von Moritz Willkomm von 1861.

Sehen wir nach, wie er die Desmidiaceen einführt.

Die Desmidiaceenzelle ist bald stark zusammengedrückt, laub- oder scheibenförmig (Abb. 2, Teilabbildung 1, 2, 12) bald cylindrisch, bald auf dem Durchschnitt vierkantig (16) bald kugelig (6). Sie besteht gewöhnlich aus zwei gleichgestalteten Hälften, welche meist durch zwei tiefe Einschnitte (1, 2, 8, 9, 10, 11, 12), seltener blos durch einen hellen Streifen getrennt sind. An dieser Stelle lösen sich die beiden Hälften später von einander ab, denn auch die Desmidieen vermehren sich vorzugsweise durch Theilung. Die beiden Hälften der Zelle erscheinen in der verschiedenartigsten

Weise ausgebildet. Bald sind sie kegelförmig, bald hörnerartig gebogen, bald spindelförmig, bald kabnförmig (19), bald als schildförmige Lappen (11, 12), deren Rand entweder ganz (11, 12) oder mit kurzen Strahlen (9, 10) besetzt ist, bald als fächerförmig zerschnittene Scheibe (1, 2), bald als dreieckige oder dreistrahlige Platten, bald als fünf- oder sechs-eckige und achtstrahlige Sterne (8, 14) ausgebildet, kurz, sie treten unter Formen auf, welche der gesammten Zelle ein ebenso eigenenthümliches als zierliches Ansehen verleihen und die Desmidieen eher als niedliche Zierarten, als Erfindungen eines Bijouteriefabrikanten, wie als pflanzliche Gebilde erscheinen lassen. Die Eleganz dieser zierlichen Gestalten

Abb. 2: Ausschnitt aus der Tafel „Desmidiaceen“.



wird noch erhöht, wenn die Zellenwand äußerlich mit glashellen perlenartigen Erhabenheiten besetzt ist (1, 8, 10, 11) oder mit feinen Stacheln (18). Bisweilen ist die Desmidienzelle gleich dem Diatomeenpanzer in eine durchsichtige Schleim- oder Gallerthülle eingebettet (8); am häufigsten pflegt dies bei denjenigen Desmidieen der Fall zu sein, welche zu bandwurmartigen Kolonien vereinigt vorkommen (4, 7).

Klare Beobachtungen und Deskriptionen also, und dazu eine Sprache, die von der Faszination ausgeht und die auch Faszination vermitteln kann.

Zweiter Abschnitt: Die mikroskopische Wunderwelt des Erdbodens

Der Autor unterscheidet organische Süßwasserbildungen, organische Meeresbildungen, Kulturerden wie Ton, Lehm, Sand und schließlich Guano. Er stellt mit einer ganzen Reihe runder mikroskopischer Zeichnungen die abgestorbenen Panzer sedimentierter Formen dar. Organismen vom Meeresgrund findet er be-

sonders zart und bemerkenswert. Dann fährt er mit der Beschreibung von Organismen aus dem Eis des Südpolarmees fort:

Fast noch zierlicher sind die auf dem mikroskopischen Bilde befindlichen Formen, welche aus dem Eis des südlichen Polarmees stammen (Abb. 3). Daß das Eis des Meeres zahlreiche organische Einschlüsse, besonders mikroskopische Geschöpfe enthält, kann bei dem außerordentlichen Reichthum des Seewassers an solchen Wesen durchaus nicht Wunder nehmen. Ganz besonders ist dies aber mit jenen, blos dem südlichen Polarmeer eigenen, dünnen, flachen Eismassen der Fall, welchen die Seefahrer zur Unterscheidung von den großen, für die Schiffe so gefährlichen Eisbergen den Scherznamen „Pfannkucheneis“ gegeben haben. Dergleichen Eis siebt oft ganz braun aus, indem es unzählbare Billionen von Diatomeen enthält. Wie in Schlamm des Südpolarmees, so herrschen auch hier die scheibenartigen, runden Formen vor. Von den neun in Fig. 2 enthaltenen Formen dieser Art gehören 1 bis 4 der Gattung *Asteromphalus*, 5 bis 7 der Gattung *Coscinodiscus*, 12 der Gattung *Halionyx*, 16 der Gattung *Symbolophora* an. Nächst die-

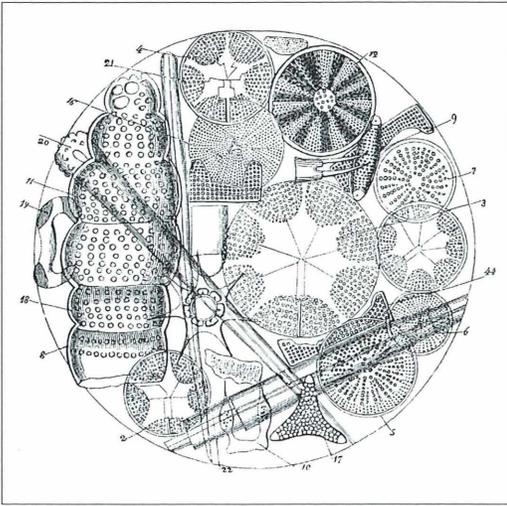


Abb. 3: Organismen aus dem Eis des Südpolarmeeres.

sen runden Scheiben fallen besonders die drei langen spindelförmigen Stäbe 20, 21, und 22, und die aus dicken, bauchigen Gliedern zusammengesetzte Kette 11 in die Augen. Erstere sind verschiedene Arten der Gattung *Spongiolithis*, letztere besteht aus aneinander gereihten Individuen von *Gallionella pileata*. Der zierliche, siebenzackige Stern (8) ist *Dictyocha septenaria*, das Dreieck (17) *Triceratium pileosum*.

Manche der Gattungs- und Artnamen sind heute ersetzt; die Kurzbeschreibung und mikroskopische Darstellung könnte man aber kaum besser machen.

Dritter Abschnitt: Die mikroskopische Wunderwelt der Luft

Unterschieden werden *atmosphärische Niederschläge unorganischer Natur oder von toten organischen Formen und atmosphärische Niederschläge aus lebenden Organismen*. Willkomm diskutiert zunächst Staubregen und Ascheregen von vulkanischen Ausbrüchen, die in winzige Lavaklumpchen zersprätzen, und fährt dann wie folgt fort:

Diese Ursprungsweise der sogenannten vulkanischen Asche erklärt eine durch Ehrenberg



Abb. 4: Vulkanische Asche des Vulkanausbruchs Hekla / Island von 1845.

entdeckte Thatsache, welche im ersten Augenblick Jedermann im höchsten Grade auffallend, ja geradezu unmöglich erscheinen muß. Ehrenberg fand nämlich in allen vulkanischen Aschen und Schlammablagerungen, die ihm zu Gebote standen, bei der mikroskopischen Untersuchung eine Menge von theils wohl erhaltenen, theils zertrümmerten Diatomeenpanzern und Resten anderer mikroskopischer Geschöpfe. Will sich der geehrte Leser mit eigenen Augen davon überzeugt, so werfe er einen Blick auf Fig. 4, welche eine Probe vulkanischer Asche von dem am 2. September 1845 erfolgenden Ausbruche des Hekla auf Island nach Ehrenberg darstellt. Die in der oberen Hälfte des Bildes befindliche Massenansicht zeigt Obsidiansplitter, Glassplitter, die nicht selten kleine Krystalle einschließen, und Bimssteinsplitter, daneben aber auch Diatomeenpanzer und Phytolitharien (gemeint sind Versteinerungen pflanzlichen Ursprungs, Verf.). In der unteren Hälfte des Bildes sind die wichtigsten der in von jeder Asche enthaltenen Diatomeenformen zusammengestellt. Wir finden da verschiedene Formen *Navicula* (1 bis 3), *Pinnularia* (5 bis 9 und 25), *Eunotia* (11 bis 16), *Gomphonema* (19 und 10), eine *Cocconeis* (18), eine *Tabellaria* (21 und 22), eine *Fragilaria* (23), die bekannte *Gallionella distans* (24), eine *Synedra* (26) u.s.u. Aehnliches beobachtet

Ehrenberg bei der Asche des Vesuvus, welche im Jahr 70 nach Christi Geburt die Städte Herculanium, Pompeji und Stabiä verschüttete, sowie an vulkanischem Schlamm aus Südamerika und Jawa.

Der Autor interpretiert den Schalengehalt so: Auswürfe bestehen aus Aufschmelzungen in größere Tiefe abgelagerter Gesteinsmassen, die, soweit sie Sedimentgesteine sind, eben auch Diatomeenschalen enthalten. Diese sollen sich in der großen Hitze der Aufschmelzvorgänge nicht verändern.

Vierter Abschnitt: Der mikroskopische Bau der Pflanzen

Geschildert werden Pilze, Flechten, Algen, Moose, Farne und Samenpflanzen; es schließt sich ein Abschnitt an über die Fortpflanzung der Pflanzen. Sehen wir nach, was der Autor über Spaltöffnungen schreibt:

Das Merkwürdigste an der Oberhaut sind die Spaltöffnungen. Jeder Intercellulargang der Oberhaut ist nämlich nach außen durch zwei (selten mehrere) halbmondförmige, mit ihren concaven Rändern einander zugekehrten Zellen geschlossen, welche sich beliebig zusammenziehen und ausdehnen können. Im ersteren öffnen, im zweiten Falle schließen sie den Intercellulargang (gemeint ist der substomatäre Raum, Verf.). Unter letzterem liegt stets ein hohler, von Parenchymzellen umgebener Raum, in welchen zahlreiche Interzellulargänge aus dem Inneren münden. Man nennt diesen ganzen seltsamen Apparat eine Spaltöffnung,

und jene Höhle die Athmungshöhle, und zwar aus folgenden Gründen. Die durch die Spaltöffnung eindringende Luft gelangt in die Athmungshöhle, wo sie jedenfalls in ihre Bestandtheile, nämlich Sauerstoffgas, Stickstoffgas und Kohlensäuregas zerlegt wird. Diese Gasarten vertheilen sich von hier aus in die einmündenden Intercellulargänge, durch welche sie durch den ganzen Pflanzenkörper verbreitet werden. Gleichzeitig werden Gasarten, welche aus den Zellen als überflüssig in die Intercellulargänge ausgeschieden worden sind, besonders Kohlensäure und Sauerstoffgas, durch die Spaltöffnungen wieder aus der Pflanze hinausgeschafft. Diese fortwährend stattfindende Aufnahme und Ausscheidung gasförmiger Stoffe bildet den sogenannten Athmungsprozeß der Pflanzen, und Versuche haben ergeben, daß ohne denselben die Pflanzen eben sowenig leben können, als die Thiere.

Fig. 5. stellt eine Spaltöffnung von oben und im senkrechten Durchschnitt gesehen dar. Die Oberhaut ist an ihrer Außenfläche noch von einem ganz dünnen, wasserdichten Häutchen (der sogenannten Cuticula) überzogen, welches von ihren Zellen ausgeschwitzt wird, und außerdem sehr oft mit Haaren, Stacheln, Höckern, Warzen und anderen Anhängseln besetzt ist.

Das einzige was uns heute stört, ist die Sichtweise einer „Zerlegung der Luft“ in ihre einzelnen Gasbestandteile, aber wahrscheinlich ist das gar nicht so gemeint. Es waren damals auch schon die Grundzüge der Assimilation bekannt: *Pflanzentheile nehmen am Tage Kohlensäure aus der Luft auf und geben Sauerstoffgas an dieselbe ab.*

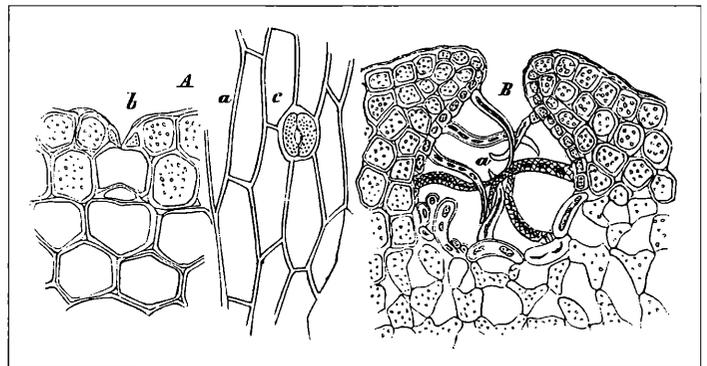


Abb. 5: Spaltöffnungen von Pflanzen.

