

II 90372

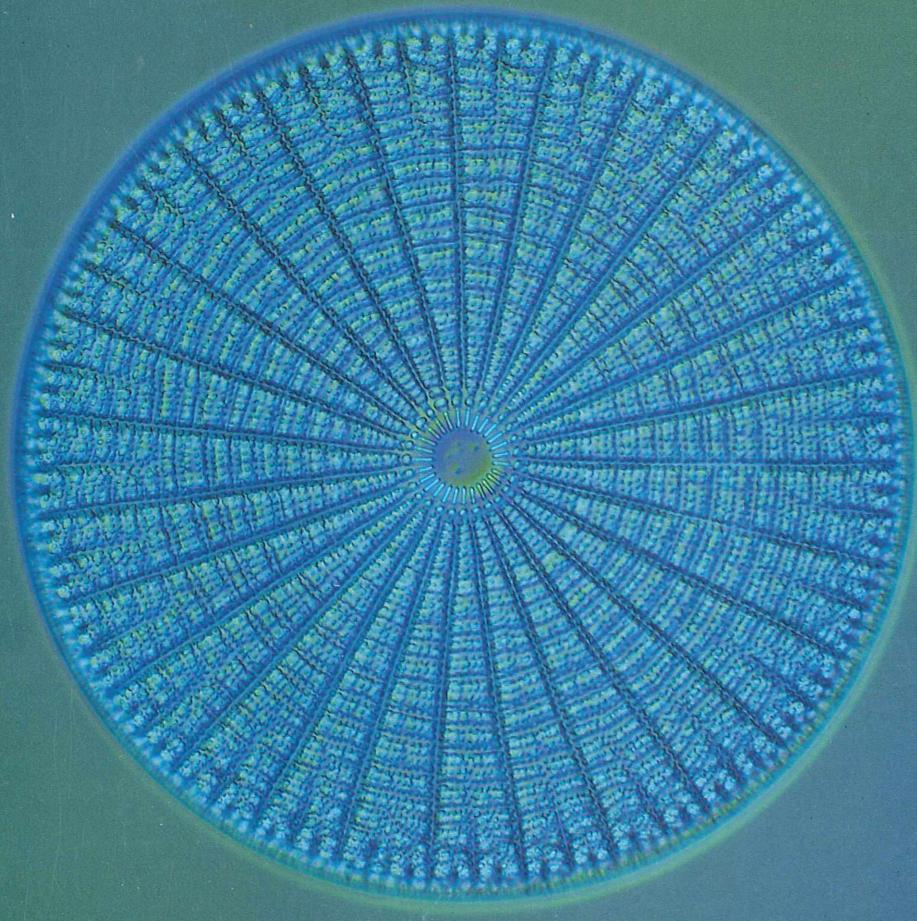
© Elsevier GmbH. Alle Rechte vorbehalten; <http://www.elsevier.de/>

E 20582 F

# MIKROKOSMOS

84. Jahrgang/Heft 1

Januar 1995



**GUSTAV  
FISCHER**

ISSN 0026-3680

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, Mikroskopische Vereinigung Hamburg, Mikrobiologische Vereinigung München, Mikrographische Gesellschaft Wien, Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft der Naturwissenschaftlichen Vereinigung Hagen e.V., Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Hannover, Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Mainfranken, Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Stuttgart, Mikroskopische Gesellschaft Zürich.

### Inhalt

#### Artikel

- 1 Blütenpflanzen im Wasser  
*Jaroslav Jurčák*
- 7 Innenansichten eines Rädertieres  
*Walter Kleinow und Helmut Wratil*
- 13 Joseph von Fraunhofer  
*Hans-Peter Sang*
- 19 *Rhynchomonas nasuta*: Ein Flagellat mit Freßrüssel  
*Michael Zölfel und Klaus Hausmann*
- 23 Paläoprotozoologie: Einzeller im Bernstein  
*Michael Nickel*
- 25 *Bythotrephes longimanus* – das Langschwanzkrebschen  
*Heinz-Werner Seifert*
- 29 Schöne Kieselalgen aus der Ostsee  
*Rudolf Drews*
- 35 Mikroskopische Beobachtungen an Zähnen  
I. Schmelz und Schmelzkaries  
*Manfred Sieger*
- 43 Wie nah kommt die Technik der Kunst?  
*Fritz Staudacher*
- 49 *Orthodontium lineare* – ein Moos erobert Europa  
*Klaus von der Dunk*
- 59 Eine einfache Einrichtung zum Zeichnen mikroskopischer Präparate  
*Jan-Peter Frahm*

#### Rubriken

- 6, 56 Kurze Mitteilungen
- 12 Aus der Industrie
- 34, 42, 57 Nachrichten
- 47 Mikro-Quiz
- 61 Buchbesprechungen
- 63 Aus den Arbeitsgemeinschaften
- 64 Mikro-Markt

Umschlagabbildung: Kieselalge *Arachnoidisus* im differentiellen Interferenzkontrast. 700×. Siehe Artikel Drews, S. 29–33.

Bezugsbedingungen: Sechs Hefte bilden einen Band. Bezugspreis pro Band DM 108,- (Sonderpreis für Schüler und Studenten DM 78,-), Einzelheft DM 22,- (jeweils zuzüglich Porto und Versandkosten).

Anzeigenpreise: Es gilt die Anzeigen-Preisliste Nr. 18 vom 1. 1. 1993.

Verlag: Gustav Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Wollgrasweg 49, 70599 Stuttgart, Tel. 0711/45 80 30

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 schriftliche 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 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.

© Gustav Fischer Verlag · Stuttgart · Jena · New York · 1995

Satz: Mitterweger Werksatz GmbH, Plankstadt

Druck und Einband: Gulde-Druck GmbH, Tübingen; gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Printed in Germany

## Die Sumpfpflanze *Acorus gramineus*

Jaroslav Jurčák

In aquatischen Lebensräumen kommen neben den primär im Wasser lebenden Pflanzenarten auch zahlreiche Formen vor, deren gesamte nähere Verwandtschaft auf dem Festland lebt und die folglich irgendwann einmal sekundär zum Wasserleben übergegangen sind. Diese besondere Biotopwahl ist nur nach tiefgreifenden anatomischen Umgestaltungen möglich, wie diese Untersuchung an einer beliebten Aquarienpflanze zeigt.

**A**quarienpflanzen bieten in vielerlei Hinsicht besondere methodische Vorteile. Einerseits lassen sie angesichts ihres besonderen Standorts nicht nur ökologische, sondern auch eine ganze Reihe anatomischer, der lichtmikroskopischen Untersuchung besonders gut zugänglicher Sonderanpassungen erwarten, und zum anderen sind sie beinahe ganzjährig verfügbar. Gerade während der Vegetationsruhe der Wintermonate, wenn das Freiland nur in sehr eingeschränktem Maße Untersuchungsmaterial für pflanzenanatomische Präparaturen bereithält, kann ein mit Gefäßpflanzen bunt bestücktes Aquarium zu überaus interessanten Erkundungen einladen. Dies gilt für den Liebhabermikroskopiker ebenso wie für die unterrichtliche Behandlung bestimmter Fragen der strukturellen Anpassung, die immer dann um so eindrucksvoller zu besprechen sind, je anschaulicher die entsprechenden Beispiele aus der belebten Natur gewählt werden.

### Untersuchungsmaterial

In diesem Aufsatz soll der Grasblättrige Kalmus (*Acorus gramineus*) als empfehlenswertes Untersuchungsmaterial vorgestellt und anhand einiger anatomischer bzw. histologischer Besonderheiten näher gekennzeichnet werden. Die Gattung *Acorus* gehört zur großen Familie der Aronstabgewächse, die weltweit mehr als 100 verschiedene Gattungen und etwa 1 800 Arten mit Verbreitungsschwerpunkt in den Tropen aufweist. *Acorus* umfaßt allerdings nur zwei verschiedene Arten: Besonders bekannt ist wohl der in Europa erst seit 1557 in stehenden bzw. langsam fließenden Gewässern der

großen Tieflandstromtäler verbreitete Gemeine Kalmus (*Acorus calamus*), der schilfartig aussieht und bis 150 cm hoch werden kann. *Acorus gramineus* ist dagegen deutlich kleiner als seine Nachbarart. Er entwickelt keine schwertförmig breiten, sondern nur sehr schmale und allenfalls bis 20 cm lange, spitz zulaufende und sehr feste Blätter von Grastracht, die ihm auch den deutschen und wissenschaftlichen Namen eingetragen haben. Beheimatet ist *Acorus gramineus* in Südostasien und im nördlichen China. Er besiedelt dort ähnlich wie sein großer Verwandter die staunassen, zeitweise überschwemmten Uferbereiche stehender oder träge fließender Gewässer und erträgt an diesem Standort auch längere Überflutungen. Damit erweist er sich im Unterschied zu *Acorus calamus*, der zwar ebenfalls überflutungsfest ist, aber die normalerweise hochwasserfreie Röhrichtzone bevorzugt, eher als eine amphibische Pflanze. In Südeuropa verwendet man *Acorus gramineus* sehr gerne als Zierpflanze in Gartenteichen oder Parkbecken. In unseren Regionen ist er dagegen fast nur als Aquarienpflanze bekannt, die ständig untergetaucht leben kann, aber sehr viel Licht und Wärme (durchschnittlich etwa 20–25 °C) benötigt.

### Untersuchungsverfahren

Die anatomische Untersuchung von *Acorus gramineus* folgt einfachen Standardmethoden, wie sie schon in früheren Aufsätzen in dieser Zeitschrift näher beschrieben wurden (vgl. Jurčák 1991, 1992): Man fixiert das zu untersuchende Pflanzenmaterial in 70 %igem Ethanol (Ethylalkohol) und bewahrt es darin bis

zum Gebrauch auf. Handschnitte oder mit dem Handmikrotom hergestellte Gewebeabschnitte werden mit Safranin bzw. einer Safranin-Wasser-Lösung gefärbt. Selbstverständlich kann auch frisch entnommenes Pflanzenmaterial, zum Beispiel Teile des Wurzelstocks oder der Wurzeln, verarbeitet werden. Im Fall der Blätter ist eine Ethanol-Fixierung aber in jedem Fall ratsam, weil die Fixierlösung gleichzeitig das Chlorophyll extrahiert und die Blattquerschnitte unserer späteren Präparate deutlich übersichtlicher erscheinen lässt.

### Beobachtungen an Einzelorganen

Wir beginnen unsere anatomische Umschau mit einer Beobachtung der Wurzel und ihrer verschiedenen Gewebe. *Acorus gramineus* ist keine frei im Wasserraum flottierende Pflanze, sondern im Bodenschlamm ihres Wohngewässers verankert und besitzt daher eine recht typisch ausgebildete Wurzel, die verschiedene von außen nach innen aufeinanderfolgende Gewebschichten erkennen lässt (Abb. 1). Außen begrenzt eine einschichtige Wurzelhaut oder Rhizodermis das Verankerungsorgan, auf die eine vielschichtige, aber aus sehr gleichförmigen, wie Maschen aneinandergehefteten Zellen bestehende primäre Wurzelrinde folgt. Besonders kennzeichnend sind die zahlreichen, für eine Wurzel ungewöhnlich gehäuft auftretenden, aber recht kleinen Interzellularen zwischen Rindenzellen. Da sämtliche Wurzelzellen von Natur aus chlorophyllfrei sind, stellen die Interzellularen für das Wurzelgewebe eine sehr wichtige Einrichtung dar, transportieren sie doch den lebenswichtigen Sauerstoff bis hinunter zu den gegebenenfalls ziemlich tief im weitgehend sauerstofffreien (anoxischen) Bodenschlamm steckenden Verankerungsorganen. Reine Gasdiffusion reicht übrigens für die wirksame Versorgung nicht aus. Vermutlich verwendet auch *Acorus gramineus* ähnlich wie viele andere Sumpf- oder Schwimtblattpflanzen mit Hilfe der Blätter eine Art wärmegetriebener Pumpe, welche die notwendigen Atemgase auch in die tiefreichenden Wurzeln treibt und dort den Austausch mit dem anfallenden Kohlendioxid besorgt. Im Zentrum der *Acorus*-Wurzel fällt ein klar abgegrenzter Zentralzylinder auf, der die Leitgewebe aufnimmt. Sein Grundmuster lässt – zumindest ansatzweise – sechs Gefäßgruppen für den Wassertrans-

port (Xylem) und sechs Siebteile (Phloem) für den Langstreckentransport organischer Nährstoffe erkennen, die jeweils wie die Speichen eines Rades angeordnet sind (Abb. 2). Diese spezielle Anordnung nennt man radialhexarch. Man findet sie sehr ähnlich auch bei festländischen Gefäßpflanzen. Allerdings sind hier die Xylemanteile etwas betonter und kräftiger entwickelt. Bei der Sumpfpflanze *Acorus* ist – zumal sie submers als Aquarienpflanze gehalten wurde – Wasser kein begrenzender Faktor. Insofern kann sich das Xylem auf ein paar wenige wasserleitende Elemente beschränken. Die Zuleitung organischer Stoffe (Zucker), die in den Blättern durch Photosynthese hergestellt werden, in die rein heterotrophen Wurzelteile, ist dagegen auch für eine Wasserpflanze eine unverzichtbare Leistung, und tatsächlich sind die Phloemanteile entsprechend funktionstüchtig ausgelegt (Abb. 2).

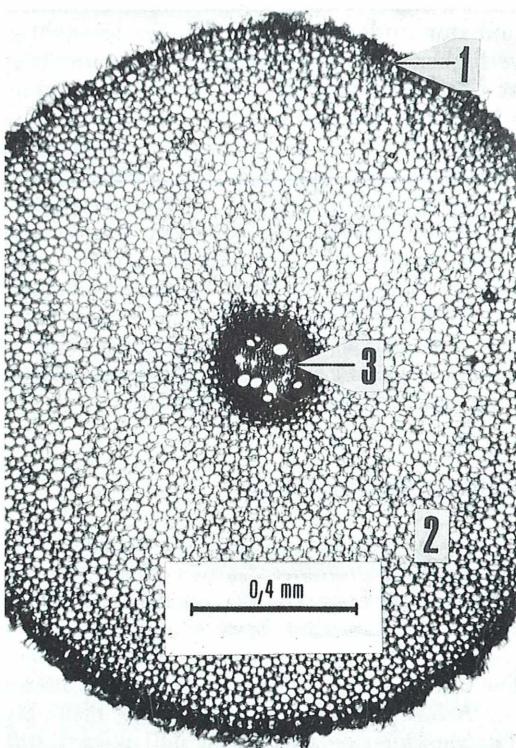
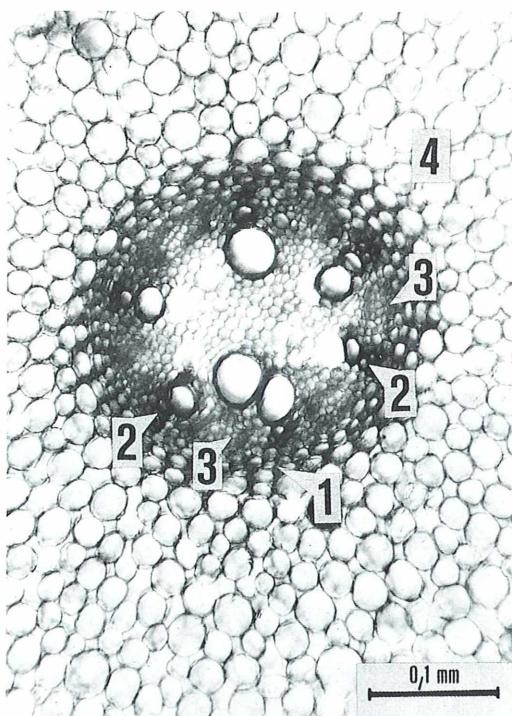


Abb. 1: *Acorus gramineus*. Querschnitt durch eine Wurzel. 1 Rhizodermis (Wurzelhaut), 2 primäre Wurzelrinde, 3 Zentralzylinder mit Leitbündel.

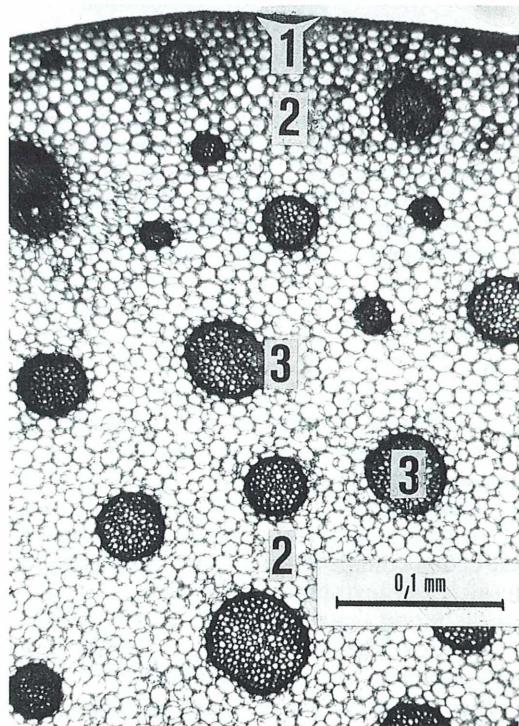


**Abb. 2: *Acorus gramineus*. Querschnitt durch eine Wurzel, Detail aus dem radialen, hexagonalen (sechsteiligen) Leitbündel im Zentralzylinder. 1 Endodermis, 2 Xylemanteile, 3 Phloemanteile, 4 primäre Wurzelrinde.**

*Acorus gramineus* besitzt als Überdauerungsorgan einen ausgeprägten Wurzelstock (Rhizom), der im wesentlichen Aufgaben der Verankerung und der Reservestoffspeicherung wahrnimmt. Entwicklungsgeschichtlich ist er jedoch kein Wurzelorgan, sondern leitet sich von der Sproßachse ab. Auch sein äußeres Abschlußgewebe, die Rhizom-Epidermis, ist chloroplastenfrei und daher nicht grün. Die Epidermis ist nur einschichtig und vergleichsweise dünn (Abb. 3). Sie umgibt ein ungleich kräftiger entwickeltes Grundgewebe, die primäre Rinde, die im wesentlichen nur aus Parenchym besteht, aber auffallende, nach innen an Durchmesser zunehmende Festigungselemente enthält, die man als kleine Sklerenchyminseln bezeichnen könnte. Diese bestimmen das Erscheinungsbild des Rindengewebes und sind scheinbar regellos, aber dennoch in beachtenswerter Ordnung mit ungefähr gleichem Abstand zueinander verteilt. Zwischen den einzelnen Parenchymzellen finden wir wiederum zahlreiche Interzellularen,

die jeweils ziemlich klein sind, so daß man noch nicht von einem Aerenchym sprechen kann, obwohl auch diese Zellzwischenräume des Rhizoms der sauerstoffliefernden Belüftung der Ankerorgane dienen.

Im Zentrum des Wurzelstocks befindet sich, ähnlich wie im Fall der Wurzel und recht ungewöhnlich für ein von der Sproßachse abgeleitetes Organ, wiederum ein Zentralzylinder, der aber dieses Mal gleich mehrere Leitbündel enthält. Die genauere Beobachtung zeigt, daß jedes Leitbündel konzentrisch aufgebaut ist (Abb. 4) und bemerkenswerterweise innen Phloem, außen einen geschlossenen Xylemring aufweist (= perixylematische, konzentrische Leitbündel). Ähnliche Verhältnisse würden wir auch bei der Untersuchung anderer Vertreter der Familie antreffen – sie sind für die Aronstabgewächse (Araceae) ausgesprochen charak-



**Abb. 3: *Acorus gramineus*. Querschnitt durch den Wurzelstock (Rhizom). Detailansicht der äußeren Gewebebeschichtungen. 1 Epidermis, 2 primäre Rinde, 3 Sklerenchyminseln im Rindenparenchym.**

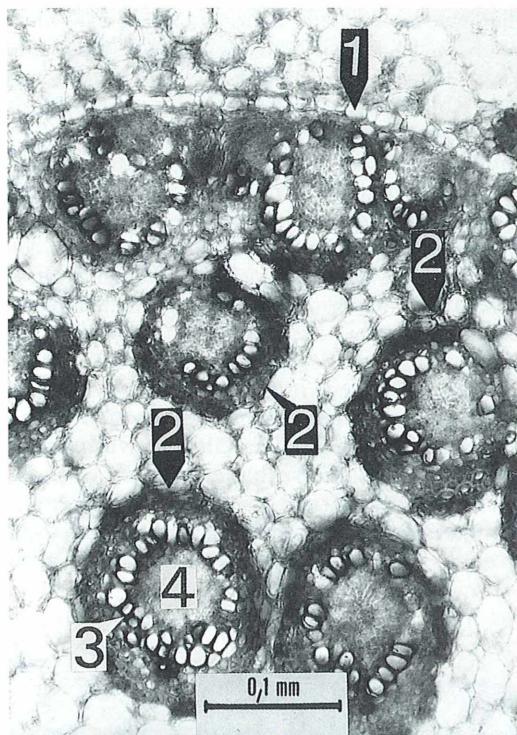


Abb. 4: *Acorus gramineus*. Querschnitt durch den Wurzelstock. Details des Zentralzyinders mit seinen konzentrischen, perixylematischen Leitbündeln. 1 Endodermis, 2 Leitbündel mit Xylem, welches das Phloem umschließt (perixylematisch), 3 Xylem, 4 Phloem.

teristisch. Gegen die Wurzelstockrinde grenzt sich der Zentralzyylinder mit einer einschichtigen Endodermis ab.

Die relativ steifen und schmalen Blätter von *Acorus gramineus* sind zwar flach wie Grasblätter (Abb. 5), an den Kanten jedoch nicht schneidend-scharfkantig, sondern im Querschnittsbild eigenartig keulenförmig verdickt (Abb. 6), denn die Blattkante nimmt jeweils ein zusätzliches Leitbündel auf, welche die Transportkapazität der unterschiedlich großen Spreitenleitbündel wirksam ergänzen. Größere und kleinere Leitbündel sind entlang der Blattperipherie untergebracht. Die Gewebeanordnung zeigt, daß die *Acorus*-Laubblätter dem äquifazialen (isolateralen) Typ angehören, bei dem nicht zwischen Unter- und Oberseite zu unterscheiden ist. Beide Blattepidermen sind einschichtig und wie bei einer Landpflanze chloroplastenfrei. Sie enthalten zudem, trotz Sub-

merskultur, die Spaltöffnungen. Die Epidermis unterlagert ein vergleichsweise schmales Band von chlorophyllhaltigem Parenchym, welches in Position und Aufgabe dem Assimilationsparenchym (Palisadenparenchym) in den Laubblättern einer normalen Landpflanze entspricht (Abb. 7 und 8). Das üblicherweise unterhalb davon zu erwartende Schwammparenchym ist im *Acorus*-Blatt als ein sehr ausgeprägtes Belüftungsgewebe oder Aerenchym entwickelt, in

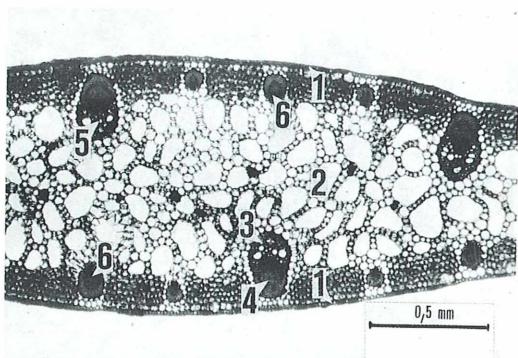


Abb. 5: *Acorus gramineus*. Blattquerschnitt. 1 Epidermis, 2 Mesophyll mit ausgeprägtem Aerenchym, 3 Xylemanteil des Blattleitbündels, 4 Phloemanteil, 5 großes und 6 kleines kollaterales Leitbündel.

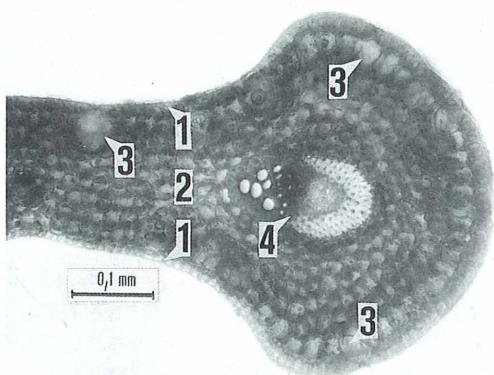


Abb. 6: *Acorus gramineus*. Blattquerschnitt mit vergrößerter Darstellung einer Blattkante und darin verlaufendem Leitbündel. 1 Epidermis, 2 Mesophyll, 3 Atemhöhle unterhalb einer Spaltöffnung, 4 kollaterales Leitbündel mit ausgeprägter Sklerenchymscheide zur Kantenverstärkung.

dem sich einzelne Reihen und Stege chloroplastenführender Zellen sternförmig zusammenfügen und ein sehr hübsches Gewebegrundmuster ergeben. Die in regelmäßigm Wechsel in das Assimilationsparenchym eingeschalteten Leitbündel sind (wie üblich bei einer einkeimblättrigen Pflanze) offen kollateral und enthalten demnach je einen Phloem- und Xylemteil ohne Kambium.

### Deutungen und Folgerungen

Wasser ist für eine Wasser- bzw. Aquariumpflanze sicherlich ein besonders kennzeichnender abiotischer Umweltfaktor. Folglich ist zu erwarten, daß die betreffenden Pflanzen eine Reihe spezieller Anpassungsmerkmale erkennen lassen. Bezeichnenderweise sind diese Anpassungen jedoch nicht bei allen Wasserpflanzen

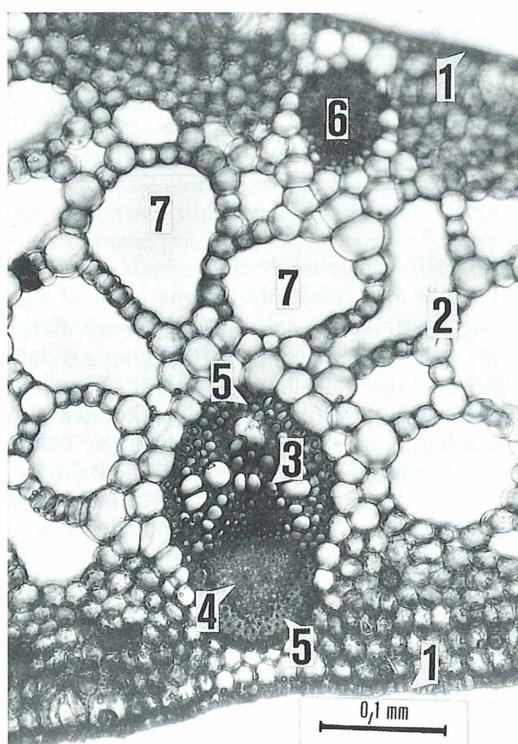


Abb. 7: *Acorus gramineus*. Blattquerschnitt. Detailansicht des Mesophylls und einzelner Leitbündel. 1 Epidermis, 2 Aerenchym, 3 Xylemanteil, 4 Phloemanteil, 5 Sklerenchym des größeren Leitbündels, 6 kleines Leitbündel, 7 Interzellularraum.

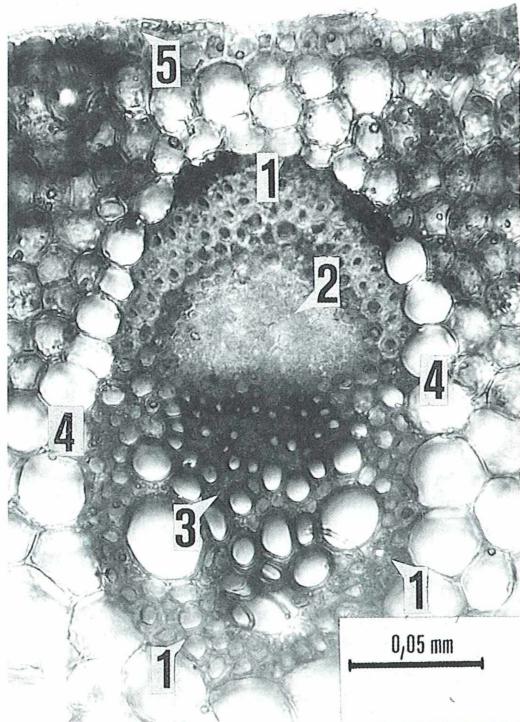


Abb. 8: *Acorus gramineus*. Blattquerschnitt. Einzelemente eines geschlossen kollateralen Leitbündels. 1 Sklerenchymscheide, 2 Phloem, 3 Xylem, 4 (weitgehend chlorophyllfreie) Parenchyscheide der Leitgewebe, 5 Epidermis ohne nennenswerte Cutinisierung oder Wandverdickung.

gleich. Vielmehr lassen sich interessante Unterschiede beobachten. Vereinfachend kann man diese ökologischen Spezialisten auch anhand von Untersuchungsergebnissen an Aquarienpflanzen in zwei Gruppen einteilen (Jurčák, Jungbauer, 1992): Gruppe I umfaßt dabei die strikt submers und damit immer untergetaucht lebenden Wasserpflanzen, die den Bau fast aller Vegetationsorgane sehr stark vereinfachen. Die in dieser Zeitschrift bereits vorgestellte *Egeria densa* (Jurčák, 1993) gehört zweifellos diesem Typ an. Gruppe II schließt dagegen die halbuntergetauchten, amphibisch und demnach nur zeitweise submers lebenden Pflanzen ein, wofür beispielhaft die hier näher vorgestellte Art *Acorus gramineus* stehen mag. Die Vegetationsorgane zeigen in diesem Fall noch sehr viele Ge-

meinsamkeiten mit dem inneren Aufbau einer normalen Landpflanze, aber auch zahlreiche Umgestaltungen, die man als Anpassungsmerkmale an einen besonderen Standort bewerten muß. Beispielhaft steht dafür die mit einem sehr formschönen Aerenchym überraschende Anatomie der Laubblätter, die aber dennoch Spaltöffnungen für den Gasaustausch mit der freien Atmosphäre trägt. In einer in der Natur amphibisch lebenden Pflanze, die sehr wohl auch Dauerüberstauung erträgt, entspricht das Bau- und Leistungsprofil gerade der Laubblätter in vielen Merkmalen dem einer normalen Festlandgefässpflanze. Gerade auch aus einem Vergleich mit den anatomischen bzw. histologischen Eigenheiten einer ständig submers lebenden Wasserpflanze wie *Egeria densa* (Jurčák, 1993) ergeben sich interessante Einblicke in das Beziehungs- und Abhängigkeitsgeflecht zwischen Anatomie, Physiologie und Ökologie der betreffenden Arten. Für den Hobbymikroskopiker bieten sich hier ebenso viele Einsichten wie für den Schulunterricht.

### Literaturhinweise

- Braune, W., Leman, A., Taubert, H.: Pflanzenanatomisches Praktikum I. 5. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1987.
- Casper, S. J., Krausch, H.-D.: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 23: Pteridophyta und Anthophyta. 1. Teil. Hrsg. von H. Ettl., J. Gerloff und H. Heyning. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1980.
- Guttenberg, H. v.: Lehrbuch der Allgemeinen Botanik. Akademie-Verlag, Berlin 1951.
- Esau, K.: Pflanzenanatomie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1969.
- Jurčák, J.: Die Schwertlilie (*Iris germanica*) im mikroskopischen Praktikum. Mikrokosmos 80, 304–309 (1991).
- Jurčák, J.: Pflanzenhaare. Mikrokosmos 81, 30–32 (1992).
- Jurčák, J.: Anpassung exemplarisch: Die Wasserpest (*Egeria densa*). Mikrokosmos 82, 34–37 (1993).
- Jurčák, J., Jungbauer, W.: Anatomische Anpassungen von Aquarienpflanzen an das Leben im Wasser. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie 41, 17–21 (1992).
- Kull, U.: Grundriß der allgemeinen Botanik. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1993.
- Lüttge, U., Kluge, M., Bauer, G.: Botanik. Ein grundlegendes Lehrbuch. VCH-Verlagsgesellschaft, Weinheim 1988.

Verfasser: Dr. Jaroslav Jurčák, Rokytnice 449/6, 75501 Vsetín, Tschechische Republik

## Kurze Mitteilung

### Flagellaten fressen Bakterien

Das massenhafte Vorkommen von toxischen Flagellaten, auch Algenblüte genannt, ist oft verantwortlich für massives Fischsterben. Es wurde beobachtet, daß obligat phototrophe Algen auch dann in Massen vorkommen können, wenn der Gehalt an Phosphat im Wasser unter der Nachweisgrenze liegt. Woher bekommen die Algen in diesem Fall ihren lebensnotwendigen Phosphor? Offensichtlich sind obligat phototrophe Flagellaten zur Bakterivorie in der Lage! Während der Perioden begrenzter Zufuhr von anorganischen Nährstoffen versorgen sich solche Algen mit Phosphor tatsächlich durch Abweiden von Bakterienrasen. Dies erlaubt den Flagellaten Massenwachstum unter Bedingungen, bei denen jegliche Zufuhr von anorganischem Phosphor fehlt. Bakterien sind unter Mangelbedingungen offensichtlich effizienter in der Aufnahme von Phosphor als Algen. Es konnte nun unter Laboratoriumsbedin-

gungen gezeigt werden, daß eine enge Beziehung besteht zwischen dem Übergang zur Bakterivorie von Flagellaten und dem Mangel an freiem Orthophosphat. Die Algen können also Phosphatmangel ausgleichen, indem sie Bakterien fressen. Flagellaten benutzen die Bakterivorie nicht, um ihren Kohlenstoffbedarf zu decken, sondern bleiben lichtabhängig für ihre Photosynthese. Man kann nun annehmen, daß die obligat phototrophen Flagellaten nur solche Phosphorverbindungen aus den Bakterien verwenden, die auch in Algenzellen vorkommen, z.B. Nukleosidphosphat und Polyphosphate. Durch ihre Fähigkeit, Bakterien als Phosphorquelle zu benutzen, sind bestimmte Algen bei akutem Phosphormangel deutlich im Vorteil.

Nygaard, K., Tobiesen, A.: Bacterivory in algae: A survival strategy during nutrient limitation. Limnology and Oceanography 38, 273–279 (1993).

H. F. Linskens, Nijmegen (Niederlande)

# Innenansichten eines Rädertiers

## Rasterelektronenmikroskopie an Anschnitten von *Brachionus plicatilis*

Walter Kleinow und Helmut Wratil

**REM-Aufnahmen der Oberflächen von inneren Organen und Geweben von Rotatorien liefern ergänzende Bilder zu den durch Transmissionselektronenmikroskopie oder Lichtmikroskopie gewonnenen Beschreibungen ihrer Morphologie. Hier wird ein Überblick über den inneren Aufbau eines Rädertiers gegeben, wie er sich mit dieser Methode darbietet. Hilfreich erweisen sich solche Aufnahmen etwa bei der Darstellung von Strukturen im Bereich um den Kaumagen sowie ihrer Lagebeziehungen zur Körperwand und zum Räderorgan.**

**D**ie Morphologie der Rotatorien ist auf lichtmikroskopischer Ebene bereits seit langem und gut untersucht (Beauchamp, 1909; Remane, 1929/33). In neuerer Zeit wurden zusätzlich Feinstrukturen bei einer Reihe von Rotatorien durch Elektronenmikroskopie aufgeklärt (Übersicht bei Clement, Wurdak, 1991). Das Rasterelektronenmikroskop (REM), mit dem Oberflächen abgebildet werden können, wurde bisher vor allem zur Charakterisierung äußerer Merkmale der Rotatorien (Panzer, Räderorgan) oder der leicht isolierbaren Hartteile des Kaumagens (der Trophi des Mastax) angewandt. Wenn man solche Rasterbilder jedoch von den Oberflächen der inneren Organe und der Gewebe dieser Tiere gewinnen kann, lassen sich aufschlußreiche und ergänzende Einblicke zum Aufbau dieser Organismen erhalten.

Dies setzt voraus, daß die Rotatorien zunächst in gut ausgestrecktem Zustand fixiert und anschließend in geeigneter Weise angeschnitten werden. Eine Methode, mit der dies möglich ist, wurde von uns für das Rädertier *Brachionus plicatilis* entwickelt (Kleinow et al., 1991). Dieses Salzwasserrädertier (Koste, 1980) läßt sich leicht in ausreichenden Mengen züchten. Die Methode beruht im wesentlichen darauf, daß eine größere Anzahl von Rotatorien, relativ dicht gepackt, in ein genügend hartes Einschlußmittel (Styrol-Methacrylat für die Elektronenmikroskopie) eingebettet wird. Der Block, der die Rotatorien in den verschiedensten Orientierungen enthält, wird dann mit einer Rasierklinge in Späne von ca. 0,1 mm Dicke zerlegt, wodurch die eingebetteten Rotato-

rien in allen möglichen Ebenen gleichfalls mit zerschnitten werden. Anschließend wird das Einbettungsmittel mit einem geeigneten Lösungsmittel (Toluol) aufgelöst und entfernt und die zurückbleibenden geschnittenen Rotatorien – nach Kritisches-Punkt-Trocknung – auf einen Präparateteller für das REM gestreut und für die Untersuchung vorbereitet. Auf dem Teller des Rasterelektronenmikroskops findet man hiernach in zufälliger Weise angeschnittene und auf dem Teller orientierte Rotatorien. Diese Anschnitte gilt es nun durchzumustern, bis man die Struktur, die man genauer betrachten möchte, in einem geeigneten Anschnitt und in der passenden Lage findet.

Die Informationen, die man so erhält, ergänzen und vervollständigen in sehr anschaulicher Weise die vorliegenden licht- und elektronenmikroskopischen Befunde. Wir haben diese Technik erfolgreich zu Hilfe genommen, um Informationen über einige Teile des Verdauungstrakts von *Brachionus plicatilis* zu erhalten (Kleinow et al., 1991). In den hier zusammengestellten Bildern sind Beispiele dafür gezeigt, wie sich die Lagebeziehungen von Organen im Inneren von *Brachionus* auf diese Art klären oder veranschaulichen lassen.

Abbildung 1 zeigt ein Exemplar von *Brachionus plicatilis*, das durch einen Schnitt knapp neben der Mittellinie der Länge nach zerteilt wurde. Die Aufnahme vermittelt einen Überblick über fast die gesamte innere Organisation dieses Rädertiers: Man sieht rechts das Räderorgan und erkennt außen, nach links anschließend, das Integument mit dem (intrasyncytialen) Panzer, der den Körper im rückwärtigen

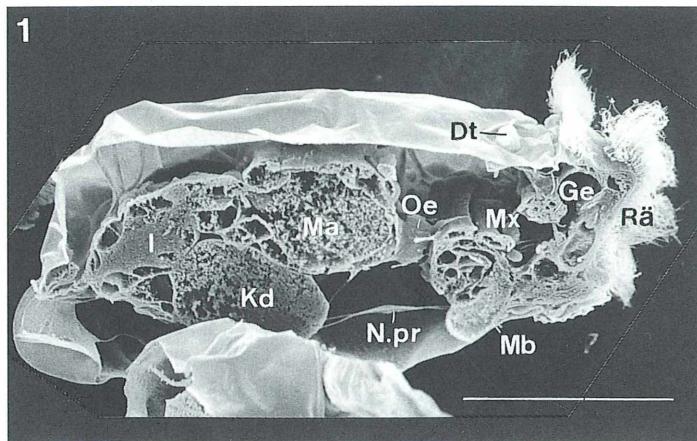


Abb. 1: Exemplar von *Brachionus plicatilis*, durch einen Sagittalschnitt knapp neben der Mittellinie längs zerteilt. Dt Dorsaltaster, Ge Gehirn, I Intestinum, Kd Keimdotterstock, Ma Magen, Mb Mastaxbläsen, Mx Mastax, N. pr Nervus principalis, Oe Oesophagus, Rä Räderorgan. Maßstrich = 100 µm.

Bereich fast ganz umgibt. In einem Einschnitt des Panzers ist vorn oben auf dem Tier der Dorsaltaster, eines der Sinnesorgane von *Brachionus* zu erkennen. Dieser Dorsaltaster liefert für uns u. a. ein sehr brauchbares Kennzeichen, um derartige Anschnitte bezüglich ihrer Lage und Orientierung einzuordnen und zu deuten. Im Inneren, direkt hinter dem Räderorgan, ist das Zerebralganglion (das Gehirn) zu erkennen, von dem kräftige Nerven u. a. zum Dorsaltaster und zum Räderorgan fortziehen. Unterhalb des Gehirns beginnt der Verdauungstrakt des Räderstiers, den man im Bild nach links, d. h. im Tier nach hinten, weiter verfolgen kann: Die Nahrung gelangt zunächst in den Kaumagen, den Mastax, in dem sie mechanisch zerkleinert wird. Der Mastax ist auf diesem Bild schräg von oben und großteils von außen zu sehen, bei diesem Präparat wurde etwa sein rechtes Drittel abgeschnitten. Während die Nahrung von vorn auf der ventralen Seite vom Räderorgan in den Mastax gelangt, wird sie durch den Oesophagus von der Dorsalseite des Mastax in den Magen weitergeleitet. Der Magen ist auf diesem Anschnitt etwa in der Hälfte durchgeteilt: man blickt auf die Cilien, mit denen er rundum ausgekleidet ist. Der an den Magen anschließende Teil des Verdauungstraktes, ist ebenfalls angeschnitten. Dieser wird als Darm oder Intestinum bezeichnet. Ähnlich dem Magen, ist dieser Teil des Verdauungstraktes ebenfalls ganz von Cilien ausgekleidet; seine Aufgaben scheinen sich aber von denen des Magens zu unterscheiden. Ventral, unterhalb von Magen und Intestinum, ist schließlich noch der Keimdotterstock im Anschnitt zu sehen, er repräsentiert die Fortpflanzungsorgane. (An der

Unterkante des Bildes verdeckt ein anderes Exemplar auf dem Rasterteller einen Teil des Panzerrandes).

Die Magenwand selbst ist bei dieser Präparation nicht sichtbar, da sie ja durch Cilien verdeckt ist. In manchen Präparationen reißen die Cilien jedoch etwas oberhalb ihrer Ansatzstellen ab, was dann einen Blick auf die Magenwand erlaubt. Eine solche Ansicht ist, bei höherer Vergrößerung, in Abbildung 2 gezeigt. Solche Aufnahmen liefern Hinweise auf die Vorgänge, die bei der Nahrungsresorption dieser Organismen eine Rolle spielen: Man sieht, neben den Stümpfen der Cilien, zahlreiche Gruben in der Magenwand, die darauf deuten, daß hier Nahrungspartikel im Ganzen (endocytotisch oder phagocytotisch) in den Körper aufgenommen werden. Die langen Rillen, die ebenfalls auf dem Bild zu sehen sind, markieren die Zellgrenzen der Magenzellen.

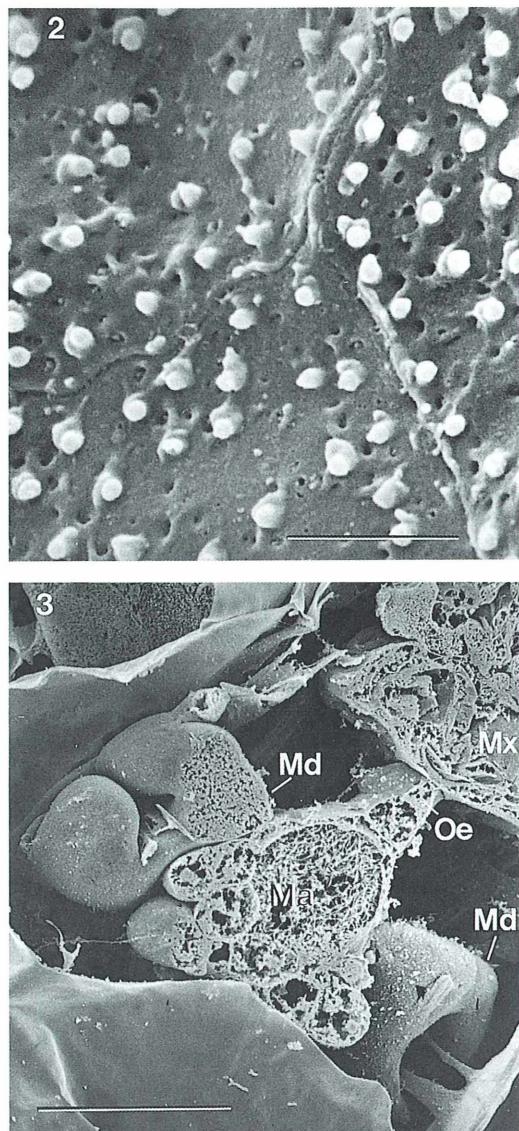
In den Magen münden auch die Magendrüsen, die Verdauungsenzyme abgeben. Abbildung 3 zeigt diese Drüsen in einem von der Dorsalseite her angeschnittenen Präparat: Von Magen, Oesophagus und dem davor gelegenen Mastax sind die Oberteile abgetragen, die fast unverehrten Magendrüsen liegen als nierenförmige Gebilde zu beiden Seiten des Magens.