Fünfter Abschnitt: Mikroskopischer Bau der niederen Thiere

Besprochen werden Polypen und Quallen, Schwämme, Seesterne etc., Weichtiere, Würmer sowie Krebstiere, Tausendfüßler, Spinnen und Insekten. Als Beispiele seien die Bandwürmer angeführt. Die Grundzüge ihres Generationswechsels, die Biologiestudenten auch heute noch lernen sollten, waren damals schon bekannt.

Den interessantesten Generationswechsel und die merkwürdigsten Wanderungen der Wurmbrut findet man bei den Bandwürmern (Cestoden), einer Familie der Plattwürmer (wir nennen sie heute Cestoden und haben sie in den Rang einer Klasse erhoben, Verf.). Bevor ich meinen Lesern eine Schilderung von der Entwicklungsgeschichte dieser mit Recht gefürchteten und verabscheuten Parasiten entwerfe, muß ich sie zuvor mit der Gestaltung der vollkommen geschlechtsreifen Würmer bekannt machen. Die Bandwürmer leben ausschließlich im Darmkanal, und zwar meist in den Dünndärmen der fleischfressenden Thiere und folglich auch des Menschen. Die bei den Menschen und Raubthieren vorkommenden Bandwürmer sind stets gegliedert, und die Glieder – ein jedes! – in vollkommen „reifem“, das heißt aus-

*gebildetem Zustande mit männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen versehen. Ein einziges reifes Glied vermag durch seinen vielfach verzweigten Eierstock Tausende von Eiern zu erzeugen (Abb. 6. d). Diese Glieder wachsen aus dem sogenannten „Kopfe“ des Bandwurms, welcher sich stets am dünnen Ende des Wurms befindet und immer sehr klein ist, hervor, und zwar in der Weise, daß, nachdem aus dem Kopfe das erste Glied hervorgewachsen ist, das zweite nicht etwa aus diesem hervowächst, sondern wieder aus dem Kopfe, indem es sich zwischen diesem und dem ersten Gliede bildet. Das dritte Glied erzeugt sich sodann zwischen dem Kopfe und dem zweiten, das vierte zwischen dem Kopfe und dem dritten Gliede, und so fort. Die Zahl der Glieder, die ein Bandwurmkopf zu erzeugen vermag, ist ungeheuer, was dem Leser bekannt sein und noch deutlicher werden wird, wenn er bedenkt, daß der schmale oder gemeine Menschenbandwurm (*Taenia solium*) nach und nach eine Länge bis zu zehn, der breite (*Botriocephalus latus*) sogar bis zu zwanzig Fuß erreicht! (Ein Fuß entspricht etwa 0,3m, Verf.).*

Es folgt die Beschreibung der Zwittertiere, der Hackenkränze und Saugnäpfe am Kopf und sodann eine ausführliche Beschreibung von Generations- und Wirtswechsel.

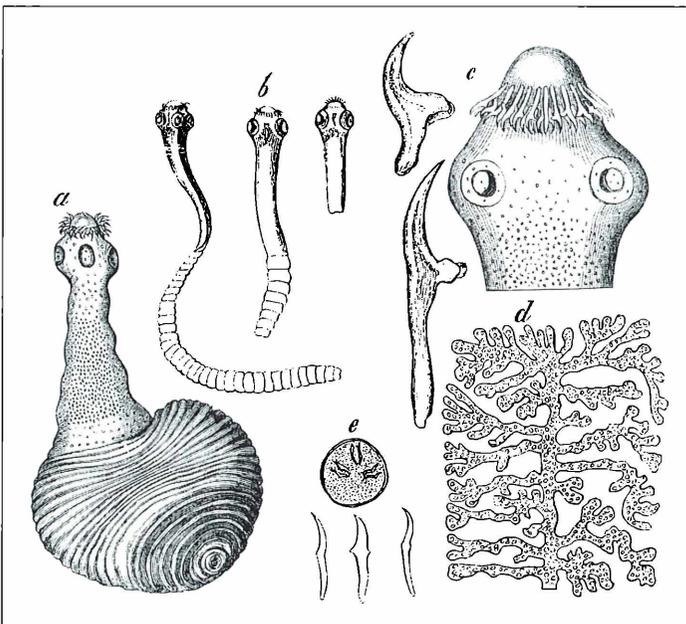


Abb. 6: Kopfende mit Einzelzähnen des Hackenkranzes von Bandwürmern; rechts unten Ovar.

Sechster Abschnitt: Der mikroskopische Bau der höheren Thiere und des Menschen

Sehen wir, was der Autor zur Haut zu sagen hat.

„In Fig. 7 ist ein Stückchen Menschenhaut, senkrecht durchschnitten, in starker Vergrößerung abgebildet, und sind daselbst die drei Schichten der Haut mit a, b und c, die fein verflochtenen Blutgefäße samt den Schleifen, die sie bilden, mit d, die Schweißdrüsen mit e, die Hautnerven, welche zu den Tastkörperchen führen, mit g, die zwischen den Schweißdrüsen befindlichen Fettzellen mit f bezeichnet. Eine jede Schweißdrüse ist nämlich ein kleiner, von einem äußerst feinen Blutgefäßgeflecht durchzogener und von zahlreichen kugeligen Fettzellen umgebener Knoten, von dem aus sich eine enge, zartwandige Röhre nach außen zu erstreckt. Jede solche Schweißdrüse beschreibt, sowie sie in der Faserhaut eintritt, schraubenförmige Windungen, worauf sie sich in einer Schlangenlinie durch die Faserhaut hindurch bis in die Oberhaut erstreckt, wo sie mit einer Pore sich nach außen öffnet.“

Die beiden in der Abbildung gezeichneten Tastkörperchen sind Meissner-Körperchen, gelegen in je einer Corium-Papille. Natürlich haben die einzelnen Hautschichten ihre histologi-

schen Namen, die sich der Autor hier spart, doch ist der Schnitt prinzipiell richtig beschrieben und enthält die wichtigsten Bestandteile, die auch dem Mikroskopiker auf Anhieb in Auge fallen. Die Tastkörperchen selbst sind etwas schematisch angegeben; man kann nicht erkennen, daß es sich hier um orangenscheibenartige Zellen handelt, die sich miteinander verzahnen, und zwischen die drucksensible feine Nervenendigungen einstrahlen.

Siebenter Abschnitt: Das Mikroskop als Waarenprüfer

Das ist ein ganz erstaunliches Kapitel, das für die zweite Auflage des Buches zusätzlich aufgenommen worden ist. Beschrieben werden mikroskopische Aspekte der Nahrungsmittel und Kolonialwaren, von Bekleidungsstoffen und Gewürzen. Pharmaziestudenten müssen sich auch heute noch mit mikroskopischen Analysen dieser Art auseinandersetzen. Ein Beispiel: Schokoladenprüfung.

„Fig. 8 zeigt eine Probe von ächtem und zwar nur aus den Kakaobohnen, ohne Zusatz der Hülse bereitetem Chokoladenpulver in 220maliger Linearvergrößerung (a Zellen der Bohne, b Theile der Membran, welche die Bohne um-

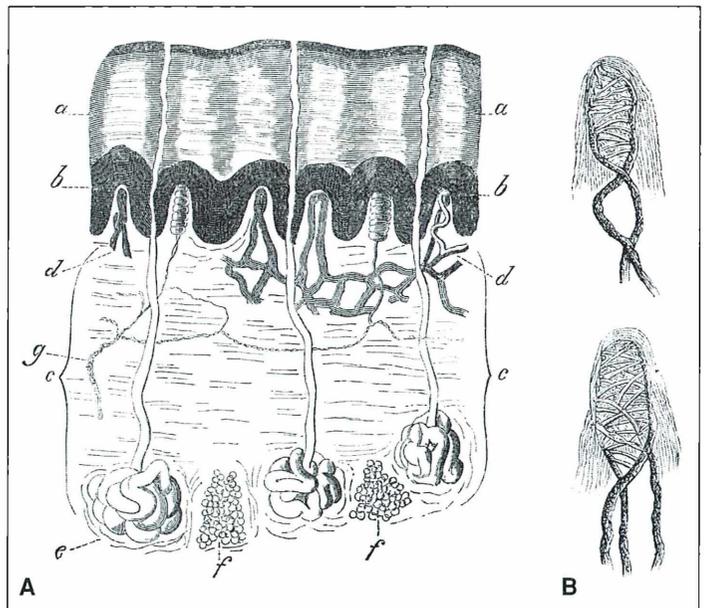


Abb. 7: Schnitt durch die Haut des Menschen (A), daneben Meissner-Tastkörperchen (B).

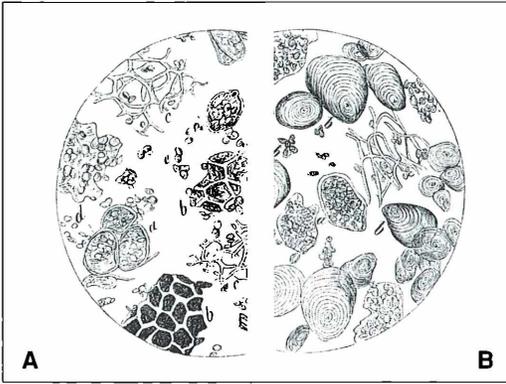


Abb. 8: Echtes Schokoladenpulver (A) und Schokoladenpulver mit Kartoffelmehl versetzt (B).

hüllt, c Zellen von der Keimstelle in der Bohne, d, e, freie Stärkemehlkörner aus den Bohnenzellen). Ganz anders erscheint unter dem Mikroskop bei Anwendung derselben Vergrößerung ein mit Kartoffelstärke oder Sagomehl, Arrow = root, Reismehl und dgl. verfälschtes Chokoladenpulver, indem alle diese Stärkemehlsorten aus viel größeren Körnern bestehen als das Stärkemehl der Kakaobohne. Der geehrte Leser wird sich davon überzeugen, wenn er Fig. 8, rechte Seite, betrachten will (Anordnung vom Verf.), welche eine Probe eines mit Kartoffelmehl verfälschten Chokoladenpulvers darstellt (a Zellen, Stärkemehl und Spiralgefäße der Kakaobohne, b Kartoffelmehl). Daß man feste Chokoladenmasse ebenfalls einer mikroskopischen Prüfung unterwerfen kann, indem man dieselbe zerreibt, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Immer wird auch hier die mikroskopische Untersuchung die leichteste und sicherste Methode sein, um etwaige Verfälschungen zu entdecken und nachzuweisen, mit welchen Stoffen die Chokolade versetzt ist.

Das mutet uns ganz modern an. Kartoffelstärke ist billiger als Kakaomehl. Man macht damit mehr Gewinn. Auch vor 150 Jahren hat man in der Lebensmittelbranche schon gepusht, wenn auch nicht so sehr wie heutzutage.

Abschließend bezieht sich der Verfasser rückblickend auf die erste Auflage seines Buchs, die knapp sechs Jahre früher, nämlich 1855 erschienen war.

Während des kurzen Zeitraums von fünf Jahren – welche Siege hat da das Mikroskop auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Forschung wie des praktischen Lebens gefeiert, wie sehr ist seitdem die Anwendung jenes herrlichen Instruments bereits in das Geschäftsleben und den Haushalt des Menschen eingedrungen! Die vor fünf Jahren ausgesprochene Erwartung, daß der Ackerbau, die Gärtnerei, die Waarenkunde und die Medicin noch wichtige Aufschlüsse durch das Mikroskop zu gewärtigen haben dürften, ist bereits vollständig in Erfüllung gegangen. Denn was diese zweite Auflage der „Wunder des Mikroskops“ bis hierher Neues im Vergleich mit der ersten enthält (die Schilderung der durch parasitische Pilze erzeugten Pflanzen- Thier- und Menschenkrankheiten, der Entwicklungsgeschichte der Eingeweidenwürmer, die Prüfung der Waaren, Gewebstoffe, Arznei und Nahrungsmittel mit Bezug auf ihre Aechtheit usw.) beruht wenigstens theilweise auf den Ergebnissen mikroskopischer Forschung der letzte Jahren oder solcher, die erst im Jahre 1855 nach dem Druck der ersten Auflage dieses Buches bekannt geworden sind.

Der Autor nennt dann einige Forscherpersönlichkeiten und stellt abschließend fest: Aus den verdienstvollen Werke dieser Männer geht unzweifelhaft hervor, daß vor dem Richterstuhle des Mikroskops kein Lug und Trug bestehen kann, und sei er noch so fein gesponnen. Und so ist das Mikroskop nicht allein der Schlüssel, der uns die Pforten des geheimnisreichen kleinsten Lebens im Raume aufschließt, sondern es erweist sich auch als ein segensbringender Wohlthäter der gesammten Menschheit.

Und das ist geschrieben worden noch vor der Entdeckung der gefährlichen Bakterien wie des Milzbrandbazillus!

Manchmal sind wir stolz auf die rasante Entwicklung unserer Zeit. Versetzen wir uns 150 Jahre zurück, so sah es damals aber nicht viel anders aus. Der Wissenszuwachs zumindest im morphologischen Bereich war enorm. Bis zu den achtziger und neunziger Jahren war die deskriptive lichtmikroskopische Histologie von Tieren und Pflanzen einschließlich des Menschen im großen Ganzen abgeschlossen. Was wir in den letzten hundert Jahren im lichtmikroskopischen Bereich dazugelernt haben, ist im Wesentlichen zurückzuführen auf spe-

zielle Beleuchtungs- und Schnittechniken, auf speziellen Färbeverfahren und auf die modernen, ergänzenden Weiterentwicklungen der klassischen Lichtmikroskopie.

Literaturhinweis

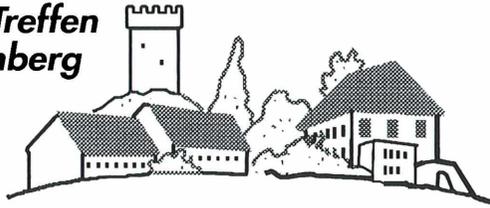
Willkomm, M.: Die Wunder des Mikroskops oder die Welt im kleinsten Raume. Für Freunde der Natur und mit Berücksichtigung der studirenden

Jugend bearbeitet von Dr. Moritz Willkomm, Professor an der Akademie für Forst- und Landwirtschaft auf Tharandt. Zweite sehr vermehrte Auflage. Mit über 1000 in den Text gedruckten Darstellungen auf 190 Illustrationen, einem Titelbilde, Frontispice u.s.w. Verlag von Otto Spamer, Leipzig 1861. (Die erste Auflage erschien 1855 im gleichen Verlag.)

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

Nachricht

7. Mikroskopier-Treffen auf dem Wohldenberg 1999



In diesem Jahr fand, wie immer in der letzten Aprilwoche, das Mikroskopier-Treffen auf dem Wohldenberg mit internationaler Beteiligung zum 7. Mal statt. Die 20 Teilnehmer (Abb. 1) kamen aus Holland, Österreich, der Schweiz und aus verschiedenen Gebieten Deutschlands.

Durch einige Mikroskopiker, die zum ersten Male am Treffen teilnahmen, wurden neue Ideen und Erfahrungen in den „alten Kreis“ gebracht und auch neue Kontakte untereinander aufgenommen. Dies ist auch ein wesentliches Anliegen vom Initiator Karl Brüggemann, der mit diesen Treffen dazu beitragen möchte, die „Amateur-Mikroskopiker“ zu einer großen Familie zu verbinden.

Das Hauptthema der Wohldenberg-Treffen ist die Histologie. Viele Mikroskopiker, die sich für den Feinaufbau von pflanzlichen und tierischen Geweben interessieren, sind auf den Kauf von entsprechenden Präparaten angewiesen, weil ihnen die erforderlichen Einrichtungen – besonders ein Mikrotom – für die Herstellung dünner Schnitte fehlen. So schön gekaufte Präparate auch sein mögen, die Freude der Selbsterstellung können sie nicht vermitteln. Außerdem lernt man beim Anfertigen von Dauerpräparaten neben der histologischen Technik auch noch eine Menge über die Struktur und die Funktion der verschiedenen Gewebearten. Allerdings erfordert das Anfertigen von einwandfreien



Abb. 1. Die Teilnehmer des 7. Mikroskopier-Treffens auf dem Wohldenberg 1999.



Abb. 2. Konzentrierte Präparationsarbeit.

Schnittpräparaten relativ teure Einrichtungen und vor allem viel Zeit.

Bei den Wohldenbergtreffen können die Teilnehmer ungefärbte Mikrotomschnitte unter der Anleitung von Herrn Brüggmann zu fertigen Dauerpräparaten verarbeiten, wobei die histologische Technik erläutert wird und verschiedene Färbeverfahren zur Anwendung kommen (Abb. 2). Die Ergebnisse werden über eine Videokamera diskutiert und von Herrn Brüggmann fachgerecht erklärt. Dem Wunsch der meisten Teilnehmer entsprechend, hat Herr Brüggmann überwiegend pflanzliche Gewebe für seine Schnitte gewählt, aber auch tierische/menschliche Gewebe werden nach einer abgewandelten Azan-Methode gefärbt. So lernten die Teilnehmer in diesem Jahr an Schnitten durch menschliches Gewebe die Strukturen des Pankreas, die Talgdrüsen an der Ohrmuschel und den Aufbau der Haut kennen. Ferner wurde der Längsschnitt durch eine junge Forelle gefärbt.

Als besonderer Leckerbissen für Histologiefreunde wurde der nur 6 µm dicke Längsschnitt einer fast ausgewachsenen Maus gefärbt. Herr Dr. Andreas Gebert, Facharzt für Anatomie an der Medizinischen Hochschule Hannover, erläuterte danach in leicht verständlicher Weise die Einzelheiten dieses schönen Präparats.

Neben Paraffinschnitten gab es auch in Kunststoff eingebettetes Material, hierbei wurde sowohl Glycolmethacrylat (GMA) nach Kulzer als auch Epoxidharz verwendet. In beiden Fällen waren die Schnitte nahezu ohne Artefakte, was besonders bei den pflanzlichen Geweben zu sehr ästhetischen Strukturen führt.

Das sorgfältige Arbeiten beim Färben hatte sich gelohnt, denn zum Schluss konnte jeder Teilnehmer mehr als 30 fertige Dauerpräparate vom Wohldenberg mit nach Hause nehmen.

Neben der Histologie wurden auch wieder Gesteinsdünnschleife hergestellt. Wilfried Latz hatte diesmal einen Glimmer-Gneis zum schleifen vorbereitet, den alle Teilnehmer unter seiner Anleitung auf ca. 80 µm

dünn schleifen mussten, um dann im polarisierten Licht die herrlichen Farben zu bewundern. Zusätzlich hatte Herr Brüggmann noch einen Granit zum Fertigschleifen mitgebracht. Auch das Plankton und das Tümpeln kam nicht zu kurz. Friedrich Thomann hatte in diesem Jahr diesen Part übernommen und führte die Gruppe zu den romantischen Inselteichen ganz in der Nähe. Aufgrund des kühlen Wetters waren die gefangenen Proben nicht besonders ergiebig, reichten aber doch zu einigen Diskussionen. Herr Thomann gab die Anleitung zur Herstellung eines Silberlinienpräparats vom bekannten Pantoffeltierchen, so dass alle auch ein nach dieser Methode hergestelltes Präparat mitnehmen konnten.

Die diesjährige Exkursion ging zur Medizinischen Hochschule Hannover, wo Herr Dr. Gebert zunächst eine allgemeine Einführung in die Technik der Raster- und Transmissions-Elektronenmikroskopie gab. Danach konnten die Teilnehmer in kleinen Gruppen selbst an den Geräten arbeiten. Die schönsten Bilder wurden über einen angeschlossenen Computer gespeichert, und interessierte Teilnehmer konnten die Bilddateien auf einer CD-ROM mitnehmen.

Auch der beliebte Grillabend mit dem berühmten Mai-Bock-Bier aus Einbeck durfte nicht fehlen; er fand bei schönem Wetter auf der großen Hausterasse statt und bot die beste Gelegenheit über mikroskopische Probleme zu sprechen und Erfahrungen auszutauschen. Nebenbei gab es im Kaminzimmer einen regen Tauschhandel mit gebrauchtem Mikroskopzubehör, und mancher machte sicher ein gutes Schnäppchen, um seine Ausrüstung zu erweitern.

Am Samstag war dann die schöne Zeit auf dem Wohldenberg vorbei. Es gab noch einen kleinen Wissenstest, zu dem Herr Brüggmann einige Preise verteilte. Im anschließenden Abschlussgespräch wurde die Veranstaltung auf dem Wohldenberg von allen Teilnehmern gelobt, auch mit der Unterbringung und der Verpflegung waren alle mehr als zufrieden. Und so dankte man Herrn Brüggmann für seine Mühe und versprach, im nächsten Jahr wiederzukommen.

Mikroskopiker, die sich für die Treffen auf dem Wohldenberg interessieren, können sich an folgende Anschrift wenden: Karl Brüggmann, Sonnenweg 33, D - 30171 Hannover, Tel.: (05 11) 81 33 33.

*Mikro-Einsteiger***Wald-Haarmützenmoos (*Polytrichum formosum*)
– Ein großes Moos mit vielen kleinen Wundern**

Hans Brogmus

Das in unseren Wäldern vielerorts häufig vorkommende Laubmoos *Polytrichum formosum* ist auch unter dem Namen Schönes Widertonmoos bekannt. Es ist in Wäldern von der Ebene bis zur Waldgrenze in den Gebirgen zu Hause. Man findet es hauptsächlich auf schattigen, trockenen bis mäßig feuchten Böden. Das Substrat ist schwach sauer.

 in einziges Pflänzchen dieses Mooses stellt eine Fundgrube für den Mikroskopiker dar.

Zu jeder Jahreszeit sind Stämmchen- und Blattquerschnitte möglich. Für die nähere Betrachtung der Sporenpflanze ist die Zeit von Dezember bis Juli ideal. Spaltöffnungen am Kapselhals sind von Ende April bis in den Juni hinein gut zu sehen. Für die Pflanzen mit Geschlechtsorganen kommen Mai und Juni in Frage, und die formschönen Zahnkränze findet man in den Sommermonaten.

Für die Untersuchung werden eine Stereolupe (10–20fach) und ein Mikroskop mit höchstens 400facher Vergrößerung benötigt. Die Zeichnungen des Verfassers sind ohne Zeichenhilfe mit Rotring Rapidographen (0,13; 0,18; 0,25; 0,35 mm) entstanden.

Habitus

Das Wald-Haarmützenmoos wächst in Hochrasen. Mit bis zu 15 cm Höhe ist es unser größtes Waldmoos. Es ist außerdem an der grünen (Frühjahr) bis dunkelgrünen Färbung und an den auffällig langen, gelbroten Kapselstielen mit filziger Haube (Kalyptra) zu erkennen. Die müzenförmige Kalyptra bedeckt von Dezember bis Juni die ganze Kapsel. Später, nach Abfallen der Haube, wird die vierkantige Kapsel

mit Deckel sichtbar. Von oben sehen sterile Pflanzen wie vielstrahlige Sterne aus. Das Moos ist zweihäusig und gipfelkapselig (akrokarp). Die Geschlechtsorgane tragenden Pflanzen werden Gametophyten genannt. Einem weiblichen Gametophyten entspringt oben der Kapselstiel mit der in den Wintermonaten noch unfertigen spindelförmigen Kapsel. Die Sporenpflanze (Sporophyt) wird während ihrer Entwicklung vom Gametophyten (Abb. 1a) versorgt.

Kalyptra

Unter der Stereolupe (10fach) sieht man, dass die Kalyptra aus einem dichten Haarfilz besteht (Abb. 1b). Sie schützt die sich unter ihr entwickelnde Kapsel (Abb. 1c). Unten am Hals der noch grünen Kapsel in der Einschnürung erkennt man eine Halskrause aus weißlichen Pünktchen. Dies sind zahlreiche Spaltöffnungen (Stomata), an denen ein Gasaustausch stattfindet. Im Auflicht bei 100facher Vergrößerung des Mikroskops sieht man den Atemspalt dunkel und die beiden Schließzellen hell. Ein mit der Klinge flach abgehobener Schnitt zeigt weitere Einzelheiten (Abb. 2). Stomata gibt es bei Laubmoosen nur am Kapselhals.