Die nächsten Abbildungen veranschaulichen einige Einzelheiten des Kaumagens (Mastax), wie er von außen erscheint und Strukturen, die mit ihm in Verbindung stehen. Der Mastax ist ja ein sehr kompliziertes Organ: Seine Hartteile (die Trophi) können durch eine ganze Anzahl von Muskeln auf unterschiedliche Weisen gegeneinander bewegt werden. Die Trophi wirken dabei als Zähne und zerquetschen oder zerrei-

ben Nahrungspartikel. Darüber hinaus enthält dieses Organ auch noch Drüsen, Sinnesorgane und ein eigenes Ganglion, das seine Funktionen steuert. Man muß daher auch sagen, daß seine funktionelle Morphologie noch längst nicht in allen Einzelheiten verstanden ist.

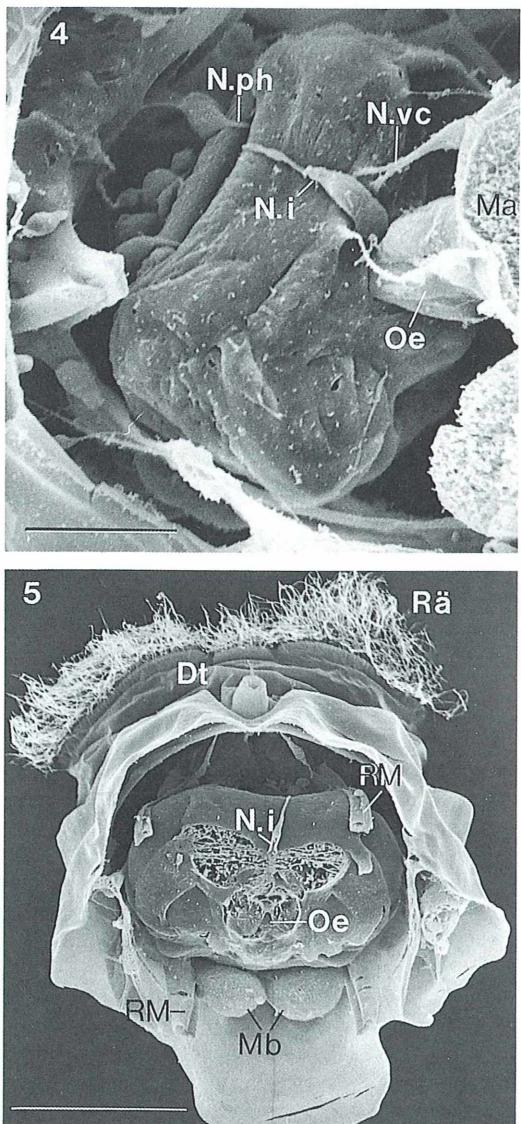
Abbildung 4 zeigt einen Blick auf den Mastax von außen auf seine dorsale Oberfläche. Die Außenseite des Mastax wird fast überall von Muskeln gebildet, die das ganze Organ in Form ineinander verflochtener Bänder mantelförmig umgeben. Auf der Dorsalseite dieses Muskelmantels fällt ein tiefer Spalt ins Auge. Dieser kommt dadurch zustande, daß einer der Muskeln (der *musculus adductor manubrii*) sich stellenweise etwas vom restlichen Mastax abhebt und außerhalb des Muskelmantels als abgesetztes Band von der linken zur rechten Seite des Mastax zieht. Durch den Spalt, der sich hierdurch bildet, treten Nerven an den Mastax heran, außerdem ragt ein kuppelförmiger Fortsatz vom Mastax-Innenraum in ihn hinein (auf Abbildung 4 nicht zu sehen).

Abbildung 5 zeigt eine Ansicht des Vorderteils eines Tieres, das direkt hinter dem Mastax quer durchgeschnitten wurde. Oben auf dem Tier ist wieder der Dorsaltaster zu sehen und vorn, weiter vom Betrachter entfernt, das Räderorgan. Man sieht den Mastax von hinten und etwas schräg von oben. Auf beiden Seiten sieht man, dicht am Mastax vorbeiziehend, sowohl dorsal als auch ventral, die abgeschnittenen Muskelstränge der paarigen Retraktoren (Rückzieher) von Räderorgan und Vorderkörper. Der Mastax selbst ist fast unversehrt, nur an der Hinterseite ist oben auf beiden Seiten ein kleines Stück seines Muskelmantels abgeschnitten. In der Mitte und direkt darunter befindet sich die Austrittsöffnung vom Mastax zum Oesophagus. Zum Mastax gehören auch die beiden großen, runden Gebilde, die direkt darunter (ventralwärts) zu erkennen sind. Es handelt sich dabei um blasenartige Anhänge, die mit dem Inneren des Mastax in Verbindung stehen. Dies läßt sich z.B. auf Abbildung 1 sehen, wo eine solche Struktur vom Schnitt getroffen wurde. Aus einer anderen Sicht sind diese Blasen in Abbildung 6 gezeigt. Hier wurde durch einen flachen Schnitt das Integument auf der Ventralseite oberflächlich geöffnet. Man sieht hierauf die auf Abbildung 5 von hinten sichtbaren, großen Blasen und davor noch ein weiteres Paar von kleineren Kugeln oder Blasen. In welcher Beziehung diese kleineren Gebilde zu den



**Abb. 2 (oben):** Blick auf die Magenwand von *Brachionus plicatilis*. Bei diesem Präparat sind die Cilien oberhalb ihrer Ansatzstellen abgerissen. Man erkennt zwischen den Ciliensäcken zahlreiche Gruben in der Magenwand, die als Ausdruck phagocytotischer Vorgänge gedeutet werden können. Die langen Rillen markieren Grenzen zwischen Magenzellen. Maßstrich = 2 µm.

**Abb. 3 (unten):** Horizontalschnitt durch ein Präparat. Lage der paarigen Magendrüsen. Ma Magen, Md Magendrüsen, Mx Mastax, Oe Oesophagus. Maßstrich = 50 µm.



**Abb. 4 (oben):** Blick auf den Mastax schräg von oben.

**Ma** Magen, **N. i.** unpaarer Nerv, **N. ph.** Nervus pharyngaeus, **N. vc.** Nervus visceralis, **Oe** Oesophagus. Maßstrich = 20 µm.

**Abb. 5 (unten):** Exemplar von *Brachionus* durch einen Schnitt knapp hinter dem Mastax quergeteilt.

**Dt** Dorsaltaster, **Mb** Mastaxblasen, **N. i.** unpaarer Nerv, **Oe** Oesophagus, **Rä** Räderorgan, **RM** Retraktormuskel. Maßstrich = 50 µm.

großen Mastaxblasen stehen, muß noch geklärt werden. Auf Abbildung 6 sind ebenfalls am Rande des Panzerausschnittes wieder zwei der Retraktormuskeln erkennbar, außerdem fällt eine Nervenverbindung ins Auge, die vom Vorderkörper, an den Mastaxblasen vorbei, quer durch die Leibeshöhle zum Keimdotterstock hinzieht. Es handelt sich dabei um einen Ast des Nervus principalis, der auf solchen Anschnitten häufig erhalten bleibt (siehe auch Abb. 1) und dann auf den Bildern ebenfalls als Orientierungsmerke für die Einordnung der umliegenden Strukturen dienen kann.

Obwohl die erwähnten Mastaxblasen schon im vorigen Jahrhundert als Besonderheit der Gattung *Brachionus* beschrieben wurden (Möbius, 1874), ist ihre Funktion noch immer unklar. Sie erscheinen bis auf ein Netzwerk von Fibrillen in ihrem Inneren frei von festen Bestandteilen und sie sind sowohl gegen den Körperhohlraum (das Pseudocoel), als auch gegen die übrigen Teile des Mastax rundrum abgeschlossen (Kleinow et al., 1993). Je nach Exemplar erscheinen die Blasen unterschiedlich groß, was sich aus einem Vergleich der Abbildungen 5 und 6 mit Abbildung 7 erkennen läßt. Das Präparat in Abbildung 7 wurde vom Schnitt ähnlich getroffen wie das in Abbildung 5, der Blickwinkel ist jedoch ein anderer: Man sieht diesmal von hinten und von der Ventralseite auf den Mastax. Zu erkennen sind sowohl der Ausgang vom Mastax zum Oesophagus als auch die Paare der dorsalen und ventralen Retraktormuskeln. Im Unterschied zu Abbildung 5 und 6 sind hier jedoch keinerlei Blasenstrukturen außen am Mastax sichtbar. In anderen Exemplaren sind die Blasen zwar sichtbar aber beträchtlich kleiner als in Abbildung 5 und 6. Die Befunde sprechen dafür, daß diese Gebilde volumenkonstant aber verformbar sind und je nach Funktionszustand mehr oder weniger weit aus dem Mastax in das Pseudocoel hinausragen. Vielleicht werden sie bei Kontraktion gewisser Muskeln teilweise aus dem Mastax ins Pseudocoel hinausgepreßt und gleiten bei deren Er schlaffen wieder zurück. Sie könnten so ein Hydroskelett darstellen und antagonistisch zu einigen der Mastaxmuskeln wirken.

Aus den Bildern lassen sich einige weitere, allgemeine Schlußfolgerungen ziehen: Zunächst ist bemerkenswert, daß Organe und Gewebe bei dieser Tiergruppe so klar gegen die Leibeshöhle abgegrenzt sind, daß sich ihre Oberflächen so übersichtlich darstellen lassen. Weiter

erscheint es gar nicht selbstverständlich, daß nach dem Anschneiden (sogar wenn ein Exemplar zufällig zweimal geschnitten wurde) die Lagebeziehungen der verschiedenen Organe in den Präparaten weitgehend erhalten bleiben. Dies röhrt offenbar daher, daß alle diese verschiedenen Teile des Rädertierkörpers untereinander und/oder über die Körperwand haltbar miteinander verbunden und so in ihrer Lage zueinander fixiert sind. Entsprechende Verbindungen zur Körperwand lassen sich auf den Bildern auch entdecken. Das ist wohl deshalb nötig, weil die Tiere ja ihr Räderorgan mit dem ganzen Vorderteil des Körpers bei jeder Störung schnell in den vom Panzer überdeckten Hinterteil des Körpers zurückziehen, wobei sich alle Organe vorübergehend gegeneinander verschieben müssen. Das erfordert andererseits auch, daß Organe und Gewebe sich stark verformen können und daß Nerven recht zugfest konstruiert sein müssen und erklärt, wieso lange und dünne Nervenverbindungen mit der verwendeten Technik gut darstellbar sind.

Die meisten hier gezeigten Bilder liegen mit ihrer Vergrößerung noch im Bereich des Lichtmikroskopes und sind als Ergänzung lichtmikroskopischer Untersuchungen zu verstehen: Obgleich die hier dargestellten Organe und Gewebe im Lichtmikroskop sichtbar und bereits beschrieben sind, enthüllt das REM doch eine Reihe von Einzelheiten und Zusammenhängen, die sonst leicht übersehen werden können. Naturgemäß ist das Auflösungsvermögen des REM höher als das des Lichtmikroskops und das Bild im Lichtmikroskop ist mitunter schwer deutbar, wenn übereinanderliegende Strukturen gleichzeitig abgebildet werden. Das REM zeigt auf einem Bild jeweils nur einige dieser Strukturen, diese dann aber übersichtlich hinter- oder nebeneinander und kann so ihre räumlichen Beziehungen klar und einleuchtend darstellen.

Jede Technik hat dabei ihr Vorzüge und ihre Beschränkungen. In jedem Fall wird man verschiedene Methoden anwenden müssen, um alle Strukturen und deren Funktionen bei einem Organismus wie einem Rädertier verstehen zu können. Das Lichtmikroskop hat jedenfalls den Vorzug, daß man damit die Tiere lebend beobachten und auch Färbemethoden für die unterschiedlichsten Fragestellungen einsetzen kann. Andererseits stellt man fest, daß sich mit Hilfe der Information aus dem REM lichtmikroskopische Bilder besser deuten lassen: Manche der

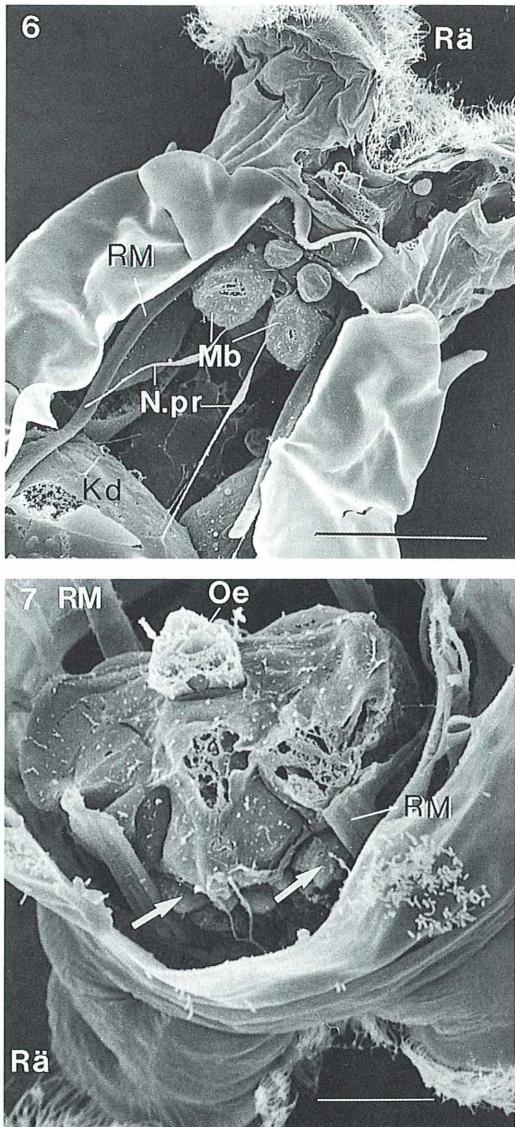


Abb. 6 (oben): Exemplar von *Brachionus* von ventral, flach angeschnitten.

Kd Keimdotterstock, Mb Mastaxblasen, N. pr. Nervus principalis, Rä Räderorgan, RM Retraktormuskel. Maßstrich = 50 µm.

Abb. 7 (unten): Exemplar von *Brachionus* durch einen Schnitt knapp hinter dem Mastax quergeteilt, man sieht schräg von unten auf die ventrale Seite des Mastax. Bei diesem Exemplar sind außen am Mastax keine Blasenstrukturen sichtbar; die Pfeile verweisen auf die Bereiche, aus denen diese Strukturen bei anderen Präparaten vermutlich hervortreten. Oe Oesophagus. Maßstrich = 20 µm.

Strukturmerkmale, die sich im REM entdecken lassen, kann man anschließend auch im lichtmikroskopischen Bild erkennen und wiederfinden. Wir hoffen daher, daß solche Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop dabei helfen, lichtmikroskopische Befunde besser zu verstehen und auszuwerten.

### Literaturhinweise

- Beauchamp, de, P. M.: Recherches sur les rotifères: les formations tegumentaires et l'appareil digestif. Arch. Zool. exp. gen., 4e série 10, 1–410 (1909).
- Clement, P., Wurdak, E.: Rotifera. In: Harrison, F., Ruppert, E. E. (eds.): Mikroscopic Anatomy of Invertebrates. Volume 4: Aschelminthes. Verlag Wiley-Liss, Inc., New York 1991.
- Kleinow, W., Wratil, H., Kühle, K., Esch, B.: Electron microscope studies of the digestive tract of *Brachionus plicatilis* (Rotifera). Zoomorphology 111, 67–80 (1991).

Kleinow, W., Küchenhoff, B., Wratil, H.: Untersuchungen zur Morphologie des Mastax von *Brachionus plicatilis*. Verh. Dtsch. Zool. Ges. 86.1 164 (1993).

Koste, W.: Das Rädertier-Porträt – *Brachionus plicatilis*, ein Salzwasserrädertier. Mikrokosmos 69, 148–155 (1980).

Möbius, K.: Ein Beitrag zur Anatomie des *Brachionus plicatilis* Müller, eines Rädertiers der Ostsee. Z. wiss. Zool. 25, 103–113 (1874).

Remane, A.: Rotatorien. In: Bronn, H. G. (Hrsg.): Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Vol. IV. C. F. Winter, Leipzig 1929–33.

*Verfasser:* Prof. Dr. Walter Kleinow und Helmut Wratil, Zoologisches Institut der Universität zu Köln, Weyertal 119, D-50923 Köln

## Aus der Industrie

### Neues Stereomikroskop von Leica – WILD MZ8

Die Welt der Stereomikroskopie ändert sich. Leica kommt mit einem neuen 8:1 Zoominstrument auf den Markt. Das in fast zwei Jahrzehnten zum Klassiker gewordene WILD M8 wird jetzt durch das völlig neu konzipierte WILD MZ8 abgelöst. Innovatives Design und optimierte Technik zeichnen die Entwicklung aus. Besonderer Wert wurde in allen Details auf gute Ergonomie und somit ermüdfreies Arbeiten gelegt. So gewährleisten die neuen Leica Stative für Auf- und Durchlicht eine bequeme und fühlbar angenehme Auflage für die Hände.

Der modulare Aufbau mit kompatiblen Schnittstellen ermöglicht unterschiedliche Gerätekonfigurationen und damit eine wirtschaftliche Nutzung. Vorhandenes Zubehör aus der Wild Stereolinie, wie z.B. die MPS Photoautomaten, kann selbstverständlich auch mit dem WILD MZ8 eingesetzt werden. Weitere Informationen über das MZ8 und andere Leica Stereomikroskope, wie das ebenfalls neue GZ6, erhalten Sie von Ihrer Leica Vertretung.



ILD MZ8 Zoom Stereomikroskop.

# Joseph von Fraunhofer

## Ein Pionier der Mikroskopoptik

Hans-Peter Sang

„Da die Anwendung vollkommener achromatischer Objektive zu Fernröhren, diese Werkzeuge so sehr vervollkommte, daß sie selbst die Spiegelteleskope verdrängten, so mußte diese glückliche Anwendung auch den Gedanken führen, daß achromatische Objektive bey Mikroskopen ähnlich Vortheil hervor bringen mußten....“<sup>1</sup>, schrieb Joseph von Fraunhofer zu Beginn seiner Denkschrift „Über das achromatische Objektiv“. Diese Einschätzung kennzeichnet eine wichtige Neuerung in der technischen Optik.

Als er diese Schrift verfaßte, war er bereits zu einer Berühmtheit in Europa geworden. Der Bau von hochwertigen optischen Geräten hatte seinen Namen weit über die Grenzen Bayerns und Deutschlands hinaus bekannt gemacht. Doch war Fraunhofer nicht in die Wiege gelegt worden, ein berühmter Wissenschaftler zu werden. Am 6. März 1787 als Sohn eines Glasermeisters in Straubing geboren, durfte er auf Grund seiner schwächlichen Konstitution die Schule nicht besuchen. Vielmehr sollte er, wie es damals üblich war, im Betrieb des Vaters mitarbeiten. Durch den frühen Tod beider Eltern wurde er im Alter von zwölf Jahren in die Lehre zu dem Spiegelmacher und Zieratenglasschleifer Philip Anton Weichselberger nach München gebracht. Dieser Lehrherr erwies sich als ein sehr unangenehmer Mensch. Er verbot Fraunhofer von Anfang an den Besuch der Sonntagsschule und unterband auch jede andere Form der Bildung. Der Tagesablauf eines Lehrlings bedeutete Arbeit von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang, wobei das Erlernen des Handwerks nur Nebensache war<sup>2</sup>. Eine Wende in Fraunhofers Leben brachte ein ungewöhnlicher Unfall. Am 21. Juli 1801 stürzte das Haus des Meisters Weichselberger bei Umbauarbeiten ein. Alle Personen des Hauses konnten sich retten, bis auf die Frau von Weichselberger und Fraunhofer. Erstere war sofort tot, der kleine Joseph hatte in einem Hohlraum überlebt. Die Rettungsaktion gestaltete sich so spektakulär, daß sogar der damalige bayerische Kurfürst Max I. Joseph an den Ort des Geschehens kam. Eine weitere Persönlichkeit, die für den Lebensweg von Fraunhofer von besonderer Bedeutung sein sollte, war ebenfalls an der Un-

fallstelle. Es war Joseph von Utzschneider, Geheimer Referendär im Finanzministerium, der damals großen Einfluß in Bayern hatte. Er erreichte es, daß Fraunhofer die Sonntagsschule besuchen durfte, wo er Lesen, Schreiben und Rechnen lernte. Außerdem versorgte ihn Utzschneider mit verschiedener naturwissenschaftlicher Literatur, so daß sich Fraunhofer auch auf seinem Arbeitsgebiet weiterbilden konnte. In den folgenden Jahren verlor Utzschneider seinen Zögling etwas aus den Augen, da er selbst mit neuen geschäftlichen Transaktionen beschäftigt war. Nach seiner Versetzung in den einstweiligen Ruhestand 1801 war Utzschneider mit dem Techniker Georg von Reichenbach zusammengekommen. Reichenbach und der Uhrmacher Karl Liebherr hatten 1802 ein mechanisches Institut zur Herstellung von Vermessungsinstrumenten gegründet<sup>3</sup>. Sehr schnell mußte er aber feststellen, daß er in wirtschaftlichen Dingen nicht so bewandert war, wie in technischen. Aus diesem Grund trat er an Joseph von Utzschneider heran, in seinen Betrieb einzusteigen und ein gemeinsames mechanisch-optisches Institut zu gründen. Es kam schließlich am 20. Januar 1804 zu einem Gesellschaftsvertrag zwischen Utzschneider, Reichenbach und Liebherr, in dem festgelegt wurde,

1 Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz Berlin, Slg. Darmstädter, Fraunhofer K2

2 Sang, H.-P.: Joseph von Fraunhofer. Forscher, Erfinder, Unternehmer. München 1987, S. 9 ff

3 Rohr, W.: Joseph von Fraunhofer als Schöpfer der deutschen Feinoptik. In: Die Naturwissenschaft, Jg. 14, Leipzig 1926, S. 542

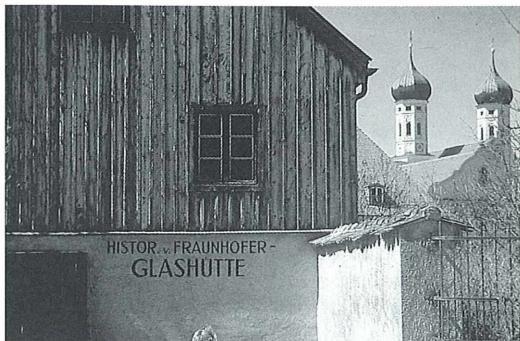


Abb. 1: Außenansicht der Fraunhofer-Glas-  
hütte in Benediktbeuern.

daß ein Institut „zur Verfertigung hochwertiger optischer Instrumente“ gegründet werden soll<sup>4</sup>. Zu diesem Zwecke kaufte Utzschneider Ende 1805 die säkularisierten Klosteranlagen von Benediktbeuern.