Hat man im Sommer eine Kapsel ohne Haube und ohne den kurzkegeligen Deckel mit aufgesetztem Schnabel vor sich (Abb. 1d), so lohnt

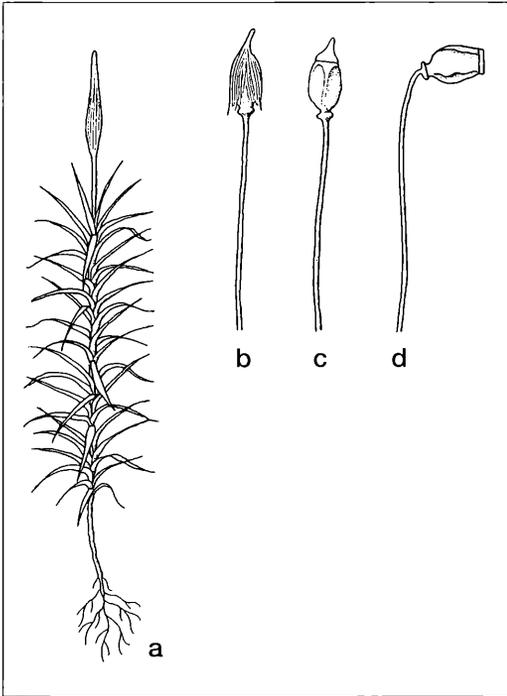


Abb. 1: *Polytrichum formosum*. a weibliche Pflanze mit jungem Sporophyt, ca. natürliche Größe; b Kapsel mit Kalyptra; c Kapsel mit Deckel (7 mm lang); d reife Kapsel (3 mm dick).

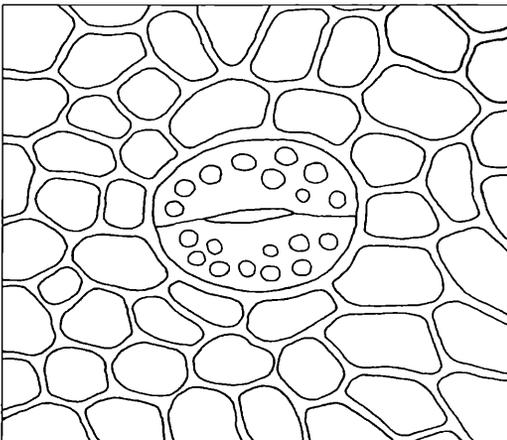


Abb. 2: Stoma vom Kapselhalss.

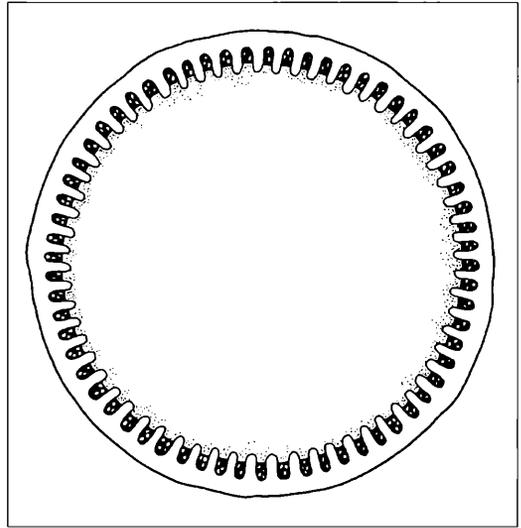


Abb. 3: Kapsel mit Peristom und Diaphragma.

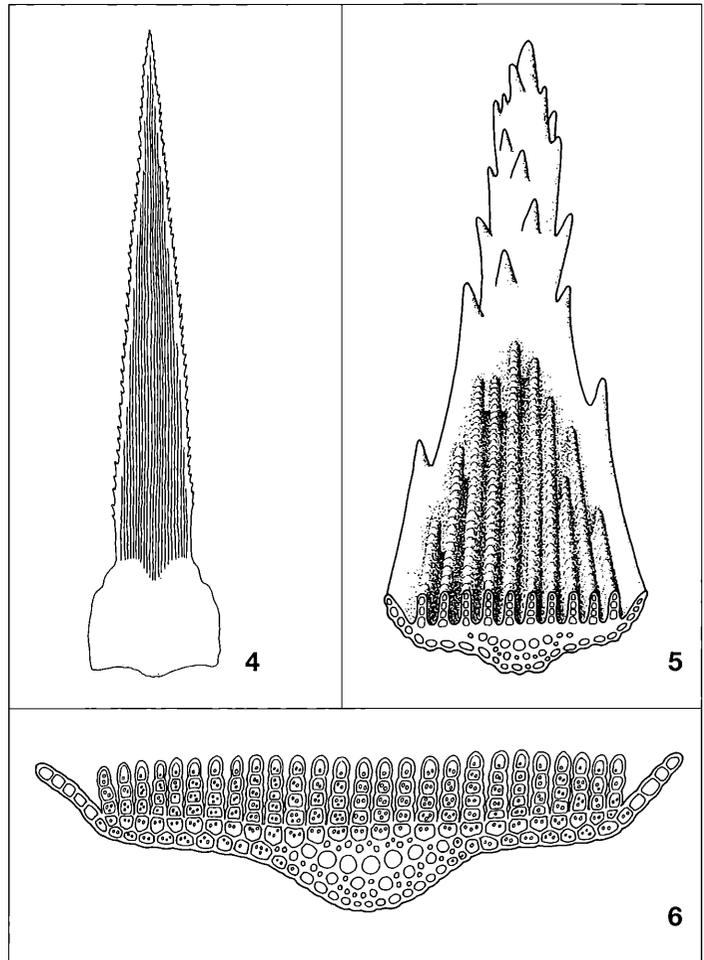
es sich, auf das obere Ende der Kapsel zu schauen. Unter der Stereolupe (10-, 20fach) sieht man am Rand einen einreihigen Zahnkranz (Peristom), der bei diesem Moos immer aus 64 Zähnen besteht, die hygroskopische Bewegungen ausführen können. Die Zähne halten eine kreisrunde Paukenhaut (Diaphragma) am Rand fest, so dass bei trockener Witterung kleine Öffnungen frei sind, aus denen die bräunlichen Sporen austreten (Abb. 3). Die Sporen kann man unter dem Mikroskop im Auflicht, trocken auf den Objektträger gebracht, bei 50facher Vergrößerung gut sehen.

Blatt

Als nächstes wirft man unter der Stereolupe einen Blick auf das bräunliche Stämmchen und zieht langsam mit der Pinzette ein Blatt ab. Es fällt auf, dass unten am Blattgrund eine lange, chlorophyllfreie, helle Blattscheide sitzt. Eng am Stämmchen anliegende Blattscheiden ermöglichen ein kapillares Aufsteigen von Wasser vom dichten Wurzelfilz bis zu den Blättern, die es mit ihrer gesamten Oberfläche aufzunehmen vermögen.

Unter dem Mikroskop bei 15–20facher Vergrößerung mit Objektträger, Wassertropfen und Deckglas verschafft man sich einen

Abb. 4–6: Blattansichten;
4 Blatt in Aufsicht; **5 Blattende**
mit Stachelspitze und Assimila-
tionslamellen, Länge der Abb.
0,7 mm; **6 Blattquerschnitt**
(0,7 mm breit) mit Assimila-
tionslamellen.



Überblick über ein ganzes Blatt (Abb. 4), das 12 mm lang sein kann. Es hat eine gezähnte Spitze, durchsichtige, fast bis zur Blattscheide herab gesägte Blattflächen, die schmale Ränder bilden. Dazwischen liegt die breite undurchsichtige Blattrippe mit vielen dunkelgrünen, fadenförmigen Streifen, die sich bei 100facher Vergrößerung des Mikroskops als lange, parallel verlaufende Zellbänder entpuppen. Es sind die Scheitelzellen von Assimilationslamellen (Abb. 5).

Wie diese leistenförmigen Lamellen, in denen Photosynthese stattfindet, gebaut sind, zeigt am besten ein Querschnitt durch das mehrzellige Blatt. Den Schnitt kann man mit Holundermark oder gleich auf dem Objektträger unter der Stereolupe machen. Die Lamellen sind aus 4–5 übereinanderliegenden Zellen aufgebaut und enthalten viele Chloroplasten

(Abb. 6). Mit den Lamellen wird die Blattoberfläche enorm vergrößert und das wenige Licht am Waldboden optimal ausgenutzt. Es ist erstaunlich, dass auf einer Blattbreite von nur 1 mm in der Mitte des Blattes durchaus 50 Lamellen sein können.

Bei Trockenheit rollen sich die Blattränder etwas ein und die Blätter werden an den Stamm angelegt. Dabei werden die assimilierenden Zellen geschützt und Feuchtigkeit nicht ganz preisgegeben. Die Pflanzen sehen in diesem Zustand dunkel und abgestorben aus. Es ist aber, wie auch bei anderen Laubmoosarten vorkommend, ein Zustand latenten Lebens (Anabiose). Bei sich erhöhender Luftfeuchte oder Regen frischen die Pflanzen wieder auf.

In der Rippenverdickung an der Blattunterseite befinden sich dickwandige Epidermiszellen, die dem Blatt Stabilität verleihen und es schüt-

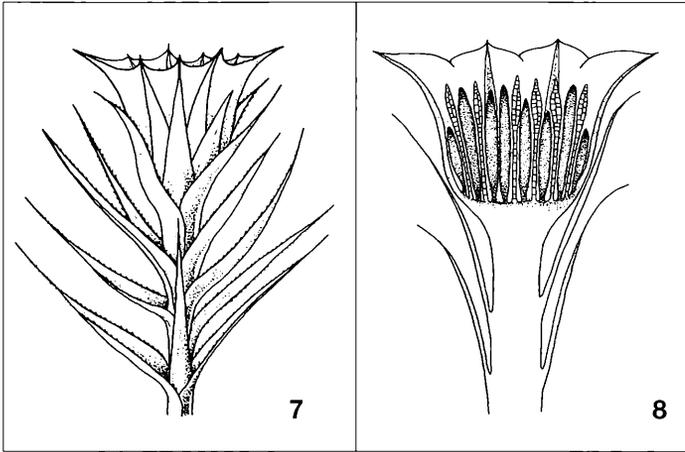


Abb. 7 und 8: Antheridienstand. 7 Seitenansicht (oben 3 mm breit); 8 Längsschnitt durch die Antheridienschüssel, eine Antheridie ist ca. 1 mm lang.

zen. Darüber liegen dickwandige, englumige Stereiden und über ihnen großlumige Deuter, in denen Wasser transportiert sowie Assimilate geleitet und gespeichert werden. Die wasserführenden Zellen werden Hydroiden, die assimilableitenden Zellen Leptoiden genannt.

Antheridienstand

Weibliche Pflanzen findet man am ehesten zwischen Pflanzen mit Sporophyten, männliche Pflanzen erkennt man an den trichterförmigen, hellgrünen Perichaetalblättern an der Pflanzenspitze (Abb. 7). Es empfiehlt sich, Längs-

schnitte durch das Archegonium (Probst, 1987) bzw. durch den Antheridienstand im April/Mai anzufertigen (Abb. 8). Die wurstförmigen, dunklen Gebilde stellen die Antheridien dar, die zur Reifezeit an ihrer Oberseite die Spermatozoiden entlassen, die von Regentropfen verspritzt werden und dadurch zu den Archegonien gelangen. Helle, keulenförmige Gebilde zwischen den Antheridien stellen Paraphysen dar, welche die Antheridien vor Austrocknung schützen. Besonders reizvoll ist der Blick in den Trichter der Antheridienschüssel (Stereolupe, 10fach). Am Grund der Schüssel sind die rundlichen Oberseiten der Antheridien und der Paraphysen zu sehen (Abb. 9)

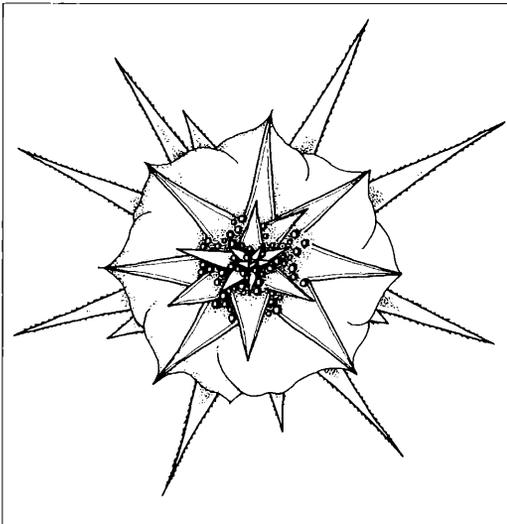


Abb. 9: Antheridienschüssel, Aufsicht.