Trotz aller technischen Fertigkeiten fehlte den optischen Geräten das entsprechende Glas. Utzschneider suchte auf seinen ausgedehnten Reisen einen Handwerker, der ihm das Glas, das zur Fertigstellung der optischen Geräte noch fehlte, produzierte. Die Glasschmelze sollte in einem Nebengebäude des Klosters Benediktbeuern entstehen. In der Schweiz machte Utzschneider die Bekanntschaft von Pierre Louis Guinand. Guinand hatte sein Handwerk als Glockengießer gelernt und befaßte sich schon einige Zeit mit dem Schmelzen von Glas. Im Oktober 1805 kam Guinand in Benediktbeuern an, um eine Glashütte aufzubauen. Am 12. März 1806 war der Glasofen in Benediktbeuern endlich fertig und Guinand konnte an die Herstellung von ersten Glasschmelzen gehen<sup>5</sup>. Nachdem Fraunhofer 1806 seinen Gesellenbrief erhalten hatte, trat er nach einer Prüfung durch Utzschneider, Reichenbach und Schiegg, einem Münchner Astronom, in das Optische Institut ein.

Sicherlich gehörte Fraunhofer anfangs nicht zum engeren Führungskreis des Instituts. Mit seinen 19 Jahren hatte er alles andere als einen erfolgreichen Berufsweg hinter sich und eine große praktische Erfahrung konnte er wohl auch nicht aufweisen. Er verrichtete nur untergeordnete Arbeiten und ging den qualifizierten Leuten beim Schleifen des Glases an die Hand<sup>6</sup>. Die Erfahrungen und das Wissen, das Fraunho-

fer in den folgenden Jahren sammelte, waren die Voraussetzung, daß er später hochwertige Linsenteleskope und Mikroskope bauen konnte. Die Mikroskope wurden damals von sogenannten Liehaberschleifern hergestellt, die allerdings eine sehr schlechte Qualität hatten. Die Linsen bezog sie meist aus Frankreich<sup>7</sup>.

### Beginn in Benediktbeuern

Fraunhofers Arbeit in Benediktbeuern war zunächst das Schleifen des Glases. Dazu stand ihm eine von Reichenbach entwickelte Pendelschleifmaschine zur Verfügung. Nachdem das Glas geschliffen war, mußte es noch poliert werden. Zu diesem Zwecke entwickelte Fraunhofer eine Poliermaschine, die sehr gute Ergebnisse lieferte. Er stellte aber auch eigene Versuche zur Verbesserung des Verfahrens an. Auch über die Zusammensetzung des Poliermittels stellte er eine Reihe von Versuchen an<sup>8</sup>. Die geschliffenen und polierten Linsen mußten dann noch zentriert werden, wozu Fraunhofer einen doppelten Fühlhebel entwickelte<sup>9</sup>. Schließlich mußte zum Schluß noch festgestellt werden, ob die Linse eine regelmäßige Form aufwies. Dazu benutzte Fraunhofer das ebenfalls von Reichenbach erfundene Sphärometer. Doch schon bald fand Fraunhofer in der Anwendung der Newtonschen Ringe eine viel bessere Methode, um Linsen auf ihre Regelmäßigkeit zu überprüfen<sup>10</sup>. Trotz der Verbesserungen der Arbeitsmethoden durch Fraunhofer war der Schwachpunkt des Optischen Instituts nach wie vor die Glasherstellung. An Aufträgen mangelte es nicht, doch konnte Utzschneider nicht mit der gewünschten Produktionsgeschwindigkeit liefern. Zu Ende des Jahres 1808 sind uns Briefe erhalten, in denen Utzschneider Fraunhofer immer wieder ermahnt, die Lieferzeiten einzuhalten.

4 Deutsches Museum Sondersammlung, Nachlaß Fraunhofer 6045

5 Sang, S. 26 ff

6 Bauenfeind, C. M. v.: Gedächtnisrede auf Joseph Fraunhofer, München 1887, S. 7

7 Rohr, S. 543

8 Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz Berlin, Nachlaß Fraunhofer, Kasten 5

9 Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz Berlin, Nachlaß Utzschneider, Brief vom 12.5. 1810

10 Voit, E.: Joseph von Fraunhofer. In: Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt, Vierteljahrsschrift 1887, Nr. 3, S. 144

ten<sup>11</sup>. Bereits 1809 trat Fraunhofer als Leiter der Endfertigung des Glases auf. Auch die organisatorische und geschäftliche Leitung hatte zu diesem Zeitpunkt Utzschneider an Fraunhofer weitgehend übertragen. Fraunhofer schilderte seine Stellung im Betrieb folgendermaßen „Meine Beschäftigung ist also Aufsicht über das ganze Institut, das Schleifen der wichtigsten Gläser, Rechnung und Prüfung der Gläser“<sup>12</sup>.

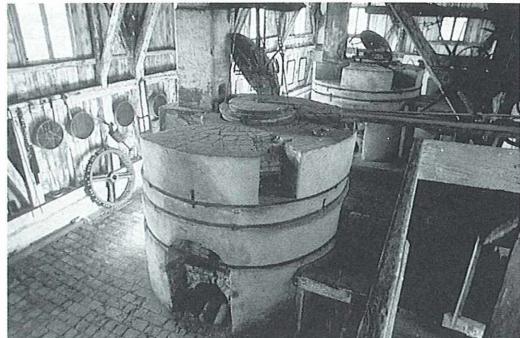
### **Neue Schmelzen – bessere Gläser**

Nur die Glasschmelze unterstand noch Guinand. Aus Briefen Fraunhofers kann man ersehen, daß er zu diesem Zeitpunkt bereits gerne die Oberaufsicht über die Glasschmelze erhalten hätte. Am Ende eines Briefes äußerte er den Wunsch nach einem „dauerhaften Etablissement“<sup>13</sup>. Dies könnte seiner Ansicht nach am besten durch eine Teilhaberschaft am Betrieb erreicht werden. Am 7. Februar 1809 wurde der Betrieb tatsächlich in „Optisches Institut von Utzschneider, Reichenbach und Fraunhofer“ umbenannt<sup>14</sup>. Nachdem Guinand nach wie vor keine größeren Erfolge bei seinen Gläsern hatte, forderte ihn Utzschneider im August 1809 auf, Fraunhofer in das Glasschmelzverfahren einzuführen.

In der Regel schmolzen die Hüttenmeister Flint- und Kronglas als Gebrauchsglas, aus denen Fenstergläser oder Flaschen hergestellt wurden. Für die Optiker schnitt man aus diesen Gläsern einfach gut aussehende Stücke heraus, so beispielsweise Kronglas für Linsen aus Spiegelglas und Flintglas aus Kristallglas.

Kronglas war ein schwach brechendes Glas, das im wesentlichen aus Kiesel säure, alkalischen Salzen und Kalk zusammengesetzt war. Das Rezept für Flintglas war praktisch das gleiche wie für Kronglas, nur mischte man dem Gemenge statt dem Kalk Blei bei. Das Gemenge gab man in Häfen aus einem Gemisch aus Ton, Schamotte und Töpferscheiben. Hier fand die Schmelze statt, die meist ein paar hundert Kilogramm schwer war.

Damit bei dem Einfüllen des Gemenges der Hafen nicht zu sehr abkühlte, wurde die Schmelze portionsweise zusammengemischt und schließlich auf die Schmelztemperatur gebracht. War der Hafen gefüllt, erhöhte der Schmelzer die Temperatur, um die Blasen aus der Flüssigkeit zu locken. Danach ließ man das Glas wieder abkühlen.



**Abb. 2: Innenansicht der Glashütte in Benediktbeuern mit den beiden Glasöfen.**

Das Gemenge hatte allerdings die unangenehme Eigenschaft, die Wände des Schmelzgiegs anzutasten. Dadurch lösten sich kleine Teilchen vom Hafen, die sich als fadenförmige Schlieren in der Schmelze bemerkbar machten. Das aggressive Verhalten von Bleioxyd beim Flintglas vergrößerte dieses Problem zusätzlich. Mit all diesen Problemen wurde Guinand letztlich nicht fertig. Dies war der Grund, weswegen Utzschneider Fraunhofer 1811 die Leitung über die Glashütte gab. Guinand schied damit aus dem Betrieb aus<sup>15</sup>. Im Laufe der nächsten Monate ging Fraunhofer bei der Glasherstellung ähnlich vor, wie bei seinen bisherigen Arbeiten in Benediktbeuern. Durch systematische Versuche gelang es ihm, immer besseres Glas herzustellen. So stellte er fest, daß beispielsweise durch größere Reinigung der Grundsubstanzen und durch eine genaue Zeiteinteilung beim Einlegen der Komposition in den Glasofen eine Verbesserung bei der Glasherstellung erreicht werden konnte.

11 Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz Berlin, Nachlaß Fraunhofer, Kasten 5

12 Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz, Nachlaß Utzschneider

13 Ebda

14 Sang, S. 42

15 Rohr, M. v.: Pierre Louis Guinand, geb. den 20. April 1748, gest. den 13. Februar 1824. In: Zeitschrift für Instrumentenkunde, 46. Jg, 1926, S. 121 ff

## Forschung über Farblichter

Fraunhofer stellte Versuche zur Beseitigung der chromatischen Abberation an. Dazu untersuchte er das Brechungsvermögen verschiedener Glasarten. Er ersann eine Reihe von Versuchsanordnungen, die es ihm ermöglichte, die Spektralfarben auf einen Schirm zu projizieren. Als er einmal statt Kerzenlicht das Sonnenlicht durch ein Prisma fallen ließ, erkannte er im Spektrum viele schwarze Linien. Zwar hatten schon Wissenschaftler vor ihm diese Linien gesehen, doch war Fraunhofer der erste, der diese Linien nicht einem Linsenfehler, sondern der Natur des Sonnenlichtes zuschrieb. Diese spä-

ter nach ihm benannten Linien ermöglichten es Fraunhofer eine Orientierung für Messungen im kontinuierlichen Spektrum zu haben. Es gelang ihm, bestimmte Farben auszublenden, wodurch ein für die damalige Zeit sehr guter Achromat entstand<sup>16</sup>. Auch dem Problem der Beugung bei Fernrohren und Mikroskopen widmete Fraunhofer seine Forschungen. Er entwickelte dazu Gitter, bei denen ein Linienabstand von 0,0033 mm möglich war. Vor allem diese Forschungen verhalfen der Wellentheorie des Lichtes zum Durchbruch.

Der Schwerpunkt des Unternehmens ging immer mehr von allgemeinen optischen Geräten zu Fernrohren und Mikroskopen über. Während eine Preisliste von 1811 nur etwa elf Produkte allgemeiner Art aufwies, enthielt die Preisliste von 1812 bereits zwanzig Objekte, darunter dreizehn Fernrohre und zwei Mikroskope<sup>17</sup>. An Hand der Preislisten des Optischen Betriebes von Utzschneider und Fraunhofer kann man den enormen Aufschwung ersehen, den das Unternehmen in den folgenden Jahren hatte. Die Preisliste von 1816 ist praktisch nicht mehr vergleichbar mit denen von 1811 und 1812<sup>18</sup>.

## Fraunhofers Mikroskope

Bei einer Reihe von optischen Geräten handelte es sich um Neuheiten, die in dieser hohen Qualität in den früheren Preislisten nicht angeboten wurden und zum Teil eine neue Käuferschicht ansprachen. Dazu gehörte auch das „Große zusammengesetzte Mikroskop mit vollständigem Apparat, um die Durchmesser der Gegenstände in irgend einem bestimmten Maß bis auf 0,00001 Zoll genau angeben zu können, und mit Apparat zur Beleuchtung, sechs achromatische Objektive, einem doppelten und einem einfachen Ocular zu verschiedenem Gesichtsfeld und Vergrößerung“<sup>19</sup>.

Wie dieses Instrument funktionierte und was es leistete, schildert Fraunhofer in der bereits eingangs erwähnten Denkschrift „Über das achromatische Mikroskop“. Diese Denkschrift ist leider nicht datiert, doch kann man abschät-

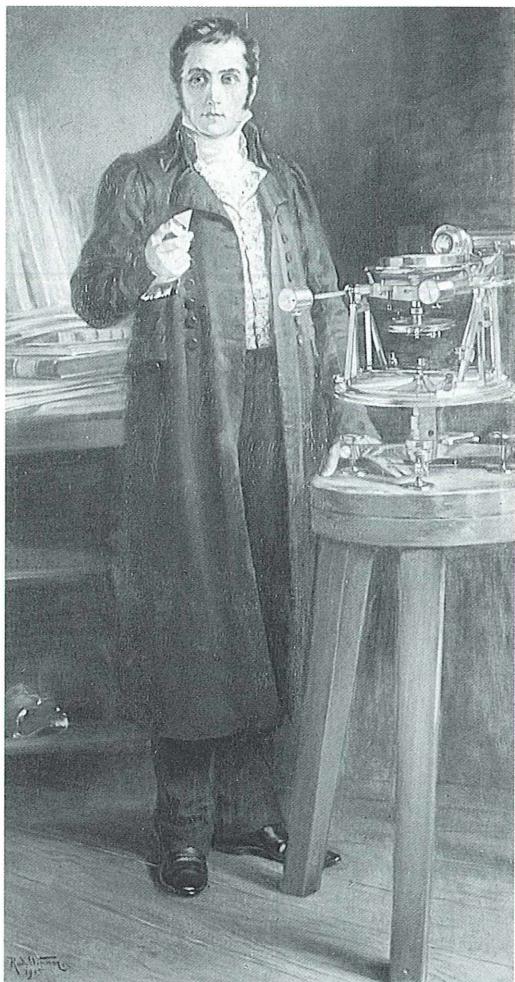


Abb. 3: Joseph von Fraunhofer (1787–1826).

16 Sang, S. 61 ff

17 Gilberts Annalen 1811, 38, S. 347

18 Gilberts Annalen 1816, 54, S. 202–216

19 Ebda

zen, daß sie etwa um 1815 entstand. In die Konstruktion dieses Mikroskops brachte er seine ganze Erfahrung ein. Allerdings lagen die Probleme beim Bau von Mikroskopen vollkommen anders als bei Fernrohren. „Man hat“, schrieb Fraunhofer, „verschiedene Mikroskope gebraucht, um die Größe der Gegenstände oder das Verhältnis der Theile zu bestimmen; allein dabey der Einrichtung derselben vorausgesetzt war, daß die Brennweite der Linsen, ihre Entfernung und Vereinigungsweiten, die Größe des Mikroskops genau bekannt seyn, und da dieses Maß bey verschiedenen Vergrößerung und verschiedenen Kurz- und Weitsichtigkeit, auf auch verschieden sein mußte, so war der Gebrauch dieser Mikroskope nicht zuverlässig und man konnte bey kleinen Gegenständen leicht um den 4ten oder 6ten Theil einer Größe fehlen“<sup>20</sup>.

Warum man sich nach Ansicht von Fraunhofer bisher nicht so sehr an achromatische Linsen bei Mikroskopen gewagt hat, liegt zum einen an der schlechten Qualität der englischen Linsen, zum zweiten am schlechten Schleifverfahren, das man bis dahin praktiziert hat und an dem unvorteilhaften Bau der Mikroskope selbst. Alle diese drei Konstruktionsbereiche hat Fraunhofer bei der Herstellung von Teleskopern maßgeblich verfeinert. Hinzu kam, daß sich die Theorien über die optischen Verfahren in den vergangenen Jahren erheblich verbessert hatten und das bayerische Flintglas, das Fraunhofer in der Glashütte in Benediktbeuern herstellte, eine bessere Qualität aufwies als jedes andere Glas in Europa. Mit einem neuen Schleifverfahren gelang es ihm, auch kleine Linsen zu vollkommener Kegelform zu bringen.

Doch es ging nicht nur um die Qualität der Linsen, sondern auch um die Anordnung derselben im Mikroskop. Fraunhofer betont: „Das deutliche Sehen hängt außer den Objektiven, auch von der vortheilhaften Anordnung der Oculare ab, daher bekommt dies eine Einrichtung, daß das Gesichtsfeld möglichst groß ist, und der farbige Rand, der durch die Oculare verursacht wird, gehoben ist“<sup>21</sup>. Mit den Linsenfehlern, die durch Beugung und Brechung des Lichtes entstanden, hatte sich Fraunhofer, wie bereits gezeigt, intensiv beschäftigt.

Ein weiteres Problem bei der Herstellung von Mikroskopen war die Helligkeit, mit der der Gegenstand auf dem Objektträger gesehen wurde. Obwohl, wie Fraunhofer betonte, das

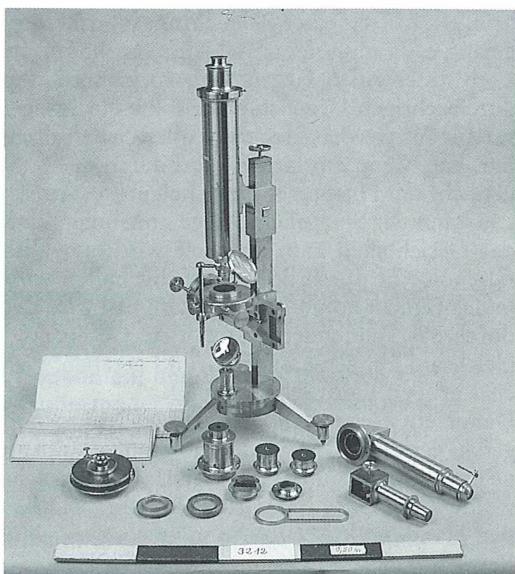


Abb. 4: Von Fraunhofer hergestelltes achromatisches Mikroskop.

achromatische Objektiv eine viermal größere Helligkeit hatte als das einfarbige, blieben auch hier Probleme zu bewältigen. Weiter stellte er fest, daß das von ihm konstruierte Mikroskop „bei gehörigem Gebrauch jede Beleuchtung zu läßt“<sup>22</sup>.

Damit die Gegenstände unter dem Mikroskop auch gemessen werden konnten, wurde eine Meßvorrichtung angebracht, die es erlaubte, einen Gegenstand auf ein hunderttausendstel Zoll genau zu messen (1 Zoll = 2,3 bis 3 cm). Neben achromatischen Objektiven besaß dieses Mikroskop auch noch zwei verschiedene Okulare, das „doppelte Ocular und das einfache Ocular“. Beim doppelten Okular erhielt man ein größeres Gesichtsfeld und eine stärkere Vergrößerung, das einfache lieferte aber eine doppelt so starke Helligkeit, was für die Untersuchung oftmals wichtiger war.

Fraunhofers Konstruktion erlaubte es, die Gegenstände auf dem Objektträger in genauer vertikaler Lage zur Achse des Mikroskops zu

20 Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz Berlin,  
Nachlaß Darmstädter Fraunhofer K2

21 Ebda

22 Ebda

bringen. Mittels einer Beleuchtungsvorrichtung gelang es Fraunhofer, das Licht sowohl auf als auch unter einen Gegenstand zu bringen. Bei durchsichtigen Gegenständen sollte ein Spiegel verwendet werden, der nach allen Seiten drehbar war. Wenn ein Gegenstand durch das Sonnenlicht mit Hilfe einer Linse beleuchtet wurde, „so kann der Spiegel eine Lage annehmen, daß das Gesichtsfeld ganz schwarz wird und alles falsche Licht durch denselben abgehalten wird in das Feld zu kommen. In diesem Fall wird der durch das Sonnenlicht betrachtete Gegenstand gleichsam auf schwarzem Grund gesehen, welches großen Eindruck macht“<sup>23</sup>.

Damit ein Gegenstand unter dem Mikroskop genau gemessen werden konnte, mußte er in eine exakte Lage zum Mikrometerfaden gebracht werden. Diese Bewegung des Objekts ist aber per Hand praktisch nicht möglich, weil eine Bewegung des Objekts eine zu starke Verschiebung zur Folge hätte. Fraunhofer hatte dafür in seinem Mikroskop Schrauben vorgesehen, die, wenn der Gegenstand einmal unter dem Mikroskop lag, den Gegenstand unter den Mikrometerfaden bringen konnten – praktisch also ein gut funktionierender Vorläufer eines Kreuztisches.

Daß Fraunhofer seine Geräte nicht nur selbst baute, sondern auch ausprobierete, zeigt ein Tip, den er am Ende seiner Denkschrift dem Benutzer seines Mikroskops gab. So teilte er mit, daß bei glänzenden Oberflächen das Sonnenlicht eine sehr ungünstige Wirkung auf die Beobachtung haben könnte. Er meinte deshalb, „daß es sehr gut ist, wenn an dem Fenster wo beobachtet wird, ein weißer, sehr stark durchschimmernder Schirm von 1,5 Schuh durchmesser sich befindet, der etwa 4 Schuh von dem Mikroskop entfernt an verschiedenen Stellen des Fensters gebracht werden kann, und so das unmittelbare Licht der Sonne auffängt und gemäßigt dem Mikroskope mittheilt“<sup>24</sup>. Ganz zum Schluß zeigte Fraunhofer noch einmal die Leistung seines Mikroskops an Hand der möglichen Vergrößerungen. Dies waren: zunächst mit dem einfachen Okular bei

Objektiv 1 eine 16fache Vergrößerung,  
Objektiv 2 eine 21fache Vergrößerung,  
Objektiv 3 eine 32fache Vergrößerung,  
Objektiv 4 eine 53fache Vergrößerung,  
Objektiv 5 eine 74fache Vergrößerung,  
Objektiv 6 eine 100fache Vergrößerung.

Das doppelte Okular hatte einen um den Faktor 1,5 größere Vergrößerung als das einfache Okular, d.h. also eine maximal 150fache Vergrößerung.

Obwohl in den folgenden Jahren bis in die zwanziger Jahre hinein Mikroskope und einzelne Okularlinsen in den Preislisten noch angeboten wurden, verlagerte sich der Schwerpunkt der Herstellung im Optischen Betrieb immer mehr auf die Herstellung von astronomischen Geräten. Ein Grund hierfür war wohl, daß die Astronomie zu Beginn des 19. Jahrhunderts noch immer großes Ansehen hatte. Fürsten gaben für die Beobachtung des Makrokosmos lieber mehr Geld aus als für die Beobachtung des Mikrokosmos.

Am 7. Juni 1826 starb Joseph von Fraunhofer an „Lungen- und Nervenschwindsucht“, wie der offizielle Bericht lautete. Seine Bedeutung für die damalige Zeit waren herausragende Leistungen im Bau von optischen Geräten wie Fernrohre und Mikroskope. Viele kennen heute Fraunhofer nur noch auf Grund seiner wissenschaftlichen Leistungen. „Fraunhofersche Linien“ und „Fraunhofersche Beugung“ sind Begriffe, die jeder Abiturient einmal gehört hat. Die wirkliche Bedeutung Fraunhofers liegt aber in seiner Vielseitigkeit. In außergewöhnlicher Weise verstand er es, Grundlagenforschung zu betreiben, diese in marktfähige Produkte umzusetzen und schließlich finanziellen Gewinn aus seiner Arbeit zu schlagen. Diese Eigenschaften wären auch heute für viele Betriebe wünschenswert.

Verfasser: Dr. Hans-Peter Sang, Frühlingstr. 39, D-82178 Puchheim

23 Ebda

24 Ebda

# Rhynchomonas nasuta: Ein Flagellat mit Freßrüssel

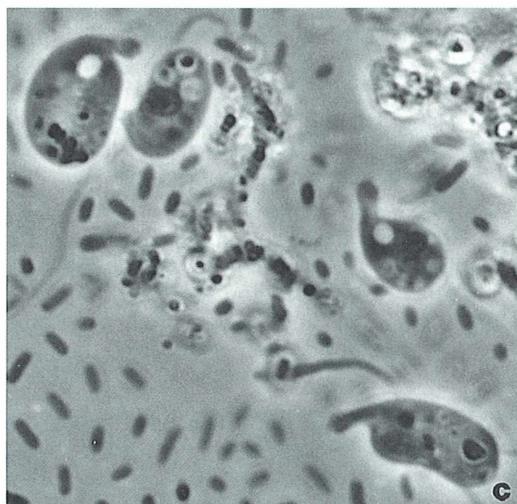
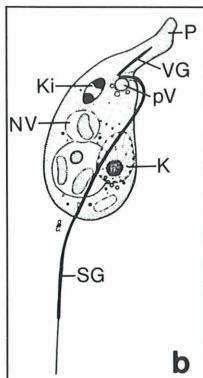
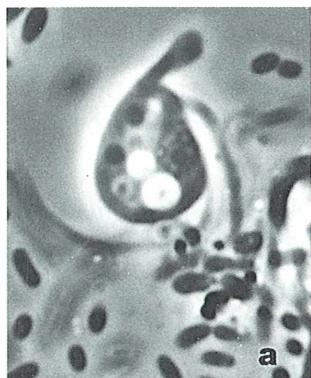
Michael Zölffel und Klaus Hausmann

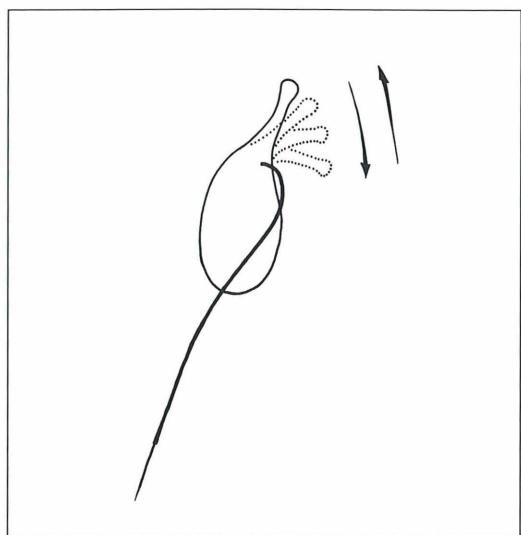
Wer einmal im Sommer eine Blaualgen-Massenentwicklung mikroskopiert hat, wird bemerkt haben, daß die Gallerthüllen einiger Cyanophyceen-Arten (z. B. *Microcystis*) zahlreichen Organismen Lebensraum bieten: Die Gallerthülle dient sessilen Protisten, wie z. B. Choanoflagellaten, und vielen Bakterien als Substrat. Ein steter Gast auf *Microcystis*-Gallertern ist auch ein bakterienfressendes Geißeltier, das aufgrund seiner geringen Größe (5–10 µm) häufig übersehen wird. Dieser zweigeißelige Flagellat wurde 1888 von dem amerikanischen Protistologen Alfred C. Stokes unter dem Namen *Heteromita nasuta* aus einem Pflanzenaufguß beschrieben. 1892 erhielt dieser Protist von Georg Klebs seinen heutigen Namen, *Rhynchomonas nasuta*. Karl Bělař stellte 1916 die mit dem Lichtmikroskop auflösbaren Zellstrukturen von *Rhynchomonas* vor. Die Ultrastruktur von *Rhynchomonas* ist erst unvollständig bekannt (Swale, 1973).

**R**hynchomonas nasuta (Abb. 1) hat einen flexiblen, aber nicht metabolen Körper. Die Zellen sind länglich-oval und abgeplattet. Das bemerkenswerteste Kennzeichen von *Rhynchomonas* ist das rüsselförmig ausgezogene Vorderende der Zelle. An der Basis dieses Rüssels entspringen die beiden Geißeln. Die

in Bewegungsrichtung gehaltene Vordergeißel ist bei *Rhynchomonas* im Gegensatz zu anderen Bodoniden extrem kurz, so daß sie im Lichtmikroskop kaum erkennbar ist. Sie ist vollständig von dem nasenförmigen Rüssel, der Proboscis, umgeben. Das aktive Schlagen der Vordergeißel verleiht der Proboscis seine *Rhyn-*

**Abb. 1:** *Rhynchomonas nasuta*. – a) Lebend-aufnahme (Phasenkontrast). – b) Habitus (schematisch). – c) Unterschiedliche Zellformen. – d) DAPI-Vitalfluorochromierung von Kern und Kinetoplast. K Kern, Ki Kinetoplast, NV Nahrungsvakuole, P Proboscis, pV pulsierende Vakuole, SG Schleppgeißel, VG Vordergeißel.





**Abb. 2: Bewegungsaktivität des Freßrüssels (schematisch).**

*chomonas*-typische Beweglichkeit: Der an seinem Ende leicht knopfartige ausgetriebene Rüssel vollführt nahezu ständig eine Auf- und Abwärtsbewegung (Abb. 2). Es werden etwa vier Schläge pro Sekunde ausgeführt. Bisweilen lösen sich *Rhynchomonas*-Zellen vom Untergrund ab. Ihre Schwimmbewegung erinnert dann mehr an ein ungesteuertes Hin- und Herzucken auf der Stelle. Die längere Geißel zieht an der Zelle herab und ist etwa doppelt körperläng. Diese Schleppgeißel ist bis zu zwei Dritteln ihrer Länge mit feinen, nur elektronenmikroskopisch nachweisbaren Anhängen, den Mastigonemen, besetzt. Wo diese fehlen, verschmälert sich das distale Ende der Geißel zu einem fein ausgezogenen Endfaden (Akronema) (Abb. 1, 3). Dies kann im Phasenkontrast, Dunkelfeld oder auch differentiellen Interferenzkontrast gut beobachtet werden.

## Nahrungsaufnahme

Die rüsselartige „Nase“ enthält auch den Zellmund, über welchen die Flagellaten ihre geformte Nahrung aufnehmen. Soweit bekannt, werden ausschließlich Bakterien gefressen (Abb. 4): Gerät die Spitze des Rüssels während der Schlagbewegung an ein Bakterium, kann man bisweilen beobachten, daß die Zelle ihre Fortbewegung stoppt und mit dem Rüssel wiederholt gegen die Bakterienzelle stößt. In einigen Fällen verkürzt sich der Rüssel zu einem trichterartigen Stumpf, der sich schließlich unter pendelartigen Bewegungen der Zelle über das Bakterium stülpt. Der eigentliche Fressakt ist ein äußerst schnell ablaufender Vorgang (< 1 Sekunde) und daher nur schwer zu beobachten. Das Bakterium wird in eine Vakuole eingeschlossen. Man kann häufig beobachten, daß eine Nahrungsvakuole mehrere Bakterien enthält. Wie andere Bodoniden, so besitzt auch *Rhynchomonas* frei im Plasma liegende Bakterien, die als Endosymbionten gedeutet werden.

## Pulsierende Vakuole

Direkt unterhalb der nasenartigen Proboscis, in der Nähe des Geißelursprungs, liegt die pulsierende Vakuole, welche von mehreren kleinen Vakuolen gespeist wird. Die Lage der pulsierenden Vakuole nahe der Geißelinsertion ist typisch für die meisten Bodoniden. Bisweilen findet man allerdings *Rhynchomonas*-Zellen, die eine pulsierende Vakuole im Hinterende haben.

## Kinetoplast

*Rhynchomonas* ist ein Mitglied der Flagellatengruppe der Bodoniden (Vickerman, 1976). Zu dieser Verwandschaftsgruppe gehören alle freilebenden zweigeißeligen Flagellaten, die ein be-



**Abb. 3: Bewegungsstudie von *Rhynchomonas nasuta* im differentiellen Interferenzkontrast. – a) pV pulsierende Vakuole. – c) Der Pfeil weist auf die Verjüngung der Schleppgeißel hin.**

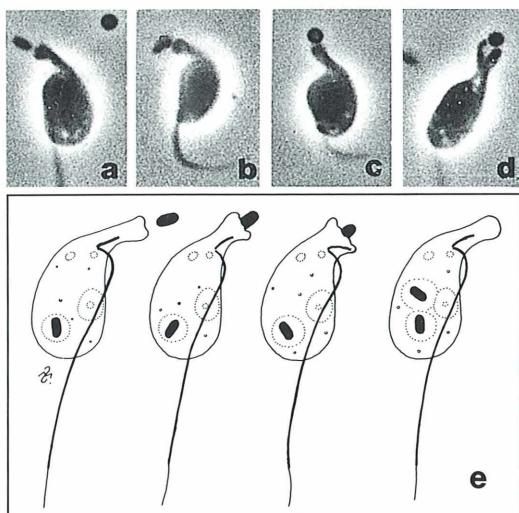
sonderes Organell, den Kinetoplasten, besitzen. Der Kinetoplast ist eine Ansammlung von vielen DNS-Ringen (k-DNS) innerhalb einer besonderen Region des einzigen Mitochondriums der Bodonidenzelle. Dort, wo sich diese DNS-Ringe häufen, ist das Mitochondrium vergrößert. Diese meist linsenförmige Anschwellung liegt in der Nähe der Geiselbasis im Vorderende der Zelle und kann mit der Ölimmersion (Phasenkontrast) (Abb. 1 a) beobachtet werden. Der spezifische Nachweis von DNS gelingt mit dem Nukleinsäurefarbstoff DAPI (4,6-Diamidino-2-phenylindol) im Fluoreszenzmikroskop (Abb. 1 d). Die Menge an k-DNS ist weitaus höher als die DNS-Konzentration im Zellkern, weshalb der Kinetoplast im DAPI-Fluoreszenzbild wesentlich heller aufleuchtet.

Ungefähr zwei Drittel aller Zellen einer *Rhynchomonas*-Population besitzen zwei Kinetoplasten. Bei den restlichen Zellen ist lichtmikroskopisch nur ein solches Organell nachweisbar. Diese Beobachtung gelang bereits Bělař (1916) bei der Auswertung von mit Sublimat fixierten und mit Eisenhämatoxylin gefärbten Ausstrichpräparaten. Der Kinetoplast wurde in der klassischen Literatur (Hartmann, Powazek, 1907; Bělař, 1916) auch Blepharoplast genannt. Seine Funktion ist bis heute rätselhaft.

## Zellkern

Der Zellkern liegt im unteren Drittel des Zellkörpers. Er ist in der Aufsicht kreisrund und hat in der Seitenansicht eine eher birnenförmige Gestalt. Der Nucleolus ist leicht exzentrisch angeordnet. Im Phasenkontrast werden an der Kernmembran anliegende, optisch dichte Bereiche und ein das gesamte Kernplasma durchziehendes feines Netzwerk erkennbar (Abb. 1 a, b).

Außer *Rhynchomonas nasuta* wurden noch weitere Arten aus dem Süßwasser beschrieben, deren Existenz zweifelhaft bleibt. *Rhynchomonas* ist auch ein häufiger Bewohner mariner Lebensräume, wo er beispielsweise Detritusflocken besiedelt (Griessmann, 1913; Larsen, Patterson, 1990). Aus dem Meerwasser wurde eine weitere Art, *Rhynchomonas metabolita*, beschrieben. Die Süßwasserart ist sehr empfindlich gegenüber  $H_2S$  und verschwindet, sobald sich ein anaerobes Milieu zu entwickeln beginnt.



**Abb. 4: *Rhynchomonas nasuta*. – a-d) Nah rungsaufnahme (Phasenkontrast). – e) Zeichnerische Darstellung der Phagocytose eines Bakteriums.**

## Kultivierung von *Rhynchomonas nasuta*

*Rhynchomonas* kann im Sommer aus Cyanophyceenblüten isoliert werden (Zöllfel, 1995). Im Winter ist er in Aufgüssen von pflanzlichem Material zu Beginn der Sukzession anzutreffen. Die Zellen werden mit einer Mikropipette isoliert und in alkalische Knop-Lösung übertragen. Als Kulturgefäße eignen sich kleine Petrischalen (Durchmesser 37 mm). Es empfiehlt sich, dem Nährmedium pro Kulturschale ein bis drei autoklavierte Weizenkörner zuzusetzen.

### Alkalische Knop-Lösung:

#### Stammlösungen

$Ca(NO_3)_2 \times 2 H_2O$	10 %ig
$MgSO_4 \times 7 H_2O$	5 %ig
$KNO_3$	5 %ig
$KH_2PO_4$	5 %ig

Alle Salze werden in Aqua bidest. gelöst und anschließend autoklaviert (z.B. im Schnellkochtopf). Die Stammlösungen können vorteilhaft im Tiefkühlschrank aufbewahrt werden. Aus den Stammlösungen setzt man die Gebrauchslösung an, indem man zu 150 ml Aqua bidest. 10 ml der Calciumnitrat-Stammlösung gibt und erst dann danach jeweils 5 ml der übrigen Lösungen hinzufügt. Die Kaliumphos-

phatlösung soll hierbei tropfenweise als letzter Bestandteil zugegeben werden. Dann füllt man mit Aqua bidest. auf ein Gesamtvolumen von 875 ml auf. Den optimalen pH-Wert von 7,2 stellt man durch tropfenweise Zugabe von 10 %iger  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -Lösung ein. Die fertige Nährlösung ist autoklavierbar.

Die Kulturen sollten alle zwei bis drei Wochen überimpft oder mit einem geeigneten Futterbakterium (z.B. *Enterobacter aerogenes*) nachgefüttet werden.

### DNS-Fluorochromierung mit DAPI

Einer gut angewachsenen Kultur entnimmt man einige Milliliter flagellatenhaltigen Bodensatz und überträgt diese in ein sehr sauberes schwarzes Blockschälchen (mit Abdeckplatte). Der DNS-spezifische Vitalfarbstoff DAPI (z. B. Fa. Sigma, Heidelberg) wird in einer Endkonzentration von 0,1  $\mu\text{g}/\text{ml}$  zugesetzt. DAPI wird am besten als Stammlösung im Tiefkühlschrank aufbewahrt (5 mg Farbstoff in 1 ml Aqua bidest. auflösen und sofort einfrieren). Nach 45 Minuten Einwirkzeit des Farbstoffes kann bereits ein Lebendpräparat für die Fluoreszenzmikroskopie hergestellt werden.

Der DAPI-Nukleinsäurekomplex hat sein Emissionsmaximum bei 365 nm Anregerlicht (z.B. die preiswerte UG1/UG5 Glasfilterkombination, Fa. Schott & Gen, Mainz, Jena). Nach vier Stunden Inkubationszeit ist die Fluoreszenz stärker und kann auch mit einfacher Blaulicht-Anregung (BG 12/2 mm Glasfilter) mit einer 12 V/100 W Halogenlampe (ohne Wärmestrahlenfilter verwenden) im Durchlicht-Dun-

kelfeld beobachtet werden. SW-Mikrofotografie stark gequetschter und damit unbeweglicher Zellen ist z.B. auf Ilford HP 5 Plus möglich (wie 400 ASA mit -2 Blendenkorrektur belichten; entwickeln in Neofin Rot mit  $\gamma = 0,55$ , 15 min, bei 20 °C).

DAPI-behandelte *Rhynchomonas*-Zellen sterben erst nach etwa ein bis zwei Wochen ab und können so lange für fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen verwendet werden.

### Literaturhinweise

- Bělař, K.: Protozoenstudien I. Arch. Protistenkde. 36, 13–51 (1916).  
 Griessmann, K.: Über marine Flagellaten. Arch. Protistenkde. 32, 1–78 (1913).  
 Klebs, G.: Flagellatenstudien. Theil I. Z. wiss. Zool. 55, 265–351 (1892).  
 Larsen, J., Patterson, D. J.: Some flagellates (Protista) from tropical marine sediments. J. Nat. Hist. 24, 801–937 (1990).  
 Stokes, A. C.: X. Notices of new infusoria flagellate from American fresh waters. J. R. Micr. Soc. (Transactions), Ser. 3, 8, 698–704 (1888).  
 Swale, E. M. F.: A study of the colourless flagellate *Rhynchomonas nasuta* (Stokes). Klebs. Biol. J. Linn. Soc. 5, 255–264 (1973).  
 Vickerman, K.: The diversity of the kinetoplastid flagellates. In: Lumsden, W. H. R., Evans, D. A. (eds.): Biology of the Kinetoplastida. Vol. 1, S. 1–34, Academic Press, London 1976.  
 Zölffel, M.: Heterotrophe Flagellaten des Süßwassers: Bodonidae und Cercomonadidae. In: Röttger, R. (Hrsg.): Praktikum der Protozoologie, S. 48–58, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York 1995.

**Verfasser:** Dipl.-Biol. Michael Zölffel, Institut für Systematische Botanik, Arbeitsgruppe Algen und Hydrobiologie, Altensteinstr. 6, D-14195 Berlin, und Prof. Dr. Klaus Hausmann, Institut für Zoologie, Arbeitsgruppe Protozoologie, Königin-Luise-Str. 1–3, D-14195 Berlin

## Nachricht

### Treffen der deutschsprachigen Diatomologen im März 1995

Das Treffen findet vom 24.3.–26.3.1995 in der limnologischen Station der TU München in Iffeldorf, Pfaffenwinkel, Osterseengebiet, nördlich vom Starn-

berger See, statt. Für alle weiteren Informationen wenden sich Interessenten an Frau Dr. Uta Raeder, Limnologische Station der TU München, Hofmark 3, 82393 Iffeldorf, Telefon 0 88 56/8 10 22, FAX 0 88 56/8 10 40.

# Paläoprotzoologie: Einzeller im Bernstein

Michael Nickel

Seit etwas über 150 Jahren werden Bernstein-einschlüsse wissenschaftlich untersucht, doch kaum etwas wurde über eingeschlossene Mikroorganismen bekannt. Abgesehen von wenigen Veröffentlichungen, wie etwa ein 1942 beschriebener Ciliat, der *Paramecium* ähnelt, galt beinahe ausschließlich Arthropoden und Pflanzenresten die Aufmerksamkeit, obwohl es eigentlich in Bernstein auch relativ häufig Einschlüsse von Mikroorganismen geben müßte.



George O. Poinar Jr., Mitbegründer der Paläo-DNA-Forschung, Benjamin M. Waggoner und Ulf-Christian Bauer gelang es jedoch, zahlreiche Mikroorganismen in Bernstein zu entdecken. In einem 220 bis 230 Millionen Jahre alten, also aus dem Trias stammenden Stück, das aus der Umgebung von Schliersee (Bayern) aus Schichten des Raibler-Sandsteins (Oberer Keuper) stammt fanden sie zahlreiche Mikroben. Für die mikroskopische Untersuchung wurde der Bernstein zerkleinert und in Glyzerin auf einen Objektträger gebracht. Im differentiellen Interferenzkontrast zeigten sich verschiedene überaus gut erhaltene Mikroorganismen: Ciliaten, Amöbenschalen, Bakterien, Algen, zudem Sporen oder Pollen von Gefäßpflanzen und Pilzsporen (Abb. 1). Die Mikroorganismen, die eine Biozönose mit der harzabsorbernden Pflanze bildeten, gelten als die ältesten bekannten gehäuselosen Bodenprotisten.

## Ciliaten und Amöben

In den Bruchstücken sind häufig Ciliaten aus der Verwandtschaft der Familie *Cyrtolophosidae* zu finden. Es handelt sich dabei um ellipsoide Protisten zwischen 45 und 55 µm Länge, deren Cystostom in einem schmalen seitlichen Vestibulum am Vorderende liegt (Abb. 2). Die Pellicula ist deutlich begrenzt und trägt Cilien. Insgesamt ähnelt diese Form der rezenten Gattung *Cyrtolophosis*.