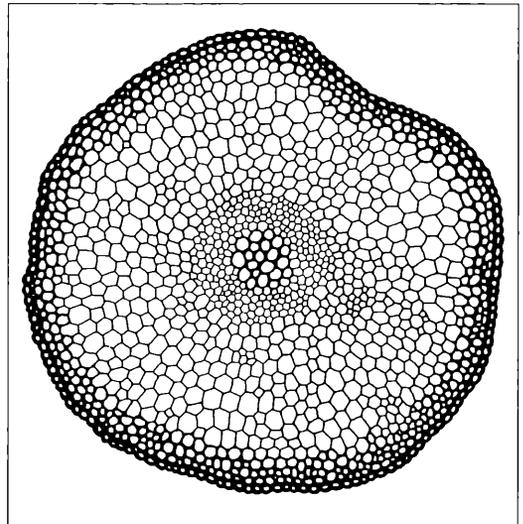


Abb. 10: Stammquerschnitt (0,8 mm).

Stämmchen

Es ist jederzeit möglich, vom Stämmchen Querschnitte anzufertigen (Abb. 10). Man befreit ein Stück des Stammes von den Blättern und schneidet unter der Stereolupe bei 10facher Vergrößerung. Als Unterlage dient festes Papier. Die Schnitte überführt man mit der Klinge oder einem Haarpinsel in einen Wassertropfen auf dem Objektträger und deckt mit einem Deckglas ab. Bei 400facher Vergrößerung des Mikroskops sieht man außen die weinrote Epidermis, die aus dickwandigen, englumigen Zellen besteht. Auch die darunter liegenden Rindenzellen sind dickwandig. Zusammen mit den Epidermiszellen verleihen sie dem Stämmchen Halt und Schutz gegen ungünstige Witterungsverhältnisse. In der Mitte des Stammes befindet sich ein primitiver Leitstrang. Dickwandige, tracheidenartige Zellen in gelbbraunlicher Färbung stellen ein einfaches Xylem dar, das der Wasserleitung und der Festigung dient. An diese Zellen schließt sich ein Ring kleiner, hellgrau aussehender, dünnwandiger Zellen an, in denen Assimilate geleitet werden. Zwischen diesen Zellen und den Rindenzellen liegt eine breite Zone mit stärkehaltigen Zellen. Die Wasserleitzellen sind jedoch nicht allein in der Lage, die Pflanze hinreichend mit Wasser zu versorgen.

Ein dem Wald-Haarmützenmoos ähnliches Moos ist das nahe verwandte Goldene Frauenhaar oder auch Großes Haarmützenmoos (*Polytrichum commune*). Es kommt in Mooren und feuchten Wäldern vor, hat grünliche Sporen und schüsselförmige Lamellenscheitelzellen. Beide Arten sind in Deutschland geschützt.

Literaturhinweise

- Aichele, D., Schwegler, H. W.: Unsere Moos- und Farnpflanzen. Kosmos-Franckh, Stuttgart 1984.
 Düll, R.: Exkursionsaschenbuch der Moose. IDH-Verlag, Bad Münstereifel 1990.
 Frahm, J.-P., Frey, W.: Moosflora. Ulmer, Stuttgart 1992.
 Gerhardt-Dirksen, A., Grundmann, M. (Hrsg.): Moose. Praxis der Naturwissenschaften, Biologie 44/6 (1995).
 Gerhardt-Dirksen, A., Brogmus, H., Harting, W.: Blickpunkt Natur. Moose. Aulis-Deubner, Köln 1992.
 Kremer, B. P., Muhle, H.: Flechten, Moose, Farne. Steinbachs Naturführer. Mosaik Verlag, München 1997.
 Probst, W.: Biologie der Moos- und Farnpflanzen. Quelle & Meyer, Heidelberg 1986.
 Urania Pflanzenreich, Bd. Moose, Farne, Nacktsamer. Urania, Leipzig 1994.

Verfasser: Hans Brogmus,
 Salzmannstr. 6, D-33739 Bielefeld

Buchbesprechungen

Komárek, J., Anagnostidis, K.: Cyanoprokaryota. 1. Teil Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa (H. Ettl, G. Gärtner, H. Heynig, D. Moltenhauer, Hrsg.) Band 19/1. Urban & Fischer Verlag, Jena 1999, 548 Seiten, 643 Abbildungen, gebunden, DM 228,00, ISBN 3-437-35408-6.

Rund 20 Jahre nach dem Neustart der Süßwasserflora (= 3. Auflage des von A. Pascher begründeten Sammelwerks) liegt mit dem zuletzt erschienenen Teilband 19/1 rund die Hälfte des auf 24 Bände veranschlagten Ge-

samtwerks vor. Nachdem Band 20, im Jahre 1982 erschienen, unter dem damals schon völlig antiquierten Sachtitel Schizomycetes („Spaltpilze“) die nicht phototrophen Eubakterien behandelte, widmet sich die neueste Lieferung den früher als Blaualgen (Cyanophyceae), in den letzten Jahren jedoch zunehmende als Blaugrünbakterien bzw. Cyanobakterien bezeichneten phototrophen Vertretern der Prokaryoten. Sie führt gleichzeitig den gewöhnungsbedürftigen neuen Begriff Cyanoprokaryota ein, dessen taxonomischer Rang (Abteilung? Klasse?) offen bleibt und möglicherweise nur als Um-

schreibung gedacht ist (der Strasburger, 34. Auflage 1998, benennt die gleiche Organismengruppe als Cyanobacteriota). Rein numerisch bildet Band 19 im Gesamtwerk den Abschluß der Algen im weitesten Sinne. Nach systematischen Gesichtspunkten hätte er eher Band 1 oder 2 sein sollen. Vom arten- und typenreichen Formenbestand dieser Verwandtschaftsgruppen sind im vorliegenden Band die Vertreter der Ordnung Chroococcales berücksichtigt und damit alle einzelligen bzw. koloniebildenden Cyanobakterien, die keine echten Fäden bilden. Die fähigen Formen wer-

den Gegenstand der Folgebände 19/2 und 19/3 sein. Anders als der Serientitel in Aussicht stellt, behandelt dieser Band nicht nur die limnischen Arten Mitteleuropas, sondern weitet den Inhalt auf das gesamte Europa aus und berücksichtigt sogar die marinen Formen der Küstengebiete. Vielfach sind auch Verbreitungsgaben aus anderen Kontinenten von der Antarktis bis Nordgrönland berücksichtigt. Auch dieser Band der Süßwasserflora erweist sich somit als ein Werk von eher globaler Perspektive. Das Werk ist außerordentlich gründlich recherchiert und bietet einen nahezu komplette Zusammenschau des gegenwärtigen taxonomischen und verbreitungsökologischen Wissensstandes. Auf dem Hintergrund seines geographischen Zuschnitts, im Blick auf einen eher internationalen Interessentenkreis und wohl auch bedingt durch die beiden offenbar nicht deutschsprachigen Autoren sind alle Schlüssell- und Beschreibungen der vorgestellten Gattungen und Arten in englischer Sprache geschrieben. Alle detaillierten mit vielen mikroskopischen Merkmalen behandelten Arten sind auch in Strichzeichnungen abgebildet. Diese sind technisch auffallend heterogen und – ebenso wie die wenigen sw-Fotos – in der Wiedergabe von durchweg sehr dürftiger Qualität. Das Werk erfreut aber dennoch mit einer ungeheuren Fülle von Fakten und neueren Befunden. Es wird daher für alle, die sich intensiv mit den so vielfältigen und interessanten Cyanobakterien befassen, eine unentbehrliche Arbeitshilfe sein.

Bruno. P. Kremer, Köln

Markel, J. (Hrsg.): Biologie der Organismen. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1998, 236 Seiten, kartoniert, DM 48,00, ISBN 3-8274-0286-7.

Dieses Buch versteht sich, wie es von seinem Herausgeber im Vorwort erläutert wird, neben einer

eigenständigen, kurzweiligen Wissenschaftslektüre für alle jene, die über aktuelle Fortschritte in der Erforschung der Organismen informiert sein wollen, vor allem als ein gezielt zusammengestelltes Kompendium zu den Teilen V bis VII (Systematik, Pflanzenphysiologie, Tierphysiologie) des neuen, ebenfalls bei Spektrum erschienenen und vor einiger Zeit im MIKROKOSMOS besprochenen Lehrbuches *Biologie* von Neil Campbell. Die aus den Jahrgängen 1987 bis 1997 der Zeitschrift *Spektrum der Wissenschaft* ausgewählten und durch einen Pro- und Epilog eingerahmten dreißig Artikel stellen eine Anthologie biologischer Themen dar, in der man gerne „herumschmökert“.

Klaus Hausmann, Berlin

Begon, M. E., Harper, J. L., Towsned, C. R. (Sauer, K. P., Herausgeber der deutschen Übersetzung): Ökologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1998, 750 Seiten, über 600 Abbildungen, kartoniert, DM 98,00, ISBN 3-8274-0227-1; gebunden, DM 148,00, ISBN 3-8274-0226-3.

Ökologie ist eine immer wichtiger werdende biologische Disziplin, beschäftigt sie sich doch mit der Interaktion der Organismen untereinander und der Auseinandersetzung mit ihrer Umwelt, die im zunehmenden Maße vom Menschen, wenn nicht unbedingt allerorten zerstört, so doch bedroht, zumindest aber beeinträchtigt und verändert wird. Um dieses erlassen und, wenn nötig, verhindern oder wenigstens einschränken zu können, müssen die grundlegenden Mechanismen und Zusammenhänge erforscht werden und das Wissen darum verfügbar sein. Sowohl für die Ausbildung zukünftiger Ökologen als auch in der aktuellen Forschungsarbeit sind also solide Basiswerke und zuverlässige Nachschlagewerke unbedingt notwendig.

Das vorliegende Buch gehört ganz in erster Reihe zu diesen erwünschten und benötigten Publikationen. Das bereits in dritter Auflage vorliegende Werk hat sich im englischsprachigen Raum seit Jahren bewährt und gilt dort unterdessen im entsprechenden Marktsegment als Klassiker. Aufmachung und Anspruch sind überzeugend, was auch durch die lebhaftige Nachfrage belegt wird. Nun ist die deutsche Ausgabe des Buches, welche durch Klaus Peter Sauer von der Universität Bonn eine hervorragende herausgeberische Betreuung erfahren hat, dabei, auch in unserem Sprachgebiet einen ähnlichen Stellenwert zu erlangen. Es kann jedem, der am aktuellen Stand des Wissens um die Ökologie interessiert ist, wärmstens empfohlen werden.

Wilhelm Wagner, Essen

Besl, H., Fischer, M. A., Höll, W., Vogellehner, D.: Studienhilfe Botanik. 5. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1998, 202 Seiten, kartoniert, DM 39,80, ISBN 3-437-25348-4.

Zur bereits vorgestellten Neuauflage des „Lehrbuchs der Botanik“ (MIKROKOSMOS 4/98) liegt jetzt in 5. Auflage eine begleitende Studienhilfe vor, die den Lernstoff kapitelweise in Einzelfragen aufgreift und durch gezielte Antworten mit Seitenverweisen erarbeiten hilft. Die neue Studienhilfe ist zwar in erster Linie für die Examensvorbereitung gedacht, vermag aber auch beim selbständigen Einlesen in neue Themenfelder, bei der Aktualisierung des eigenen Kenntnisstandes oder bei der Vertiefung besonderer Teilbereiche die notwendigen Leitlinien an die Hand zu geben. Der Stoff ist so organisiert, daß in der linken Textspalte in fortlaufender Numerierung Fragen zu einzelnen zentralen Sachverhalten aufgelistet sind, für die die rechte Textspalte die jeweils passenden Antworten oder Erläuterungen beithält. Hervorzuheben ist, dass

der didaktisch recht geschickt aufgebaute Problemerkatalog zur kritischen Selbstkontrolle auch immer wieder solche Fragen vorsieht, die nur bei gründlichem Verständnis richtig zu beantworten sind. Da entsprechend der Themenlage des Lehrbuchs naturgemäß sehr viele Fakten zum Aufbau der Pflanzen oder aus der Systematik der Niederen Organismen von den Bakterien über die Pilze bis zu den Algen auftauchen, ist diese Lernhilfe gewiß auch für Mikroskopiker von besonderem Interesse.

Thomas Waßmann, Bonn

Mehlhorn, H., Piekarski, G.: **Grundriß der Parasitenkunde**, 5. Aufl. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1998, 516 Seiten, Taschenbuch, DM 39,80, ISBN 3-437-25830-3.

H. Mehlhorn G. Piekarski

■ Grundriß der Parasitenkunde

5. Auflage



GUSTAV FISCHER

Seit seinem ersten Erscheinen im Jahre 1981 erfährt dieses nun in fünfter Auflage vorliegende Buch ungebrochenes, lebhaftes Interesse. Das ist sehr verständlich, ist es doch ein Buch, das es versteht, neben der Faszination, welche die Parasiten zweifelsfrei ausüben, gleichzeitig das dazugehörige Fachwissen zu vermitteln. Dieses geschieht durch einen konzentrierten, aber gut lesbaren Text und durch eine Vielzahl hervorragender licht- und elektronenmikroskopischer Abbildungen sowie einprägsamer Schemata.

Die neue Auflage ist erwartungsgemäß gründlich aktualisiert, hält aber am bewährten Konzept fest, nämlich die Morphologie sowie die Entwicklungszyklen der wichtigsten Parasiten vorzustellen, die von ihnen hervorgerufenen Erkrankungen zu erläutern sowie effektive Bekämpfungsmaßnahmen aufzuzeigen. Dem systematisch orientierten Protozoologen fällt natürlich sofort schmerzlich ins Auge, daß nach wie vor an einer überalterten, obsoleten Protozoensystematik festgehalten wird, ein Defizit, auf das immerhin vom Autor selbst aufmerksam gemacht wird, wenn er schreibt: „Daher wird hier bewußt das alte System beibehalten und zum Maßstab einer Reihenfolge bei der Besprechung genommen“. Dieses mag zulässig sein. Würde der Autor es dann aber auch hinnehmen, wenn man beispielsweise wider besseres Wissen falsche und unzulässig vereinfachte Versionen von sehr komplexen, nicht auf Anhiernachvollziehbaren Lebenszyklen der Parasiten präsentieren würde, nur weil es dann „lehr- und erlernbare Systeme“ wären, wie er seine Art der Behandlung der Systematik charakterisiert? Wohl kaum! Nun, trotz dieses Wermutstropfens kann ich dem Werk nur weiterhin eine weite und schnelle Verbreitung wünschen, die es dann mit einiger Gewissheit wohl auch diesmal wieder erfahren wird.

Klaus Hausmann, Berlin

Frahm, J.-P.: **Moose als Bioindikatoren**. Verlag Quelle & Meyer Wiesbaden, Nr. 57 der Reihe: Biologische Arbeitsbücher, 1998, 187 Seiten, 14 Tabellen, 17 Abbildungen, 4 Schwarzweiß-Fotos, DM 32,80, ISBN 3-494-01271-7.

Die Bedeutung von Bioindikatoren für die Beurteilung der Lebensqualität eines Ortes nimmt in dem Maße zu, wie schnelle

(nicht extrem genaue) Aussagen über viele Orte benötigt werden. In der verfügbaren Zeit können das aufwendige und oft langwierige chemische Analysen nicht leisten. Die verschiedensten Lebewesen wurden bisher für diesen Zweck benutzt, wobei wohl der Aussagewert von Plankton- und Fischarten für die Wasserqualität und von Flechtenbewuchs auf Baumrinde für die Luftreinheit allgemein bekannt sind. Dass auch Moose für diese Zwecke gut zu verwenden sind, zeigt der Autor J.-P. Frahm im vorliegenden Büchlein.

In verständlicher Sprache wird der Leser zunächst mit den Grundlagen der Bioindikation und mit der Brauchbarkeit der Moose für diesen Zweck vertraut gemacht. Anhand klassischer Untersuchungen wird anschließend ihre Eignung für die Erfassung der Gewässergüte und der Belastungen durch Schwermetalle, Radioisotope oder gasförmige Emissionen vorgestellt. Jedes Kapitel ist mit oft umfangreichen Literaturangaben versehen. Deren Diskussion, wie z. B. in Kapitel 3.2 „Mooskartierung“, ist für den an der praktischen Umsetzung interessierten Leser aber zu verwirrend und hätte lieber zugunsten einer besseren Übersicht gestrafft werden sollen.

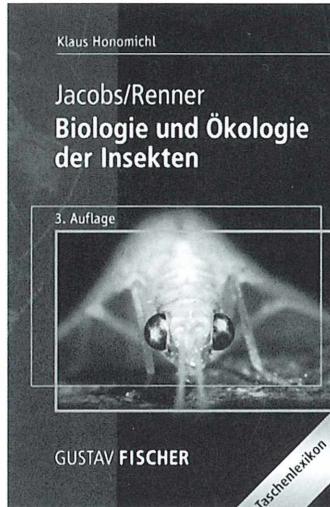
Der Theorie im ersten Drittel des Buches folgt im zweiten Drittel der praktische Teil. Hier gibt der Autor recht präzise Hinweise zur Durchführung praktikabler Tests, die je nach den technischen Möglichkeiten einer interessierten Privatperson, einer Biologiegruppe in einem Gymnasium oder auch einer mit teuren Apparaten (REM, Fluoreszenzmikroskopie, Chromatograph) ausgestatteten Universität durchgeführt werden können. Viele der 29 ausführlich erläuterten Versuche lassen sich mit Aussicht auf ein schnelles Resultat ohne weiteres im privaten Rahmen gewinnbringend durchführen. Einige erscheinen dem Rezensenten allerdings im Hinblick auf das Ergebnis zu aufwendig. Hier hätte man sich Hin-

weise auf einfacher zu handhabende Organismen gewünscht, mit denen das Ziel des Versuches schneller zu erreichen wäre. Die besonders in diesem Abschnitt häufigen chemischen Formeln und Gleichungen hätten dringend vor der Drucklegung auf ihre Richtigkeit durchgesehen werden sollen. In ähnlicher Weise wurden leider auch viele Bindestriche als Reste eines früheren Zeilenumbruchs nicht mehr korrigiert. Etwas verloren erscheinen die 4 Schwarzweißfotos, zumal ihr Aussagewert verborgen bleibt. Die meisten der beigefügten Skizzen, Tabellen, Karten und Diagramme, erläutern das im Text Gesagte zu Genüge. Im dritten Teil des Buches sind Bestimmungsschlüssel abgedruckt, die die Verwendbarkeit des Buches zweifellos erhöhen. Hier unternimmt der Autor den Versuch, einem bryologisch wenig versierten Benutzer den Zugang zu den Arten zu erleichtern, die für den betrachteten Lebensraum im Wasser der Flüsse und Bäche bzw. auf Baumrinde in Frage kommen. Ohne den unübersichtlichen Ballast der vielen anderen Moosarten Deutschlands, die für den betrachteten Lebensraum ohne Belang sind, führen die Schlüssel recht sicher zu den in Frage kommenden Arten. Zeichnungen und eine kurze anatomische und ökologische Charakterisierung der angeführten Moosarten (nach jedem Schlüssel geordnet nach dem Alphabet) bringt Sicherheit und zusätzliche Informationen. Alles zusammen kann dies die Akzeptanz der Moose als Bioindikatoren erheblich steigern. Zumindest trifft dies auf Hydrophyten und Epiphyten zu, für die ja auch Schlüssel angefertigt wurden. Der zweifellos ebenso vorhandene Aussagewert von Erd- und Gesteinsmoosen wird leider – aber wohl für den Umfang des Buches unumgänglich – nur im ersten Teil des Buches gestreift. Dem handlichen Buch ist eine weite Verbreitung – und vor allem Benutzung – zu wünschen.

Klaus von der Dunk, Hemhofen

Honomichel, K.: Biologie und Ökologie der Insekten: ein Taschenlexikon.

Begründet von Werner Jacobs und Maximilian Renner, 3. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1998, 678 Seiten, gebunden, DM 78,00, ISBN 3-437-25890-7.



Jetzt liegt die 3. Auflage des bekannten Taschenlexikons von Jacobs und Renner in einer überarbeiteten Version von Klaus Honomichel vor. Der Grundaufbau als Lexikon wurde zu Recht beibehalten, jedoch präsentiert sich die neue Auflage in einem leicht veränderten, verbesserten Layout. Doch davon später mehr. Ein Lexikon dient in erster Linie dazu, einen schnellen Zugriff auf Information zu haben und hat den nicht zu unterschätzenden Nebeneffekt, zum Schmökern einzuladen. Um es bereits hier vorweg zu nehmen: Beide Aspekte erfüllt dieses Buch in bekannt hervorragender Weise. Sobald man dieses Buch in die Hand genommen hat, erschließt sich einem die Fülle von Information, die man in den allgemeinen Lehrbüchern der Entomologie vermisst. Letztere bieten meist ausschließlich Wissen zur Morphologie, Anatomie und Systematik. Themen wie Biologie,

Ökologie, Physiologie, Ontogenese und Fortpflanzung bestimmter Arten fehlen. In diese Lücke dringt dieses Lexikon.

Alle Großgruppen der Insekten werden in diesem Lexikon berücksichtigt, wobei sich die exemplarischen Darstellungen auf europäische Arten beschränken. Allerdings werden an manchen Stellen auch außereuropäische Arten zum Vergleich herangezogen oder dann, wenn es sich um Arten handelt, die zum „entomologischen Allgemeinwissen“ gehören (z. B. *Carausius morosus*).

Die Schilderungen der Großgruppen umfassen eine knappe Darstellung der diagnostischen morphologischen Merkmale dieser Gruppe. Angaben über weltweite Artenzahlen wie auch die Anzahl in Deutschland oder Europa vorkommender Arten fehlen ebenso wenig wie Größenangaben. Neben dem wissenschaftlichen Namen werden auch die, soweit vorhandenen, deutschen Namen angeführt. Positiv hervorzuheben ist, dass ein Zugriff auf die gesuchte Insektengruppe oder Art auch dann möglich ist, wenn man „nur“ den deutschen Namen kennt. Unter diesen Namen wird auf den entsprechenden wissenschaftlichen Terminus verwiesen. Den in Stichworten gehaltenen diagnostischen Beschreibungen folgen knappe, jedoch erstaunlich umfassende Schilderungen zum Vorkommen, zur Nahrung und zum Verhalten. Die Ontogenese und Fortpflanzungsbiologie wird ausführlich geschildert. In der Regel schließen sich Darstellungen ausgewählter prominenter Vertreter der Insektengruppe an. Die Auswahl orientiert sich deutlich an kommunen Arten, ökologisch oder für den Menschen ökonomisch relevanten Arten. Habitats- und Detailzeichnungen ergänzen den Text. Neben der Darstellung der Insektengruppen und ihrer Vertreter berücksichtigt dieses Lexikon weitere Themenkomplexe. Dies sind in erster Linie Beschreibungen allgemeiner Phänomene aus

den Bereichen Ernährung, Fortpflanzung und Lebensweise. Hier seien nur stichwortartig Begriffe wie Parasitismus, Färbung, Partehomogenese und Brutpflege genannt. Die allgemeine Insektenmorphologie allerdings findet nur dann Berücksichtigung, wenn sie mit einem der zuvor genannten, übergeordneten Themenkomplexe in unmittelbarem Zusammenhang steht.

Eine Liste der geschützten Insekten fehlt ebenso wenig, wie schematische Zeichnungen zur äußeren Anatomie eines geflügelten Insektes in den vorderen Umschlagseiten. Die ebenso im Text verwendeten Abkürzungen der morphologischen Merkmale sind wiederum mit wissenschaftlichen und deutschen Termini aufgeführt. Eine Stammbaumhypothese der Insekten ist im hinteren Umschlagkarton abgebildet, die sich allerdings eher an traditionellen Vorstellungen orientiert. Die Benutzung des Lexikons ist durch kleine, aber wesentliche Änderungen gegenüber den vorhergehenden Auflagen erheblich vereinfacht und dadurch benutzerfreundlicher gestaltet worden. Der flexible Kunststoffeinband muss dabei besonders positiv hervorgehoben werden. Jetzt gibt es keine Entschuldigung mehr, dass in der Tasche kein Platz mehr ist! Eine Buchstabenleiste auf den rechten Seiten in Fettdruck erhöht den Zugriff ungemein. Die Abbildungen in ihrer bewährten informativen Aussagekraft sind beibehalten worden. Ein feiner Rahmen umgibt die Abbildungen, und leistet ihren Beitrag zu einer klaren Gliederung der Seiten.