Eine weitere Ciliaten-Art aus der Familie der *Parameciidae*, die deutlich an die heutige Gattung *Paramecium* erinnert, weist eine Länge zwischen 136 und 146 µm auf, während eine

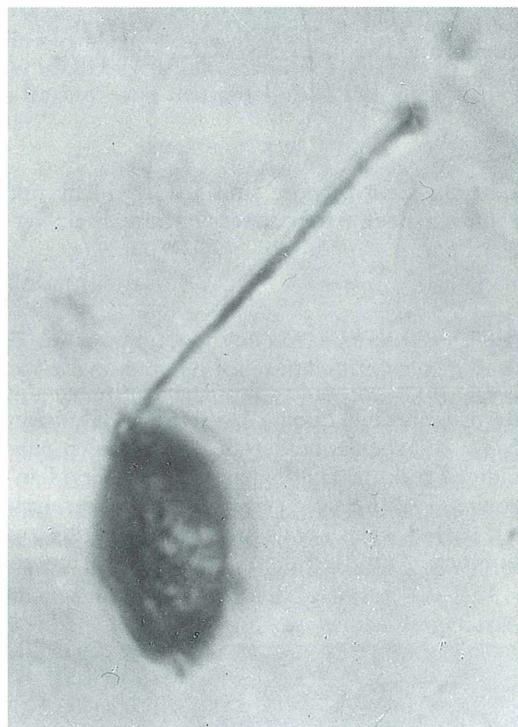
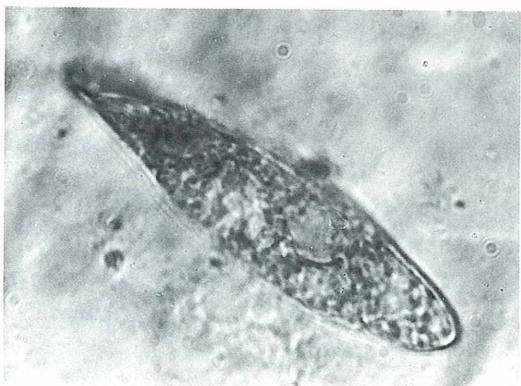


Abb. 1: Keimende Mikrospore. Foto: G. O. Poinar, Jr., Berkeley.

dritte, eher ovale bis zu 65 µm lange Art heutigen *Nassula*-Arten ähnelt (Familie *Nassulidae*). Seltener Einschlüsse stammen von Schalenamöben, die zur Familie *Centropyxidae* gerechnet werden. Die 36 µm langen Schalen besitzen an einem Ende eine 5,5 µm durchmessende Öffnung. Damit ähneln sie denen der heutigen



**Abb. 2: Ciliat, der vermutlich der Familie Cyrtolophosidae angehört. Länge des Individuums etwa 45 µm. Foto: G. O. Poinar, Jr., Berkeley.**

Gattung *Centropyxis*, sind jedoch nicht mit heute lebenden Arten dieser Gattung direkt vergleichbar.

### Algen und Bakterien

Neben den genannten Protisten enthalten die Bernsteinproben auch Algen und Bakterien, wie z.B. Scheidenbakterien. Diese zeigen eine fädige Struktur. Die Fäden erreichen eine Länge von 1–2 mm und setzen sich aus Einzelzellen (2,8–3,4 µm Länge und 1,6 µm Breite) zusammen. Aufgrund dieser Merkmale erinnern

die Bakterien an Vertreter der rezenten Gattungen *Crenothrix* und *Sphaerotilus*. Daneben entdeckte man auch zur Familie der *Scytone-mataceae* gehörende Cyanobakterien (Blaualgen), deren Fäden dick und (unecht) verzweigt sind. Heterocysten (einzelne stickstoffixierende Zellen) waren im untersuchten Material nicht enthalten. Diese Organismen ähneln rezenten Arten der Gattung *Scytonema*, besonders *Scytonema alata*. Eine dritte verzweigte fädige Struktur ähnelt Grünalgen der Familie *Trente-pohliaceae*. Der Morphologie der Thalli nach zu urteilen handelt es sich dabei um eine Art der Gattung *Trentepohlia*. Hyaline ellipsoide Körnchen von 29 µm Durchmesser werden als Pilzsporen interpretiert. Sie haben eine auffällige Ähnlichkeit zu heutigen Arten der Gattungen *Dactylium* und *Hyaloflora*, die zu den Moniliales (Fungi imperfecti) zählen.

Die beschriebenen Fossilien repräsentieren eine Biozönose von Organismen, die auf der harzproduzierenden Pflanze lebte. Auf Borken- oder Blattoberflächen, in Borkenrissen oder Astgabeln konnte sich in langen Regenzeiten stehendes Wasser ansammeln und so aquatischen und semiaquatischen Mikroorganismen geeignete Lebensbedingungen bieten. Die auftretenden Formen legen die Vermutung eines nährstoffreichen, mesosaproben Mikrohabitats nahe, das plötzlich von Harz überdeckt wurde, wodurch die Mikroorganismen eingeschlossen und konserviert wurden. Die Pflanze, von der das Harz stammt, kann nicht aufgrund der Bernsteinanalyse identifiziert werden, aber der Schluß liegt nahe, daß es sich dabei um Harz von *Pterophyllum jaegeri* handelt, da die meisten pflanzlichen Fossilien des Raibler-Sandsteins dieser Art angehören.



**Abb. 3: Unbekannter Pilz oder Alge. Foto: G. O. Poinar, Jr., Berkeley.**

### Literaturhinweise

- Poinar Jr., G. O.: *Life in Amber*, Standord University Press, Stanford, CA 1992.  
 Poinar Jr., G. O., Waggoner, B. M., Bauer, U.-C.: *Terrestrial Soft-Bodied Protists and Other Microorganisms in Triassic Amber*, *Science* 259, 222–224 (1993).

*Verfasser:* Michael Nickel, Reinhardstr. 41, D-73614 Schorndorf

# Bythotrephes longimanus – das Langschwanzkrebschen

Heinz Werner Seifert

Der große Anatom Franz von Leydig, dem die Medizin und die Zoologie so vieles verdanken und der sich unter vielem anderen auch mit den Cladoceren beschäftigte (Stöhr, 1964), entdeckte *Bythotrephes longimanus* 1860 im Darminhalt von Blaufelchen aus dem Bodensee (Steinecke, 1985). Das ist wahrscheinlich kein Zufall, denn *B. longimanus* wird in Mitteleuropa ziemlich selten gefunden. Einmal ist sein Verbreitungsgebiet hier recht beschränkt. Zweitens ist seine Populationsdichte wie bei allen Räubern gering. Und drittens halten sich die Tiere meist in tieferen Wasserschichten auf.

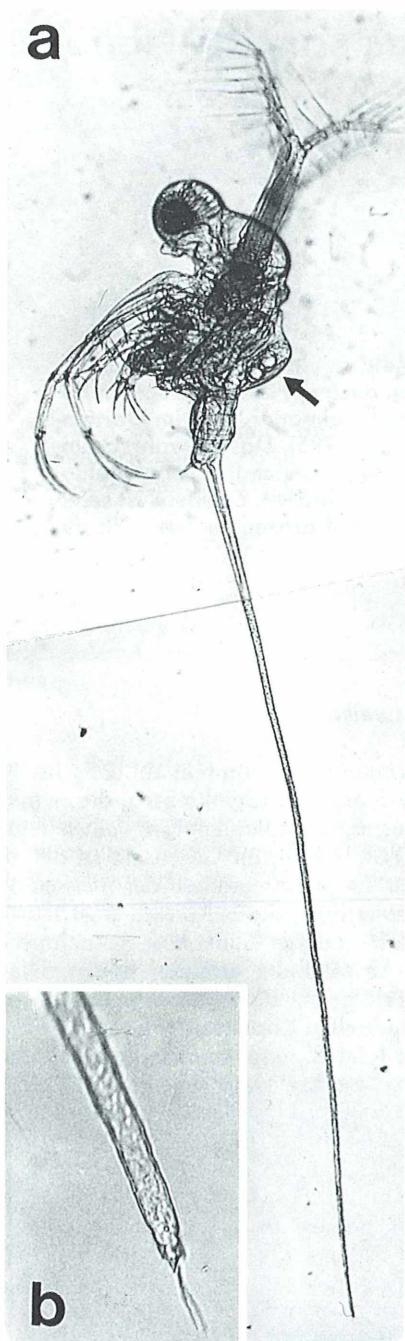
Unter den vielen bizarren Gestalten unter den Cladoceren ist *B. longimanus* vielleicht die bizarrste, vor allem wegen des langen Dornes, der ihm den Namen Langschwanzkrebschen eingetragen hat (Sandhall, 1985; Streble, Krauter, 1973). Die Länge des Dornes kann bis zu 10 mm betragen und die Körperlänge (bei weiblichen Tieren 1,2–5 mm) um ein Mehrfaches übertreffen (Abb. 1 a). Es handelt sich bei diesem eindrucksvollen Fortsatz um die enorme Verlängerung des bei anderen Cladoceren sehr kleinen Basalhöckers, auf dem die Setae natatores, die paarigen Schwimmborsten aufsitzen. Sie sind bei *B. longimanus* nur noch als sehr kleine Rudimente erkennbar (Abb. 1 b). Dieser lange Schwanzdorn dient zweifellos als Schwebehilfe, wahrscheinlich aber auch als Gegensteuer bei plötzlichen Richtungsänderungen, die dem Beutefang dienlich sind. Dementsprechend sind Körper und Dorn äußerst beweglich miteinander verbunden, wie man bei den heftigen Befreiungsversuchen auf dem Objekträger liegender Tiere sehen kann. Bei makroskopischen Beobachtungen ist zu erkennen, daß die 2. Antennen schwirrende Bewegungen ausführen, die das Tier nur wenig vorwärts bringen; zwischen durch aber erfolgen plötzliche, blitzschnelle Sprünge und regelrechte Purzelbäume, die das Krebschen um seine Querachse schlägt.

## Lebensweise

*B. longimanus* lebt von rein animalischer Kost, vor allem anderen Kleinkrebsen, die er mit seinen langen, gekrümmten Fangbeinen ergreift. Es sind Stabbeine, im Gegensatz zu den sogenannten Turgorextremitäten der meisten anderen Wasserflöhe, die bei diesen im Dienst der Filtration und der Sauerstoff-Aufnahme eine starke Abwandlung erfahren haben. Die Atmung erfolgt bei *B. longimanus* dagegen über einen speziellen Kopfschild (Herbst, 1962). Als Räuber folgt *B. longimanus* seinen Beutetieren bei ihren täglichen, oft erheblichen vertikalen Wanderungen und ist daher am Tage eher in tieferen Schichten zu finden, wenngleich er keine eigentliche Tiefenform ist (Flössner, 1972). Die nahezu völlige Durchsichtigkeit des Körpers ist beim Beutefang sicherlich auch von Nutzen, ebenso wie das ungewöhnlich große Komplexauge mit seinen zahlreichen Kristallkegeln, das zur Perzeption sich bewegender Beutetiere gut geeignet erscheint.

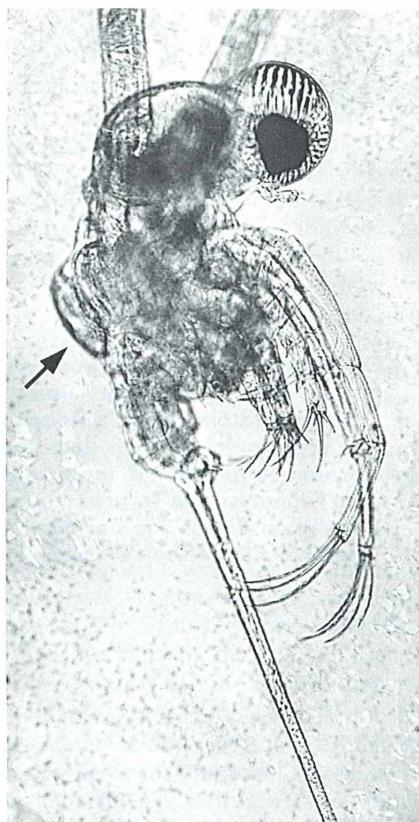
## Fortpflanzung

Die Vermehrung von *B. longimanus* weicht von der nicht räuberischer Wasserflöhe erheblich ab. Während bei diesen große, dotterreiche



**Abb. 1 a:** Junges Exemplar von *B. longimanus* mit nur einem Paar Furkalkrallen. In dem noch sehr kleinen Brutsack sind mehrere kleine, farblose Eier zu erkennen (Pfeil).

**Abb. 1 b:** Hinterende des Schwanzdornes bei stärkerer Vergrößerung mit den rudimentären Setae natatores.



**Abb. 2:** Neugeborener *B. longimanus*. Die kleine Vorwölbung der Rückenhaut ist die Anlage des Brutsackes (Pfeil).

Subitaneier in die zu einem Brutraum erweiterter Rückenschale abgelegt werden, entwickeln sich die Eier von *B. longimanus* in einem abgeschlossenen, dorsal aufsitzenden Brutsack, der mit dem Wachstum der Eier an Größe zunimmt. Er ist als Anlage bereits bei den neugeborenen Jungtieren erkennbar (Abb. 2) und enthält nach kurzer Zeit sehr kleine, farblose Eier (Abb. 1). Diese werden von einer Nährlösung umgeben, die von Drüsenzellen der Rückenhypodermis sezerniert wird (Herbst, 1962). Während der Reifung der Embryonen scheint eine erste Häutung zu erfolgen, wobei die alte Cuticula des Schwanzdornes mit den Furkal-

krallen nicht abgeworfen wird, sondern nur ein Stück nach caudal rutscht; der neue Schwanzdorn steckt in der alten Hülle wie in einem Kelch (Abb. 3), was die Stabilität dieses Steuerorganes sicherlich erhöht. Individuen nach der ersten Häutung erkennt man daher an zwei Paar Ferkalkkrallen.

Die Embryonen wachsen in dem nährstoffhaltigen Brutraum heran und erscheinen anfangs noch sehr durchsichtig (Abb. 3). Kurz vor ihrer Geburt ist ihre Anzahl an der ihrer schwarzen Augen erkennbar. Die langen Schwanzdornen sind in dem engen Brutraum konzentrisch aufgewickelt (Abb. 4). Die Entlassung der Jungen erfolgt durch den Zerfall des Brutsackes, ein Vorgang, der wohl sehr rasch erfolgt, und den ich leider nicht beobachten konnte. Danach häutet sich das Muttertier und beginnt, einen zweiten Brutsack auszubilden. In diesem Stadi-

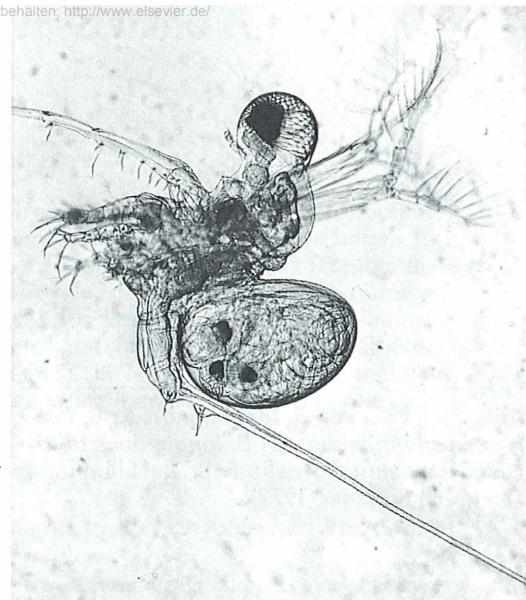


Abb. 4: *B. longimanus* mit großem Brutsack und drei fast ausgereiften Jungtieren, deren Schwanzdornen auf der rechten Seite im Brutraum aufgewickelt sind.

um (nach der zweiten Häutung) tragen die Tiere nun drei Paar Ferkalkkrallen. Eine weitere Häutung scheint nicht mehr stattzufinden.

### Systematik

*Bythotrephes longimanus* Leydig 1860 gehört in der Unterordnung Cladocera und innerhalb der Überfamilie Polyphemoidae zur Familie Cercopagidae. Die namengebende Gattung *Cercopagis* kommt fast nur im Kaspischen Meer vor (Flössner, 1972). Alle Arten der Überfamilie Polyphemoidae sind Räuber. Neuerdings gibt es Empfehlungen, die Polyphemoidae und Leptodoridae zu einem neuen Taxon Gymnomera zusammenzufassen und von den anderen Cladoceren (= Calyptomera) abzutrennen (Krause-Dellin, 1992).

### Vorkommen

*B. longimanus* ist eine boreal-montane Art, die in den nördlichen Gebieten West-Eurasiens von den Britischen Inseln bis Westsibirien sowie im

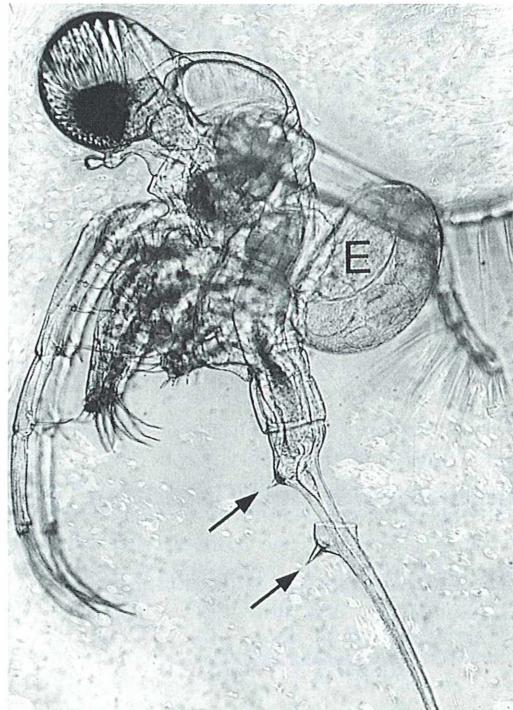
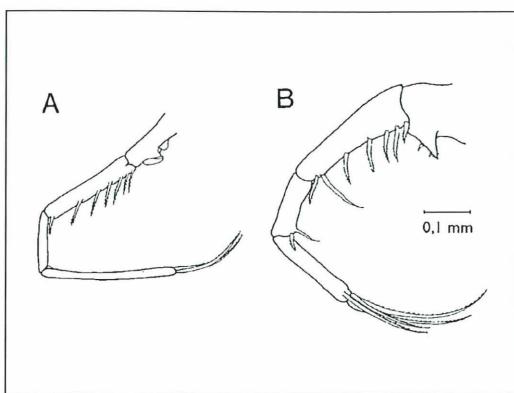


Abb. 3: *B. longimanus* nach der 1. Häutung mit nunmehr zwei Paar Ferkalkkrallen (Pfeile). In dem größer gewordenen Brutraum erscheinen die jungen Embryonen (E) noch sehr zart und durchsichtig. Man erkennt das kelchartige Ende der alten Cuticula des Schwanzdornes.



**Abb. 5: 1. Bein von *B. longimanus*. A: *B. longimanus longimanus*, B: *B. longimanus balticus*. Zeichnung: Cornelia Falk, Recklinghausen (nach Flössner, 1972).**

Bereich einiger südlicher gelegenen Gebiete (Alpen, Kaukasus) vorkommt (Flössner, 1972). In den letzteren Verbreitungsgebieten benötigt *B. longimanus* tiefe, klare, große Seen, was für die nördlichen Gebiete nicht so zwingend ist. Die Gattung gilt als euryplastisch, d.h. anpassungsfähig z.B. in Bezug auf Temperatur, Sauerstoffgehalt und Säuregrad. In ausgesprochen sauren Gewässern ist sie jedoch nicht anzutreffen. Dementsprechend konnte ich *B. longimanus* in zwei großen Klarwasserseen Nord-Kareliens (Pyhäjärvi und Puuruveesi) finden, nicht jedoch in den kleineren Braunwasserseen Finnlands.

In Mitteleuropa kommt *B. longimanus* in zwei Subspecies vor, die auf zwei räumlich deutlich getrennte Gebiete verteilt sind: *B. longimanus longimanus* ist auf die Alpenregion beschränkt, während *B. longimanus balticus*, die etwas kleinere Unterart, in den norddeutschen Moränenseen zu finden ist und hier an das nördliche Verbreitungsgebiet anschließt. Sie unterscheiden sich insbesondere durch einen abweichen- den Bau des ersten Beinpaars (Abb. 5). Die hier gezeigten Exemplare aus dem Puuruveesi sind demnach der Subspecies *B. longimanus balticus* zuzurechnen.

#### Literaturhinweise

- Flössner, D.: Krebstiere, Crustacea, Kiemen- und Blattfüßer. Branchiopoda. Fischläuse. Branchiura. In: Die Tierwelt Deutschlands, 60. Teil. Gustav Fischer Verlag, Jena 1972.
- Herbst, H. V.: Blattfußkrebse (Phyllopoden: echte Blattfüßer und Wasserflöhe). Franckh'sche Verlags-handlung, Stuttgart 1962.
- Krause-Dellin, D.: *Penilia avirostris* – einziger mariner Vertreter der Wasserflöhe? Mikrokosmos 81, 236–241 (1992).
- Sandhall, A., Berggren, H.: Planktonkunde. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1985.
- Steinecke, F.: Das Plankton des Süßwassers. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg, Wiesbaden 1985.
- Stöhr jr., P.: Franz von Leydig. In: Freund, H., Berg, A.: Geschichte der Mikroskopie, Bd. II. Umschau Verlag, Frankfurt 1964.
- Streble, H., Krauter, D.: Das Leben im Wassertropfen. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1973.

*Verfasser:* Dr. Heinz Werner Seifert,  
Am Propsthof 127, D-53121 Bonn

Rudolf Schlegelmilch

### Bestimmungsbücher für Fossiliensammler und Geologen

**Die Ammoniten des süddeutschen Doggers**  
1985. X, 284 S., 15 Abb., 951 Fotos auf 59 Bildtafeln, Ln. DM 158,-  
(ISBN 3-437-30488-7)

*Komplettpreis für alle 3 Bände DM 395,- (statt DM 464,-)*  
(ISBN 3-437-30785-1)

**Die Ammoniten des süddeutschen Lias**  
2. neubearb. u. erw. Aufl. 1992. VIII, 241 S., 462 Abb. auf 58 Tafeln, geb. DM 148,-  
(ISBN 3-437-30678-2)

**Die Ammoniten des süddeutschen Malm**  
1994. VIII, 297 S., 501 Fotos, 9 Abb., geb. DM 158,-  
(ISBN 3-437-30610-3)

# Schöne Kieselalgen aus der Ostsee

Rudolf Drews

**Kieselalgen, auch Diatomeen genannt, erfreuen seit langem den Mikroskopiker und sind auch sonst dem Menschen in vieler Hinsicht nützlich. Sie sind begehrte Objekte eifriger Sammelleidenschaft, sie erfüllen ihre Funktion als Testobjekte im Wettstreit um die besten Mikroskopobjektive, sie dienen als Leitorganismen in der Gewässergütebeurteilung und sind fossile Zeugen früherer Klima, Meere und Seen. Ablagerungen aus Kieselalgenschalen als Ergebnis optimaler nacheiszeitlicher Wachstumsbedingungen z.B. in Norddeutschland (Lüneburger Heide), sogenannte Kieselgur, sind ein wichtiger Grundstoff zur Herstellung von Poliermitteln und Dynamit.**

Wie man sagt, erfreuen schöne Formen das Auge. Und dazu gehören eben auch die aus Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) bestehenden Schalen der Kieselalgen. Ein Mikroskopiker, der unter anderem Kieselalgen als Hobby-Objekte auserkoren hat, wird gewöhnlich mit folgenden Problemen konfrontiert: Wie beschaffe ich mir Kieselalgen? Wie reinige und präpariere ich die Schalen? Was kann ich mit meiner Mikroskopoptik erkennen und fotografieren? Zwei Kieselalgenproben aus der Ostsee (Greifswalder Bodden und Insel Hiddensee) sollen Anregungen zu diesen Themen geben.