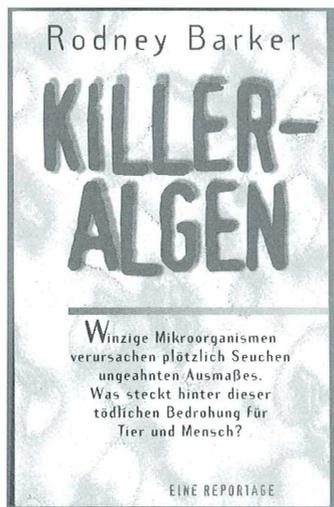
Insgesamt kann dieses Lexikon jedem entomologisch Begeisterten, gleich ob Anfänger oder Fortgeschrittener, empfohlen werden. War dieses Lexikon schon in den vorangegangenen Auflagen ein Muss für Entomologen, so darf dieses Buch auf keiner Exkursion mehr fehlen. Zwangsläufig drängt sich ein Vergleich mit der vor einiger Zeit erschienenen CD gleichen Titels

auf [siehe auch Besprechung MIKROKOSMOS 86, 238–239 (1997)], die übrigens im Paketangebot (CD + Buch) zum reduzierten Preis von DM 148,00 bezogen werden kann. Beide Werke haben ihre Berechtigung, doch lädt das hier besprochene gedruckte Werk zum Schmökern ein, ein wesentlicher Faktor des Lernens, und kann jederzeit direkt und ohne weitere technische Voraussetzungen benutzt werden, zum Beispiel im Rahmen von Exkursionen.

Als Resümee mag das vom Rezensenten leicht veränderte Leitwort von Karl von Frisch (1974) stehen: „Wie glücklich wäre ich gewesen, wenn ich schon früh in meiner Studienzeit ein solches Buch gehabt hätte!“

Christian Fischer, Berlin

Barker, R.: *Killeralgen*. Scherz Verlag, Bern, 1999, 352 Seiten, (leider nur) eine Abbildung, Paperback, DM 39,90, ISBN 3-502-15043-5.



Dieses Buch ist etwas außergewöhnlich insofern, als es nicht zu den mehr oder minder streng wissenschaftlichen Werken oder zu den Lehr- und Sachbüchern zu zählen ist, die üblicherweise an dieser Stelle besprochen werden. Es ist aber auch kein Roman oder

Krimi, dennoch aber eine Art äußerst spannender Thriller, dessen Hauptakteur – neben den involvierten Menschen – ein Einzeller ist, nämlich der Dinoflagellat *Pfisteria piscicida*.

Worum geht es? Anfang der 90er Jahre fand die an der Universität von Raleigh, North Carolina, USA, tätige Biologin JoAnn Burkholder Evidenzen dafür, dass großräumige Fischsterben in einem Flußästuar der amerikanischen Ostküste des States North Carolina mit dem Auftreten eines bislang unbekanntem Dinoflagellaten korreliert waren, der außer für Fische offenbar auch für Menschen sehr gefährlich ist [im MIKROKOSMOS gab es dazu zwei Mitteilungen: 84, 95–97 (1995) und 87, 245–246 (1998)]. Sie selbst erkrankte kurzzeitig, ihr Laborassistent langfristig an den von *Pfisteria* produzierten und freigesetzten Toxinen mit folgenden Auswirkungen: allgemeine Schmerzen, narkoseartige Zustände, Herzrhythmusstörungen, Übelkeit, Erbrechen, Orientierungs- und Gedächtnisverlust. Ihre Wissenschaftskollegen wollten diese Befunde der Fisch- und Menschenpathogenität von *P. piscicida* zunächst nicht akzeptieren, die betroffenen Umweltbehörden erst recht nicht. In Form einer spannenden Geschichte wird berichtet, wie die Erforschung dieses Phänomens von der einen (politisch leider relativ machtlosen) Seite begeistert vorangetrieben, von der anderen (in entsprechenden politischen Gremien mit relativ hoher Machtbefugnis residierenden) Gruppe aber vehement gebremst wurde. Es wird offengelegt, wie immer wieder mit allen Mitteln versucht wurde, die Forscherin zu diffamieren und ihre wissenschaftliche, aber auch ihre menschliche Integrität in Frage zu stellen. Es wird aufgedeckt, wie im Zuge angeblich transparenter und einem hohen Ehrenkodex folgender, dem Sagen nach ausschließlich auf der jeweiligen wissenschaftlichen Kompetenz der Antragssteller basierenden

Auswahlkriterien die Mittelzuweisung für weitere Forschung von Frau Burkholder grotesk gekürzt und das freiwerdende Finanzpotential anderen, weniger qualifizierten Personen und Institutionen zugeleitet wurde. Das war der Tribut, den Dr. Burkholder dafür zu zollen hatte, dass sie zu oft und zu heftig in unangenehmer Weise bei vielen sich bietenden Gelegenheiten in verschiedenen Gremien, in die sie aufgrund ihres fachlichen Wissens gewählt wurde, und getrieben von ihrem grundsätzlichen Engagement für die Umwelt unmissverständlich ihre Meinung zu anstehenden Problemen geäußert hatte, was in höheren Verwaltungskreisen ausgesprochen ungern gesehen wurde.

Durch diesen kurzen Anriss sollte nun genügend Interesse oder gar Neugier geweckt sein, diese Story selbst nachzulesen.

Übrigens, wer meint, dass die aufgedeckten Intrigen und Hinterhältigkeiten von Seiten der zuständigen Behörden und beteiligten Wissenschaftler ein typisch amerikanisches Problem darstel-

len, der sei versichert, dass es vor unserer eigenen Haustür im Grunde genommen nicht anders aussieht.

Wilhelm Wagner, Essen

Johanson, D., Blake, E.: Lucy und ihre Kinder. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg 1998, 272 Seiten, Großformat, gebunden, DM 98,00, ISBN 3-8274-0274-3.

Dieses Buch hat sicherlich nichts mit der mikroskopischen Dimension zu tun. Wenn es dennoch im MIKROKOSMOS eine Würdigung erfährt, dann deshalb, weil es um *Lucy und ihre Kinder* geht, also um unsere Vorfahren und um uns selbst. Nun, so könnte man einwenden, da gibt es doch bereits wahrlich genügend Publikationen, die dieses Thema abdecken. Wieso dann nun auch noch *Lucy*? Die Antwort ist schnell gegeben: Die Art, wie die Fragestellung nähergebracht wird, insbesondere die unglaublich schöne und ästhetische Manier, in der im Grunde genommen

lediglich Knochen abgebildet werden, ist es, was das Buch so auszeichnet und es ganz klar als habenswert erscheinen läßt. Und welcher Mikroskopiker kann sich schon der Ästhetik entziehen, die von einem Bild ausgeht, gleichgültig, ob es die mikro, makro- oder megaskopische Sichtweise ist, unter deren Blickwinkel man die Dinge gerade betrachtet? Schließlich: Welchen Naturfreund – den engagierten und begeisterter Mikroskopiker inbegriffen –, könnte es nicht interessieren, wo wir herkommen und wie das heutzutage neben der exzellenten bildlichen Darstellung auch textlich-intellektuell, also wissenschaftlich fundiert belegt werden kann? Also, geben Sie – natürlich nur beiläufig, aber zeitig genug – vor Ihrem nächsten Geburtstag oder einem anderen Jubiläum Ihrem Neffen, Ihrem Patenkind, Ihrem Enkel oder welchem Ihnen auch immer nächstehenden Menschen einen dezenten, aber unüberhörbaren Hinweis auf diese Geschenkidee. Sie werden sich darüber freuen!

Klaus Hausmann, Berlin

Aus den Arbeitsgemeinschaften

Mikrobiologische Vereinigung München

Programm

November 1999 bis März 2000



- 3.11.: Diskussionsabend mit Demonstration von Exkursionsmaterial. Funde mitbringen!
- 17.11.: Die Kastanienminiermotte. Demonstrations- und Arbeitsabend. (S. Hoc)
- 4.12.: Exkursion in das Botanische Institut der Universität zur Beobachtung des Wachstums von Nerven (Demo: Dr. Harz); Treff: Haupteingang Botanischer Garten, Menzinger Strasse; 10 Uhr. Am Vortrag anrufen!
- 15.12.: Cyanobakterien und Umwelt (Martin Erzrodt); Herr Erzrodt ist ein Wettbewerbsieger von „Jugend forscht“.
- 12.1.: Diskussionsabend mit Demonstration von Exkursionsmaterial. Funde mitbringen!
- 29.1.: Exkursion in das Botanische Institut der Universität zur Demonstration der Arbeit

am Rasterelektronenmikroskop (Dr. Eva Facher). Ort und Zeit telefonisch erfragen!

- 9.2.: Die Säugetierleber. Demonstrations- und Arbeitsabend mit Präparation einer Schweineleber. (Dr. M. Schubert)
- 23.2.: Subfossile interglaziale Hölzer und ihre Datierung. (Pater M. Guggemos und Schüler des Salesianer-Gymnasiums in Buxheim bei Memmingen)
- 15.3.: Tillandsia usneoides (Louisianamoos, die kleinste Bromelie): Anatomie und Biologie; Dia-Vortrag. (J. Hieber)
- 29.3.: Jahreshauptversammlung. (Ort und Beginn werden noch bekannt gegeben.) Danach Dia-Vortrag: Venezuela – Über den Auyan Tepui nach Canaima und zum höchsten Wasserfall der Erde. (J. Hieber)

Gäste sind zu allen Veranstaltungen willkommen. Mittwochs immer 19.30 Uhr, Lothstrasse 17, Ecke Dachauer Strasse, Trambahnlinie 20. Zugang von Dachauer oder Heßstrasse zum Neubau der TU (hinter dem ehemaligen Zeughaus). Seminarraum 04 (Untergeschoß). Telefon 08142/2452 oder 08141/512690.

Anzeigenschluß für die nächste Ausgabe: 19. November 1999

Preise für Mikro-Markt-Anzeigen (je mm bei 68 mm Spaltenbreite):

Privat: DM 3,50; Geschäftlich: DM 5,-;

Vorzugspreis für Abonnenten der Zeitschrift (nur Privatanzeigen): DM 2,-
Chiffregebühr DM 10,- (Preise zzgl. gesetzlicher MwSt.)

Senden Sie Ihren Anzeigenauftrag an:

URBAN & FISCHER Verlag, Anzeigenleitung, Postfach 10 05 37, D-07705 Jena

• Chemikalien (chemicals) Reagenzien (reagents)
• Farbstoffe (staining solutions) Indikatoren (indicators)



Professionell färben!

Das komplette Lieferprogramm!
(the whole world of dye)

jetzt im Internet: www.chroma.de E-mail: info@chroma.de

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

Suche: Alles über *Bärtierchen*, vor allem ältere Abbildungen. Außerdem solide *Standlupe*, z.B. mit Dreibein, für Auflicht; gebrauchstaugliches *Kleinstmikroskop für Durchlicht* (gerne älteres Modell) sowie *früheste Jahrgänge des Mikrokosmos*. Tel. abends 0 89/6 90 98 43

Suche: Objektiv-**Schlittenrevolver** (für Zeiss Standard 18) **5-fach** (Nr. 473150) oder 4-fach (Nr. 473140); **Achromat 40/0,75 Wasser** (Nr. 461702), evtl. mit Aufsteckkappe (Nr. 461790). **Tel.** 0 74 61/1 32 19

Suche: Mikrokosmos kompl. Jahrgänge 1968 bis 1985, Tel. 089/3 08 22 11

Suche: Mikropräparate (Zoologie, Botanik) in bester Qualität. Chiffre Mikrokosmos 1.6/99

Suche: Für Ortholux I Kondensator und Lichtquelle
Verkaufe: ZEISS Jena Objektive Planachromat 50/0,80 und 10/0,20, Mikrotom sowie neues Hund/Will Binokulares Mikroskop
Fax: 0 25 92-7426

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

**LOMO**

Die vernünftige Alternative

- Biologische Forschungsmikroskope
- Schülermikroskope
- Stereomikroskope
- umfangreiches Zubehörprogramm
- große Auswahl an Apochromaten
- und Achromaten

SONDEROPTIKEN ASTRONOMIE MIKROSKOPIE
TELEFON UND FAX 02561 / 67269



BW-OPTIK
DIREKTVERSAND LANGNER-VOSS
48683 AHAUS - BUSSARDWEG 19-B

Neuer Katalog - 200 Seiten DIN A4
Schutzgebühr: Inland DM 10,- Ausland DM 20,-

Verkaufe:

Zeiss Jena Reisemikroskop kompl. im Holzkasten
1 Olympus Invertoskop CK2 mit Fotostützen und vier Phasenkontrast-Planobjektiven
1 Leitz Laborlux 12 HL. Auflicht/Durchlicht mit vier NPL/DI Objektiven
1 x Leitz PL / Fluotar 5 x 0,12 / 10 x - 0,3 / 20 x 0,4 / 40 x 0,7 / 100 x 1,3
1 Leitz Objektiv 63 x 0,75
Alle Objektive auf unendlich korrigiert, Deckglasdicke 0,17 Die Leitz-Objektive mit großem Anschraubgewinde.
1 Zeiss 6-fach Revolver Nr. 471710
1 Zeiss Klapp-Kondensator Nr. 445350 mit Blendeinsatz Nr. 445364
Tel. 02 11/49 04 62

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, Bahnhofstraße 27, 58095 Hagen,
Telefon + Fax 0 23 31/3 17 54

Verkaufe: Für Leitz Orthoplan:

Vario-Orthomat (analog) + Phototubus + 4 x 5 inch Camera, DM 2.750,-;
Pol. tubus, DM 1.750,-; Condensator ICT 1048, DM 750,-; NPL Fluotar 6,3/020, DM 300,-;
2x Periplan 10xM oc., DM 275,-; 2x Periplan GF 10xM (1x Kreuzfaden), DM 300,-;
2x Periplan GW 10xM (1x besch.), DM 200,-;
1/4 Lambda, DM 80,-; 0031-71-5 21 88 22
Fax 0031-71-5 21 99 99

Verkaufe: Zeiss Planachromat 100/1,25/öl/Iris (461916-9902), tadellos. DM 580,-
Tel. + Fax: 0 9953/5 27

**Was wir heute tun,
entscheidet, wie
die Welt morgen
aussieht.** Boris Pasternak

Brot für die Welt Postbank Köln 500 500-500

<http://www.brot-fuer-die-welt.de>

Der Mann, der den
Berg abtrug, war
derselbe, der anfang,
kleine Steine weg-
zutragen. (China)

Brot für die Welt Postbank Köln 500 500-500

Impressum

Herausgeber: Prof. Dr. Klaus Hausmann, Institut für Biologie/Zoologie, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Straße 1-3, 14195 Berlin, Telefon: 030/8 38 64 75, Telefax: 030/8 38 64 77, e-mail: hausmann@zcdat.fu-berlin.de
Verlag: Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, PF 100 537, D - 07705 Jena.

Telefon (03641)626-3, Fax (03641)62 65 00; e-mail: journals@urbanfischer.de

Anzeigenannahme und -verwaltung: Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Anzeigenleitung: Sabine Schröter, PF 100 537, D - 07705 Jena, Telefon (03641)62 64 28, Fax (03641)62 64 21.

Zur Zeit gilt die Anzeigen-Preisliste vom 1. 1. 1999.

Abonnementsverwaltung und Vertrieb: SFG Servicecenter Fachverlage Zeitschriftenvertrieb: Barbara Dressler, PF 10 05 37, 07745 Jena, Telefon (03641)62 64 44, Fax (03641)62 64 43.

Bezugshinweise: Das Abonnement gilt bis auf Widerruf oder wird auf Wunsch befristet. Die Lieferung der Zeitschrift läuft weiter, wenn sie nicht bis zum 31. 10. eines Jahres abbestellt wird.

Erscheinungsweise (1999): 1 Jahrgang mit 6 Heften.

Abo-Preise (1999): 118,- DM/60.36 Euro*; Einzelheftpreis: 24,- DM/12.28 Euro*; Vorzugspreis für Schüler, Azubis und Studenten: 79,- DM/40.41 Euro* *Unverbindlich empfohlene Preise. Alle Preise zzgl. Versandkosten. Preisänderungen vorbehalten.

Folgende Kreditkarten werden zur Zahlung akzeptiert: Visa / Eurocard / Mastercard / American Express (bitte Kartenummer und Gültigkeitsdauer angeben).

Bankverbindung: Deutsche Bank AG Jena, Konto-Nr. 6 284 707, BLZ 820 700 00 und Postbank Stuttgart, Konto-Nr. 923 727 04, BLZ 600 100 70.

Copyright: Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnetonverfahren oder ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen oder sonstigen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden.

Satz: SATZREPROSERVICE GmbH Jena, Talstraße 84, D - 07743 Jena.

Druck: Gulde-Druck GmbH, Hechinger Str. 264, D - 72072 Tübingen.

Diese Zeitschrift wird ab Bd. 85, Heft 1 (1996) auf elementar chlorfreiem,

pH-Wert neutralem, alterungsbeständigem Papier gedruckt.

Printed in Germany

© 1999 Urban & Fischer Verlag



Mitglied der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern und der Deutschen Fachpresse



Mehr Informationen zum „MIKROKOSMOS“ und anderen Zeitschriften finden Sie im Internet: <http://www.urbanfischer.de/journals>

Hinweise für Autoren

1. Der MIKROKOSMOS veröffentlicht Aufsätze, Übersichtsbeiträge, Erfahrungsberichte, Kurzmitteilungen, Hinweise auf interessante neue Arbeitsverfahren oder Präparationsanleitungen sowie technische Innovationen aus allen Teilbereichen der Mikroskopie. Beiträge, die zur Veröffentlichung angeboten werden, dürfen nicht gleichzeitig anderweitig zum Druck eingereicht werden.

2. Die Redaktion bittet, Manuskripte grundsätzlich nur auf einseitig beschriebenen, fortlaufend nummerierten DIN A4-Bögen einzureichen. Jede Manuskriptseite sollte mit doppeltem Zeilenabstand beschrieben werden und jeweils 30 Zeilen mit höchstens 60 Anschlägen pro Zeile umfassen. Bitte am rechten Rand des Manuskriptes die ungefähre Platzierung der Abbildungen und Tabellen angeben. Am Ende des Manuskriptes steht die vollständige Autorenadresse. Soweit möglich sollten die Manuskripte zusätzlich zur Hardcopy als 3,5"-Diskette (nur DOS-Formate) mit der oben angegebenen Formatierung eingereicht werden.

Tabellen und Bildlegenden (beide jeweils fortlaufend nummerieren) bitte nicht in den Haupttext einbauen, sondern als Anhang auf eigene Manuskriptseiten schreiben.

4. Bildvorlagen sind Farbdias (für die sw-Reproduktion) jeglicher Größe, kontrastreiche sw-Fotos und druckfertige Strichzeichnungen, Graphiken (vorzugsweise in tiefschwarzer Zeichentusche angelegt oder als Laserprint). Bitte alle Materialien namentlich kennzeichnen. Beschriftungen nur mit Anreibebuchstaben (Endgröße nach Vergrößerung/ Verkleinerung der jeweiligen Bildvorlage ca. 3 mm) anbringen. Die Bilder werden in drei verschiedenen Breiten (1spaltig, 1,5spaltig, 2spaltig) reproduziert. Es können mehrere Bilder zu Tafeln kombiniert werden.

5. Alle Bildvorlagen bleiben Eigentum des Autors und werden mit den Sonderdrucken des Beitrages wieder zurückgesandt.

6. Literaturzitate bitte in alphabetischer Reihenfolge nach folgendem Schema anordnen:

Zitate von Zeitschriftenbeiträgen:
Kreutz, M., Mayer, Ph.: *Calyptotricha pleuronemoides* – Ein Ciliat in einer Röhre. Mikrokosmos 88, 27–30 (1999).

Buchzitate:
Fioroni, P.: Evertrebratenlarven des marinen Planktons. Verlag Natur & Wissenschaft, Solingen 1998.

Zitate von Buchbeiträgen:
Hausmann, K., Hülsmann, N.: Einzellige Eukaryota, Einzeller. In: Westheide, W., Rieger, R. (Hrsg.): Einzeller und Wirbellose Tiere, S. 1–72. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1996.

7. Jeder Autor erhält von seinem Beitrag vor dem Druck einen Andruck zum Gegenlesen. Korrekturen müssen sich auf Satzfehler beschränken. Umfangreiche Textnachträge oder Umstellungen sind aus Kostengründen nicht möglich. Bei stärkerer redaktioneller Bearbeitung eines Manuskriptes erhält der Autor zuvor eine Kopie des druckfertigen Manuskriptes zur Freigabe.

8. Jeder Autor erhält von seiner im MIKROKOSMOS veröffentlichten Arbeit kostenlos 25 Sonderdrucke.

9. Der Verlag honoriert jede Druckseite mit DM 50,- und Farbmikrofotos, die auf der Titelseite erscheinen, mit DM 100,-.

10. Manuskripte bitte einsenden an Prof. Dr. Klaus Hausmann
Redaktion MIKROKOSMOS
Institut für Biologie/Zoologie
der Freien Universität Berlin
Königin-Luise-Straße 1–3
14195 Berlin

Mikrokosmos
510543
Bibliothek des OÖ.
Landesmuseums

Museumstraße 14
4020 Linz

1 (6)

300229

...t das neue der Optik!!

...geben Sie dem Bestellcoupon an und faxen Sie diesen sofort zurück. Wenn Sie das neue Lexikon der Optik überzeugt, brauchen Sie nur beiliegende Rechnung zu

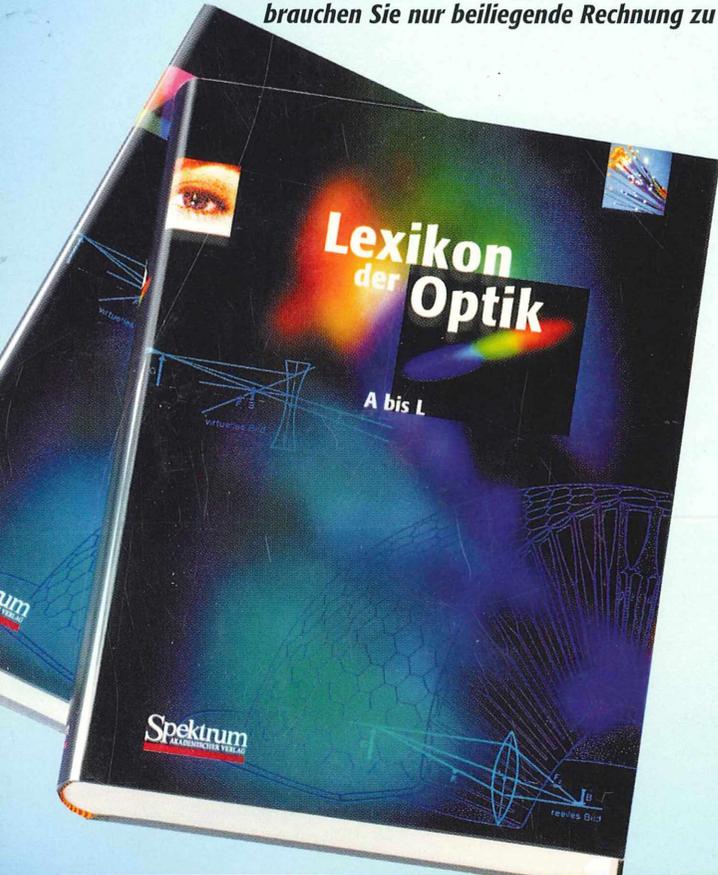
...reichen. Danach bekommen Sie auch Band 2 bequem gegen Rechnung zugestellt. Unsere Vertrauensgarantie: Sollten Sie nicht völlig zufrieden sein, senden Sie Ihren Test-Band und die Rechnung einfach innerhalb von 4 Wochen zurück.

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 Atomstrahl-optik.
- 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

2. Unterschrift

Absender:

Name/Vorname

Straße

PLZ/Ort

Datum

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_6](#)

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: [Mikrokosmos 88_6 1](#)