## Materialbeschaffung

Die eine der beiden Proben entstammt dem Plankton der Ryck, eines kleinen Brackwasserflüßchens bei Greifswald. Sie wurde mit einem feinmaschigen Planktonnetz aus einem kleinen Hafenbecken erbeutet, das circa 300 m von der Mündung des Flüßchens in den Bodden entfernt ist. Die zweite Probe enthält benthische (bodenbewohnende) und epiphytische (auf Pflanzen sitzende) Arten, da sie dem landseitigen trockengefallenen Watt in Form von Schlamm und Algen (Tang) entnommen wurde. Ein dritter Fang mit dem Planktonnetz bei Sturm aus dem Greifswalder Bodden bei der Ryck-Mündung lieferte einige weitere Formen, die wegen ihrer Größe und ihres Gewichtes nur dem Boden entstammen können und durch das bewegte Wasser emporgewirbelt wurden (Abb. 3 g).

## Auflösen der organischen Bestandteile

Für den nachfolgenden Arbeitsschritt ist es nötig, den Gehalt an organischen Beimengungen zu reduzieren. Das geschieht am besten dadurch, daß man die Schlammprobe (bei der Planktonprobe erübrigt sich das meistens) in Wasser suspendiert und durch ein Sieb gießt. Grobe organische und auch anorganische Partikel werden zurückgehalten, die Kieselalgen passieren die Maschen.

Das kieselalgenhaltige Feinmaterial läßt man nun in einem Becherglas sedimentieren, gießt überstehendes Wasser ab und fügt etwas Salzsäure hinzu, um kalkige Bestandteile aufzulösen, die den weiteren Gang stören würden. Dieser und die nächsten Arbeitsschritte folgen im Prinzip den Arbeitsanweisungen aus Krammer (1986). Die gelösten Substanzen werden durch zweimaliges Waschen mit destilliertem Wasser entfernt (Wasser zufügen, vollständig sedimentieren lassen, überstehende Flüssigkeit abgießen; wiederholen). Nun wird vorsichtig Schwefelsäure hinzugegeben (Vorsicht bei Verwendung konzentrierter Schwefelsäure. Die wasserhaltige Mischung erhitzt sich und kann herauspritzen!). Die Mischung sollte zum Schluß etwa 20 % Schwefelsäure enthalten. Jetzt tropft man unter fortwährendem Umrühren oder Umschwenken tiefdunkle Kaliumpermanganatlösung solange hinzu, bis die zunächst entstehende Braunfärbung ins Violette übergeht und auch violett bleibt. Hierdurch wird die vollständige Oxidation der organischen Substanz angezeigt. Anschließendes Zutropfen von konzentrierter Oxalsäurelösung klärt die mitt-

lerweile braunflockige Suspension vollständig. Anschließend wird mindestens fünfmal mit destilliertem Wasser, wie bereits beschrieben, gewaschen. Das Sediment ist nun fertig für den nachfolgenden Trennungsgang.

### Grobisierung der Kieselalgenschalen durch fraktionierte Sedimentation

In den entsprechenden Arbeitsanleitungen von Krammer (1986) und Stehli (1965) werden Kelchgläser für Trennung und Reinigung empfohlen. Für kleinere Mengen sind sie jedoch ungeeignet. Statt dessen hat sich ein Gerätesatz bewährt, der aus drei kurzen Reagenzgläsern, einer durchbohrten Styroporplatte als Reagenzglasständer, einer Spritzflasche mit destilliertem Wasser und einer Pipette besteht.

Das Reagenzglas (Abb. 1) wird nun 0,5 cm hoch mit konzentrierter gereinigter Rohmaterialsuspension beschickt und mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Man verschließt die Reagenzglasöffnung mit dem Daumen, schüttelt kurz und lässt anschließend eine halbe bis eine Minute lang sedimentieren. Danach wird der Überstand in ein zweites Glas pipettiert. Das Sediment aus dem ersten Glas wird noch einmal mit Wasser aufgefüllt und man verfährt wie zu Beginn. Der weitere Arbeitsgang geht aus Abbildung 1 hervor. Am Ende erhält man ein grobes, mittleres und feines Sediment. Die drei Fraktionen werden zweimal mit destilliertem Wasser gewaschen, wobei man nicht bis zur völligen Klärung sedimentieren lassen darf. Der Überstand wird jeweils verworfen. Bei der Trennung ist zu beachten, daß die Sedimentationszeit mit der Feinheit der Fraktion zunimmt. Ist man zum Schluß mit dem Ergebnis nicht zufrieden (mikroskopische Kontrolle), empfiehlt sich, jede Fraktion noch einmal einem in der Zeit etwas variierten Trennungsgang zu unterwerfen.

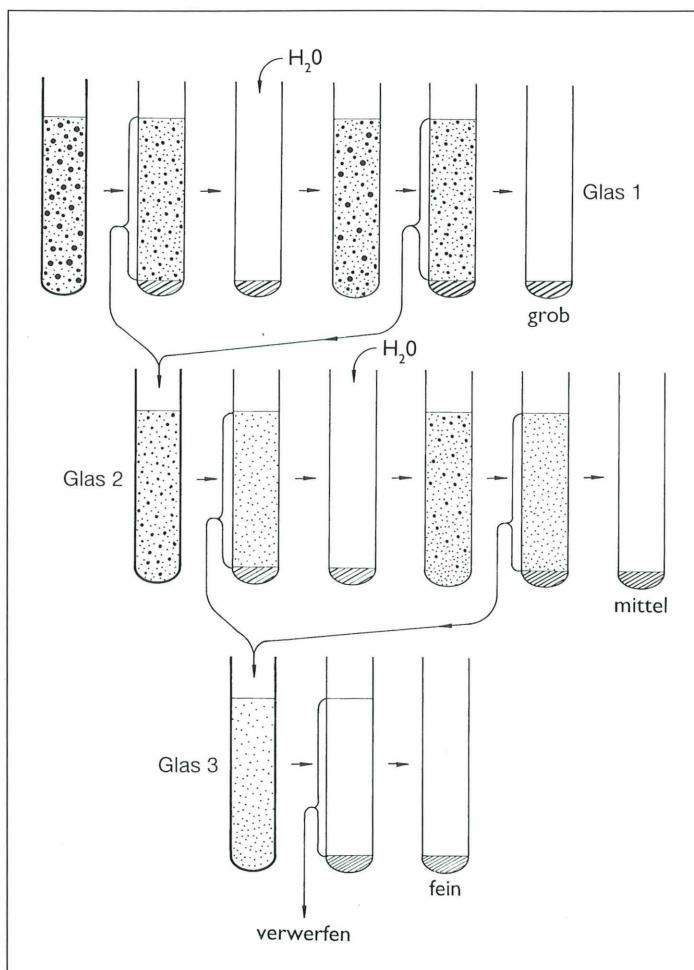
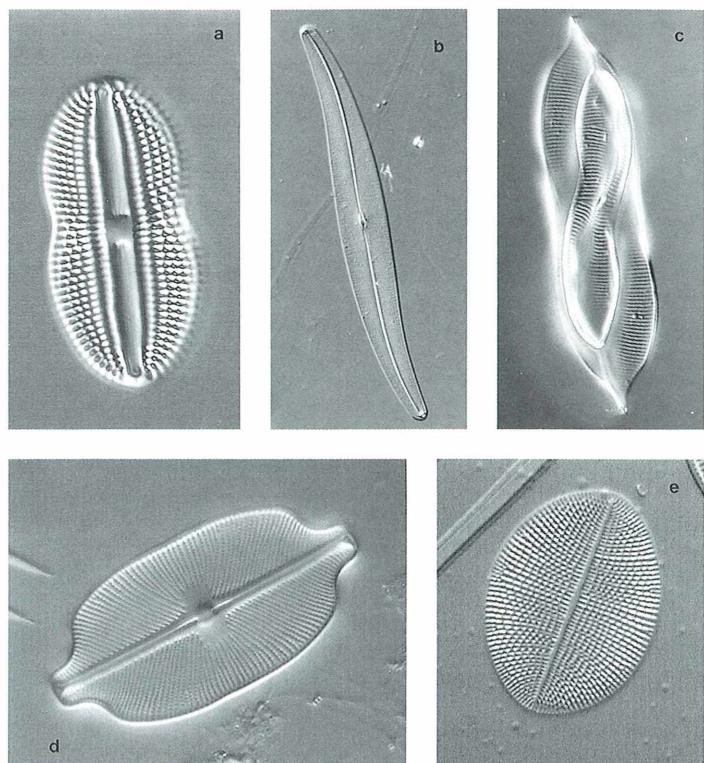


Abb. 1: Fließschema der fraktionierten Sedimentation.

Abb. 2: a) *Diploneis* (500 x),  
 b) *Gyrosigma* (150 x), c)  
*Entomoneis* (550 x), d) *Navicula humerosa* (550 x), e)  
*Cocconeis* (1100 x). b, c:  
 Fotografien; a, d, e: Video-  
 prints.



### Isolierung der Kieselalgenschalen von Partikeln gleicher Sinkgeschwindigkeit

Das im vorigen Absatz beschriebene Verfahren führt natürgemäß nicht zu einem Sediment, das lediglich aus Kieselalgenschalen zusammengesetzt ist. Fremdpartikel gleicher Sinkgeschwindigkeit wie Mineralteilchen oder nicht oxidierte Pflanzenfasern bilden eine zunächst unvermeidbare Verunreinigung. Um auch diese zu beseitigen, müssen andere Verfahren angewendet werden. So lassen sich zum Beispiel große Formen mit der Kapillarpipette unter dem Stereomikroskop isolieren. Die Masse der kleinen oder mittelgroßen Formen lässt sich mit mehr oder weniger Glück durch kreisende Bewegungen des auf den fettfreien Objektträger gebrachten Tropfens von den Beimengungen trennen. Ein Teil der Verunreinigungen bildet dabei kleine Flöckchen, die man vorsichtig abpipettieren kann. Der andere Teil besteht aus Mineralkörnchen, die sich infolge der Flüssigkeitsströmung und ihren speziellen Hafteigenschaften getrennt von den Kieselalgenschalen konzentrieren. Ohne das Werk seiner Bemühungen durch Kippen des Objektträgers zu zerstören, wird die richtige Plazierung der Kieselalgenschalen im Mikroskop kontrolliert und der Objektträger zum Trocknen an einen staubfreien Ort gelegt.

Manche Kieselalgenschalen lassen sich auf diese Weise nicht isolieren (z.B. *Pleurosigma*), und man muß den Probentropfen gleich nach der Entnahme trocknen. Es ist zweckmäßig, statt des Objektträgers ein Deckglas zu verwenden, da dann alle Algenschalen unabhängig von ihrer Größe für die spätere Beobachtung in der gleichen Ebene liegen. Größere Formen müssen entweder durch Deckglassplitter vor dem Zerbrechen geschützt werden, oder man benutzt reichlich Einbettungsmittel, z.B. Styrox. Dieses Harz hat allerdings die Eigenschaft, nur sehr langsam zu trocknen. Ein Wärmeschrank (60 °C) verkürzt die Trocknungszeit auf einige Tage. Für die Histologie übliche Einbettungsharze können wegen der ungeeigneten Brechungssindizes nicht benutzt werden.

### Mikroskopie und Mikrofotografie

Schönheit und Vielfalt der Kieselalgenformen verführen immer wieder zum Blick durch das Mikroskop. Viele Arten sind klein, und erst stärkere Vergrößerungen lassen die Fülle der

Strukturen sichtbar werden. Das verleitet, noch mehr Details sehen zu wollen. In der Tat: optisch gut aufgelöste Einzelheiten erscheinen immer noch recht winzig, so daß sie das Auge anstrengen.

Hier verliert die Theorie von der förderlichen Vergrößerung ihren Sinn. Die Praxis gebietet – um des bequemen Schauens willen –, die Forderung der förderlichen Vergrößerung zu mißachten. Für die Beobachtung bedeutet das: stark vergrößernde Okulare benutzen! Gleichermaßen gilt für die Bilddokumentation: stark vergrößernde Foto-Okulare, hohe Nachvergrößerungen bzw. Einsatz einer Videokamera mit Videoprинтер.

So eindrucksvoll auch immer die auf diese Weise mit dem Lichtmikroskop erzeugten Bilder sein mögen – gleichgültig, welches Kontrastierverfahren man verwendet – die Lichtbeugung gaukelt einem doch letztendlich in den winzigsten lichtmikroskopischen Dimensionen „Strukturen“ vor, die es gar nicht gibt. Obgleich in der Lichtmikroskopie mit dem Hellfeldverfahren immer noch die besten Ergebnisse erzielt werden, gibt doch erst das Rasterelektronenmikroskop ein klares Bild von der Realität. Diese Tatsachen hat Krammer (1980, 1981, 1985, 1986) mit vielen eindrucksvollen Bildern ausführlich belegt.

Fast alle der hier gezeigten Abbildungen sind Videoprинтерs. Ein späterer Artikel wird sich mit der Eignung und den Anwendungsmöglichkeiten eines Videoprинтерs in der mikroskopischen Dokumentation auseinandersetzen.

### Artenzusammensetzung der Proben

In dem erwähnten Hafenbecken der Ryck war *Entomoneis* spec. vorherrschend. Dazu gesellten sich zwei *Surirella*-Arten sowie diverse langgestreckte *Nitzschia*-Arten. An der Ryckmündung fehlte *Entomoneis*. In etwa gleicher Häufigkeit traten zusätzlich *Pleurosigma*- und *Gyrosigma*-Arten auf, *Nitzschia circumsuta*, *Coscindiscus* spec. und nicht selten *Campylodiscus echeneis*, *C. clypeus* und *C. bicostatus*. Das Hiddenseer Watt (Schlammoberfläche) enthielt massenhaft *Achnanthes* spec., diverse nadelförmige *Nitzschia*-Arten und Vertreter von *Cocconeis*, *Diploneis*, *Caloneis*, *Licmophora* und *Navicula*. Die vom Fundort abhängige Artenzusammensetzung mit jeweils anderen Schwerpunkten ist offensichtlich auf das unterschiedliche Milieu, insbesondere auf den unterschiedlichen Salzgehalt (Planktonproben in der Ryck) und die verschiedenen Lebensbedingungen von Boden- und Planktonformen zurückzuführen. Die Probenentnahme fand im Sommer 1993 statt.

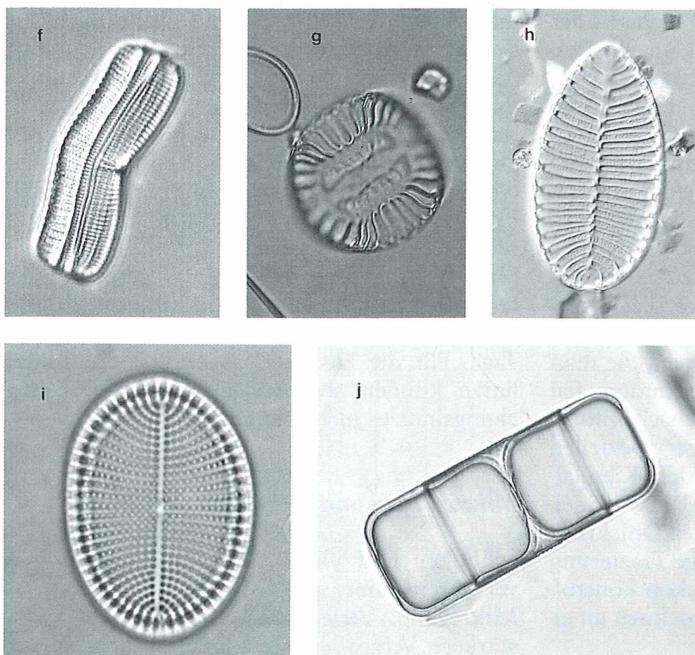


Abb. 3: f) *Achnanthes*, Gürtelbandseite (350 x), g) *Campylodiscus bicostatus* (250 x), h) *Surirella* (250 x), i) *Cocconeis* (1100 x), j) *Melosira*, zwei Tochterzellen in der Mutterzelle (350 x). g, h: Fotografien; f, i, j: Videoprинтерs.

Abb. 4: k, l) *Achnanthes*, Dorsalseite; links DIK, rechts Hellfeld. m) Ventraleite, Hellfeld. n) *Diploneis*, Hellfeld. 1100 x. Videoprints.

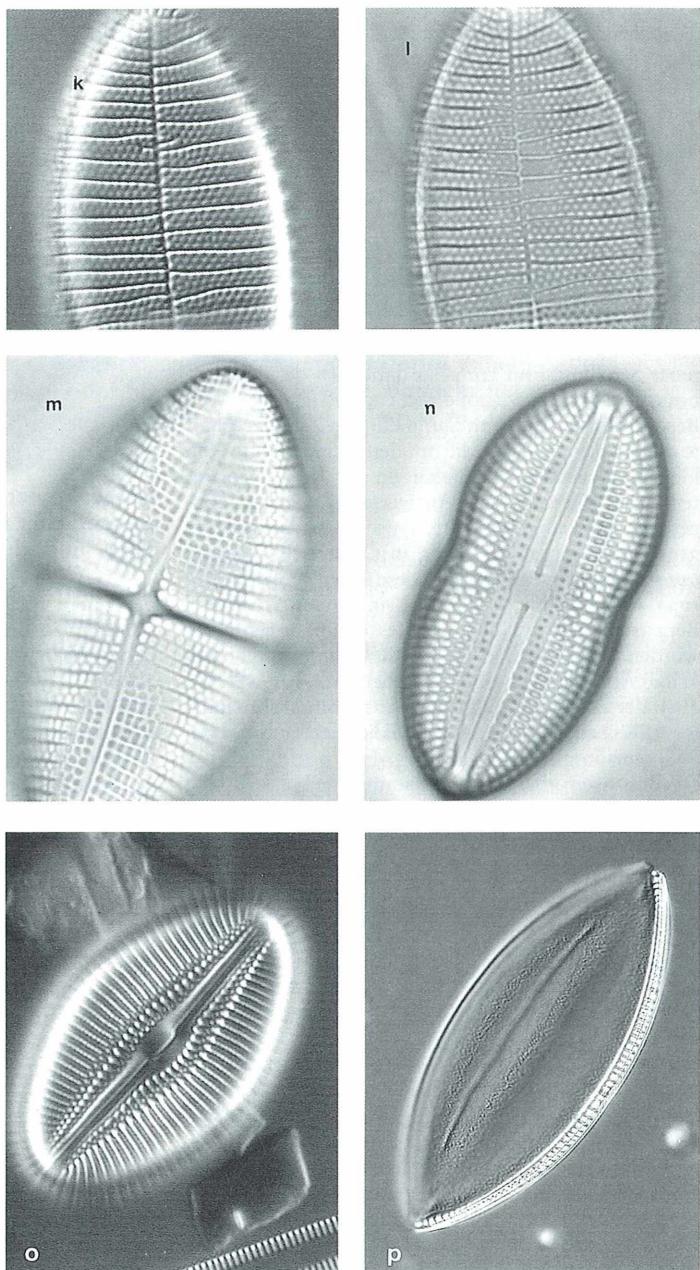


Abb. 5: o) *Diploneis* (1100 x), p) *Nitzschia circumsuta*. 350 x. Videoprints.

#### Literaturhinweise

- Krammer, K.: Mikroskopie und Fotografie von Kieselalgen. *Mikrokosmos* 69, 227–232 (1980).  
 Krammer, K.: Optische Auflösung bedeutet nicht naturnahe Wiedergabe. *Mikrokosmos* 70, 166–169 (1981).  
 Krammer, K.: Morphologische und lichtmikroskopische Merkmale im Mikrometerbereich. Ein Vergleich. *Mikrokosmos* 74, 105–109 (1985).

Krammer, K.: Kieselalgen. Frankhsche Verlagshandlung, Stuttgart 1986.

Pankow, H.: Algenflora der Ostsee. II. Plankton. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1976.

Stehli, G.: Mikroskopie für Jedermann. Frankhsche Verlagshandlung Stuttgart 1965.

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

# Nachricht

## Zieralgen-Exkursion in Grünau (Salzkammergut) Pfingsten 1994

Ein Pfingstwochenende besonderer Art konnten Mikroskopfreunde dieses Jahr im herrlichen Almtal in Österreich verbringen. Organisiert durch den Zieralgenkreis Esternberg – unter Leitung von Rupert Lenzenweger – war der Ort Grünau für das Treffen ausgewählt worden.

Das erste Exkursionsziel, der Almsee, ist ein inneralpiner See, umrahmt vom Nordabbruch des Toten Gebirges – mit einer Seehöhe von ca. 600 m.

Besonderen Erfolg beim Sammeln von Zieralgen hatte die Planktongruppe, die mit dem Schlauchboot die kleinen, freistehenden Grasinseln der Uferzonen untersuchte. Wie sich beim Auswerten der Proben einige Tage später herausstellte, wurde von der Arbeitsgruppe Esternberg erstmalig in Österreich *Cladotrichum subfusiforme* gefunden. Diese Zieralge war in Europa erstmals im Jahre 1951 in einem Schweizer Bergsee in 1700 m Höhe von Messikommer gefunden worden. Bisher gab es in der Bestimmungsliteratur keine Abbildungen über die Zellform, in welcher auch der Zellinhalt dargestellt war. Vom Exkursionsleiter, R. Lenzenweger, wurde daher der Erstfund als außergewöhnlich eingestuft.

Die ansonsten eher üppigen Sammelergebnisse in diesen Gebieten waren leider durch die vorausgegangenen, reichlichen Niederschläge und niedrigen Temperaturen in ihrem Artenreichtum stark reduziert worden.

Wesentlich mehr Erfolg hatten wir am nächsten Fundort, dem in 900 m Höhe gelegenen Laudachsee, einem Bergsee am Fuße des Traunstein-Bergmassivs. Schon allein die traumhaft schöne Lage dieses Bergsees war ein Erlebnis. Das artenreiche Algenmaterial war dann natürlich die Krönung.

Damit auch den kunstinteressierten Mikroskopikern noch eine Besonderheit geboten werden konnte, stand eine eigens für uns Mikroskopiker organisierte Führung und Besichtigung des Benediktinerstiftes Kremsmünster auf dem Programm.

Als zusätzliche Bereicherung hatte diese Gruppe die Möglichkeit, unter Führung von Pater Ammand die naturwissenschaftlichen Sammlungen, das astronomische Kabinett und die Mineraliensammlungen des Klosters zu bewundern.

Die kunsthistorische Führung durch Pater Wilhelm, Pfarrer in Grünau und gleichzeitig unser Gastgeber, fand ihren krönenden Abschluß in der Besichtigung der Hauptsehenswürdigkeit des Stiftes, dem Original Tassilokelch.

Das Wochenende ging vorbei wie im Fluge. Beim Mikroskopieren und gemeinsamen Erfahrungsaustausch lernte man sich kennen, aus Bekanntschaften wurden abends bei gemütlichem Beisammensein und



**Mikroskopieren und Bestimmen war ein wesentlicher Bestandteil des Pfingsttreffens 1994, im Bild: „die Schweizer“.**

bei gutem Essen und Trinken manch nette Freundschaften. Besonderer Dank gilt denjenigen, die durch hervorragende Vorträge das Programm mitgestaltet haben.

Von Herrn Stahlschmidt (Hagen) erfuhrn wir wichtige Informationen zur Filteranwendung in der Mikrofotografie, Herr Orlishausen (Lichtenfels) zeigte Makroaufnahmen mit dem Thema „Extrembereich Mikrokristalle“. Die Wiener Mikroskopische Gesellschaft (Schulz/Wertl) zeigte herrliche Dias zum Thema „Verschiedene Kontrastierungsverfahren“. Hier wurde jeder angeregt, im Bereich der Mikroskoptechnik wieder einmal etwas zu experimentieren, um durch besondere Beleuchtung bzw. optische Eingriffe in den Strahlengang spezielle Effekte zu erzielen.

Der fachlich fundierte Vortrag über die Zieralgen von unserem Kursleiter, Rupert Lenzenweger, gab allen Teilnehmern einen informativen Überblick über das faszinierende Gebiet der Desmidiaceen. Die Begeisterung des Vortragenden hat sich auf manchen Kursteilnehmer übertragen. Man spürte, daß die Zieralgen einen wesentlichen Teil im Leben von Rupert Lenzenweger ausfüllen.

Die Gesamteilnehmerzahl (über 50 Personen) am Pfingstwochenende 1994 hat gezeigt, welch großes Interesse dem Thema Zieralgen entgegengebracht wird und daß selbst Anfahrten aus Wien, Zürich, Berlin, Köln und sogar aus dem hohen Norden aus Kiel in Kauf genommen wurden, um dabei sein zu können. Es war für die Veranstalter eine Freude, zu erfahren, daß es allen Teilnehmern gefallen hat.

Dem Wunsch, zum nächsten Pfingstwochenende 1995 wieder eine Zieralgenexkursion zu organisieren, wird der Arbeitskreis Esternberg gerne nachkommen.

# Mikroskopische Beobachtungen an Zähnen

## I. Schmelz und Schmelzkaries

Manfred Sieger

**Es ist nicht gerade vorrangige Aufgabe eines Zahnarztes, Zähne zu ziehen. Dennoch gehören Extraktionen fast zum zahnärztlichen Alltag. Die schlechte Zahngesundheit in unserer Bevölkerung lässt oft keine andere Wahl, als zu diesem letzten Mittel zu greifen. Wenn aber die Zähne schon einmal gezogen sind, können sie wenigstens noch als Lern- und Anschauungsmaterial dienen. Ganz gleich, ob zum Selbststudium oder für Unterrichtszwecke, ob mehr auf makroskopische oder mikroskopische Beobachtungen Wert gelegt wird, Zähne sind jedenfalls in genügender Zahl aufzutreiben.**

Jeder Zahnarzt wird gerne bereit sein, einige extrahierte Zähne aufzubewahren. Sie sollten unmittelbar nach der Extraktion in ein verschließbares Gefäß aus Glas oder Polyäthylen gelegt werden, das je nach der beabsichtigten Weiterverarbeitung mit einer der üblichen Fixierlösungen gefüllt ist. Selbst wenn ausschließlich Schliffpräparate beabsichtigt sind, ist eine vorhergehende Fixierung sinnvoll. Sie wirkt sich auch bei späterer Lufttrocknung der Schritte strukturstabilisierend aus, vor allem auf die Grenzbereiche zur Pulpahin sowie auf kariöses Dentin. Bei Fixierung in Formol ist es zum Erhalt der Zahnhartsubstanzen erforderlich, die entstehende Ameisensäure zu neutralisieren, z.B. durch einen Bodensatz aus pulverisiertem Calciumcarbonat.

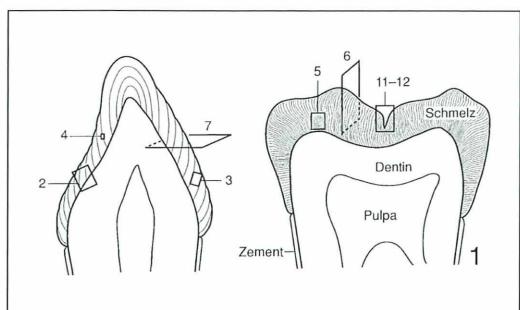
Die Anfertigung geeigneter Mikropräparate als transparente Dünnschliffe ist zwar zeitaufwendig und umständlich. Dafür lassen sich aber bereits an sehr wenigen Einzelpräparaten viele grundlegende Struktureigenschaften gesunder und kariöser Zähne kennenlernen. Schon ein einziger Dünnschliff kann neben ausreichend gesunden und damit histologisch intakten Zonen beispielsweise ein Kariesinitial im Schmelz und daneben einen fortgeschrittenen kariösen Prozeß bis tief in das Dentin hinein zeigen. Die Verfahrensweisen zur Gewinnung von Zahnschliffpräparaten decken sich im wesentlichen mit den üblichen Dünnschlifftechniken für die mikroskopische Untersuchung biologischer Hartsubstanzen und von Gesteinsproben. Auf eine praktische Anleitung kann hier verzichtet werden, da im MIKROKOSMOS schon mehrere Beiträge zur Herstellung von Dünnschliffen

erschienen sind, denen viele Tips und Kniffe entnommen werden können (z.B. Mischor, 1977; Bovard, 1979; Gangloff, 1984; Thormann, 1990; Kierdorf, 1994).

Die Interpretation der mikroskopischen Präparate bereitet im allgemeinen keine Schwierigkeiten, zumal eine Fülle geeigneter Literatur zur Verfügung steht. Die zahnbiologische Grundlagenforschung verfügt über eine lange Tradition. Einige ältere Werke gelten als Klassiker, auf die immer noch gerne zurückgegriffen wird (z.B. Lehner, Plenk, 1936; Meyer, 1951, 1958; Schmidt, Keil, 1958). Als neuere zusammenfassende Darstellungen seien Sauerwein (1974), Pilz et al. (1980), Schumacher et al. (1990) und Schroeder (1992) angeführt. Kurzgefaßte Übersichten finden sich auch in den einschlägigen Lehrbüchern der Histologie und mikroskopischen Anatomie des Menschen.

### Mikroskopische Strukturmerkmale des gesunden Zahnschmelzes

Hält man einen Zahnlängsschliff gegen das Licht, ist mit bloßem Auge zu erkennen, daß der Schmelz wie eine Kappe das Dentin überzieht (schematisch in Abb. 1). Bei einem Backenzahn stoßen mehrere Schmelzkappen an den Abhängen der Höcker aneinander und bilden dabei vielgestaltige Rinnen, die als Schmelz- oder Kaufurchen (Fissuren) bezeichnet werden. Der lichtmikroskopische Aspekt des Schmelzes wird vor allem durch die folgenden Strukturen geprägt: Schmelzprismen, Retziusstreifen, Schmelzbüschel und Schmelzlamellen.

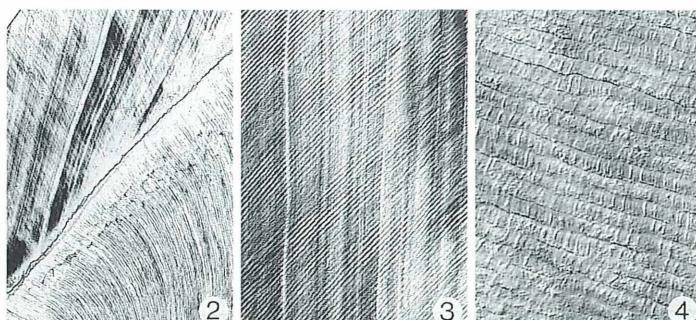


**Abb. 1: Schemazeichnungen der Kronenregion eines Schneide- und eines Mahlzahns im Längsschnitt. Die Rechtecke beziehen sich auf die Mikrofotos (Zahlen = Bildnummern). Diejenigen in Aufsicht stimmen mit der ungefähren Bildposition im jeweiligen Längsschliff überein; die anderen (6 und 7) kennzeichnen die Lage der Schleifebene. Zusätzlich sind noch die Verlaufsrichtungen der Retziuslinien (Schneidezahn) und der Schmelzprismen (Mahlzahn) eingetragen.**

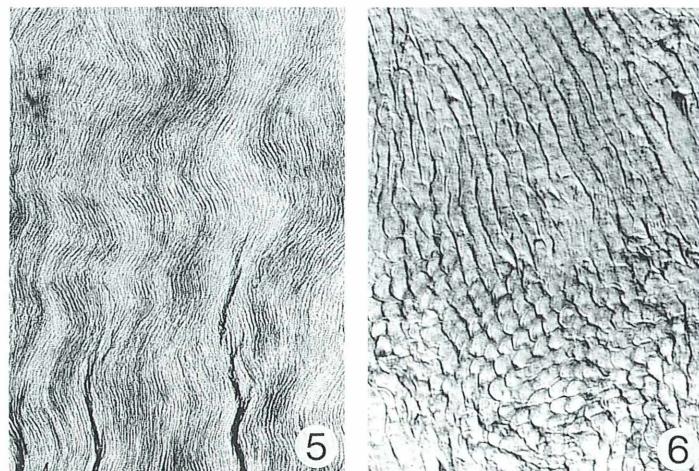
**Abb. 2: Längsschliff in der Medianebene eines Schneidezahns. Der Bildausschnitt zeigt einen Teil der Schmelzkappe (oben) und des äußeren Dentins (unten). Die feine Streifung des Schmelzes in diagonaler Richtung röhrt von den Schmelzprismen her. Schräg dazu verlaufen die größeren, dunkel getönten Retziuslinien. Hellfeld. 30 x. – Abb. 3: Schmelzprismen (diagonal) und Retziuslinien (senkrecht) im Längsschliff. DIK. 120 x. – Abb. 4: Schmelzprismen mit ihren Randkonturen und Querstreifen. Die undeutlichen hellen und dunklen Bänder, welche die Prismen schräg kreuzen, sind keine Schleifspuren, sondern Retziusstreifen. DIK. 400 x.**

**Schmelzprismen.** Sie sind die strukturellen Baueinheiten, die mit deutlichen Randkonturen und häufig noch einer feinen Querstreifung die Schmelzschicht ohne Unterbrechung von der Grenze zum Dentin bis dicht unterhalb der Zahnoberfläche radiär durchziehen (Abb. 2, 3 und 4). Ihr Durchmesser beträgt 4–9 µm. Elektronenmikroskopisch hat sich nachweisen lassen, daß die lichtoptisch wahrnehmbaren Begrenzungslinien der Prismen allein durch die Anordnung der im Mittel 600 nm langen Apatitkristallite zustande kommen: Diese gruppieren sich im Prismeninneren (= Prismenstab, prismatischer Schmelz) vorwiegend achsenparallel, biegen aber nach außen fächerförmig auseinander (= interprismatischer Schmelz), wobei sie sich mit den Kristalliten benachbarter Prismen ungleichmäßig verzähnen. Lichtmikroskopisch führt dies zu Beugungseffekten. Die Prismen sind das kutikulare Produkt epithelialer Schmelzbildungszellen. Jeder dieser Ameloblasten bildet dentinwärts ein Prisma und geht dann zugrunde. Daher ist eine Regeneration von Schmelz am ausgereiften Zahn nicht mehr möglich, eine im Hinblick auf Abkauung oder Kariesschäden folgenschwere Tatsache. Die Mineralisierung setzt an der dem Dentin zugekehrten Schmelzschicht ein und schreitet zu den Ameloblasten hin fort. Demnach ist beim fertigen Zahn die äußerste Schmelzlage zugleich die jüngste. Im reifen Schmelz macht die organische Substanz nur noch etwa 2–4 % des Gewichts aus.

Der im großen und ganzen radiäre Verlauf der Schmelzprismen ist komplizierter als der erste Eindruck vermuten läßt. Vorwiegend in der inneren Hälfte des Schmelzmantels wechseln fast regelmäßig Lagen geradliniger mit Lagen ein- bis mehrfach gewellter Prismen ab. Die Übergänge sind fließend. Da die Dicke der Zahnschliffpräparate meist zwei bis mehrere Prismen



**Abb. 5: Welliger Verlauf der Schmelzprismen in der oberen Kronenregion eines Molaren. Längsschliff. Im unteren Bildteil sind einige Schmelzbüsche zu erkennen. Hellfeld. 100 x. – Abb. 6: Schmelzprismen – teils längs, teils quer und schräg getroffen. DIK. 475 x.**



menlagen umfaßt, ist die kontinuierliche Amplitudenänderung leicht zu verfolgen, indem man den Tubus abwechselnd hebt und senkt. Die Prismenwellen halten im unteren und mittleren Kronenbereich etwa die Horizontalebene ein und lassen sich dann auf Querschliffen beobachten. In den Zahnhöckern, Kauspitzen und Schneidkanten nimmt die Anzahl der Wellen zu. Da hier die Prismen immer mehr in Richtung der Zahnlängsachse weisen, verlaufen auch die Wellen steiler und sind daher bevorzugt in radialen und tangentialen Längsschliffen anzutreffen (Abb. 5). Das Prinzip des welligen Prismenverlaufs ist biomechanisch außerordentlich bedeutsam, da hierdurch der Schmelz noch fester und widerstandsfähiger wird. Dies betrifft vor allem die Spaltbarkeit. Es wundert daher nicht, daß in den extrem druckbelasteten Mahlzahnhöckern besonders viele Prismenwellen gefunden werden. Als sogenannte Schmelzwirbel sind sie dort sogar noch schraubig aufgewickelt.

Die wellige Ausbiegung im ansonsten radiären Verlauf der Schmelzprismen führt dazu, daß in vielen Schliffpräparaten ein Teil der Prismen längs, ein anderer Teil quer bzw. schräg getroffen wird. Prismen im Querschnitt sehen oft arkadenförmig aus und scheinen sich dachziegelartig zu überlappen (Abb. 6).

**Prismenstreifen.** Die anfangs bereits erwähnte Querstreifung der Schmelzprismen (Abb. 4) ist regelmäßig vorhanden, tritt aber nicht immer deutlich hervor. Die Streifen (nicht zu verwechseln mit den Retziusstreifen, s.u.) folgen in ziemlich konstantem Abstand von 4–8  $\mu\text{m}$  auf-

einander und ziehen meist über mehrere Prismen hinweg; teilweise sind sie treppenstufenartig gegeneinander versetzt. Im gewöhnlichen Hellfeld erscheinen sie dunkler als ihre Umgebung.

Schon seit längerem gelten die Prismenstreifen im Vergleich zu den zwischen ihnen liegenden Prismenabschnitten als geringfügig schwächer verkalkt. Die Deutung dieses Phänomens ist jedoch umstritten. Manche Autoren neigen der Ansicht zu, daß die Querstreifen durch kurzfristige Ruhepausen während des Verkalkungsprozesses entstehen. In jedem Prisma lassen sich etwa so viele Querstreifen zählen, wie die zugehörige Schmelzregion an Tagen für ihre Entwicklung benötigt. Der Verkalkungsrhythmus würde demzufolge einer Tag-Nacht-Periodik gehorchen. Eine andere Interpretation geht von der Tatsache aus, daß die Prismenstäbe nicht gerade verlaufen, sondern um wenige Mikrometer periodisch „pendeln“. Hierdurch werden längsgeschliffene Prismen abwechselnd intra- und interprismatisch getroffen, so daß rein optisch Querstreifen vorgetäuscht werden. Wie dem auch sei, sicher ist jedenfalls, daß die Schmelzprismen an den Stellen, an denen Querstreifen gesehen werden, weniger dicht mineralisiert sind. Dieser Befund wird uns bei der Untersuchung kariöser Zähne wieder begegnen.

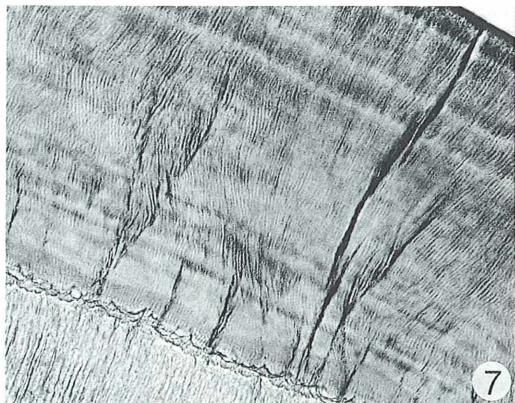
**Retziusstreifen.** Ungeachtet der Zweifel über eine mögliche rhythmische Genese der Prismenstreifen läßt sich eine generelle Bildungsrhythmus des Schmelzes nachweisen, wenngleich ihre physiologische Ursache im einzelnen nicht bekannt ist. Während der Zahnentwicklung

werden jedenfalls verschieden lange Ruhephasen mit einer weniger intensiven Mineralisierung eingeschaltet, so daß im fertigen Schmelz minderverkalkte Zonen mit stärker verkalkten abwechseln. Dies führt zu einer schon bei schwacher Vergrößerung auffallenden Abfolge von Bändern, Streifen und Linien (Abb. 2, 3 und 7), die nach ihrem schwedischen Entdecker als Retziuslinien (Retziusstreifen) oder einfach als Wachstumslinien bezeichnet werden. Ihr Abstand variiert zwischen 4 und 150 µm. Je schwächer sie verkalkt sind, umso dunkler erscheinen sie im mikroskopischen Bild. Dies geht mit einer braunen Tönung einher, die durch Interferenzen entsteht.

Die Schmelzprismen werden durch die Retziuslinien weder unterbrochen, noch in ihrer Verlaufsrichtung beeinflußt. Offensichtlich wird also der Schmelz insgesamt schichtweise gebildet und dabei kalottenartig eine Schicht über der anderen abgelagert, die letzte an der Grenze zum Zement hin (vgl. Abb. 1). Die zeitlichen Abstände dieser Entwicklungsrhythmis sind, wie die mikroskopischen Bilder nahelegen, nicht konstant; sie belaufen sich in der Größenordnung von Tagen und Wochen.

Um in den Zahnschliffpräparaten die Anordnung und den Verlauf der Retziusstreifen richtig zu interpretieren, muß die Schliffrichtung beachtet werden. Die kalottenartige Schichtung zeigt sich erwartungsgemäß im Längsschliff (ausschnittweise auf Abb. 2 und 3 zu sehen). Im Querschliff erscheinen die Retziusstreifen als konzentrische Ringe; man wird an die Jahresringe eines Baumes erinnert (Abb. 7). Diese kreisförmige Bänderung im Querschliff belegt im übrigen zweifelsfrei, daß die im Längsschliff sichtbaren Streifen tatsächlich Anschnitte kegelartiger Kalotten darstellen.

**Schmelzbüschel und Schmelzlamellen.** Sie sind in den Schliffpräparaten in großer Zahl anzutreffen, wo sie durch ihre charakteristische Form sowie eine bräunlich getönte, dunkle Färbung auffallen. Es sind typische Schmelzstrukturen der Querschliffe. Sie entspringen an der Grenze zum Dentin und durchziehen den Schmelz in annähernd radiärer Richtung (Abb. 7). Die Schmelzbüschel sind wie ein Pinsel aufgefächert und verlieren sich nach einer kurzen oder längeren Strecke innerhalb des Schmelzes, erreichen also nicht die Oberfläche. Die welligen Ausbiegungen der Schmelzprismen werden ausnahmslos mitgemacht. Anders die Lamel-



7

**Abb. 7: Schmelzbüschel und eine Schmelzlamelle im Querschliff eines Schneidezahns.** Das übrige Strukturbild des Schmelzes wird von den gewohnten Prismen und Retziusstreifen bestimmt. Am unteren Bildrand verläuft die gewellte Schmelz-Dentingrenze. Hellfeld. 90 x.

len. Sie durchsetzen die gesamte Schmelzlage und gelangen weitgehend unbeeinflußt von den Prismenwellen ziemlich geradlinig zur Oberfläche, ohne sich pinselartig aufzuteilen. In beiden Fällen handelt es sich um großflächige, aber sehr dünne mineralarme Zonen, die sich in der Ebene eines radialen Längsschliffs wie Blätter oder Fahnen ausbreiten. In dieser Flächenansicht sind sie allerdings so gut wie nicht wahrzunehmen. Im Querschliff dagegen werden sie in der Kantenansicht gesehen und heben sich dann dunkler von ihrer mineralreicherem Umgebung ab. Über die Entstehung und mögliche Bedeutung solcher Schmelzbildungen ist noch kaum etwas bekannt. Eines ist jedenfalls sicher und mag den Mikroskopiker, der selber Zahnschliffe anfertigt, beruhigen: Die Büschel und Lamellen sind trotz ihres „verdächtigen“ Aussehens keine Sprünge, die künstlich bei der Schliffherstellung entstanden sind.

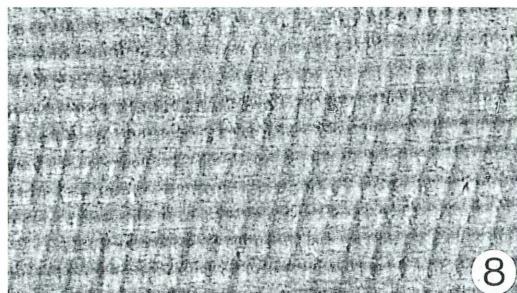
### Veränderungen der Schmelzstruktur durch Karies

Die oft zitierte Härte des Schmelzes nützt zwar viel gegen mechanische Beanspruchung, aber weniger, wenn die Zähne wiederholt und für längere Zeit dem Angriff von Säuren ausgesetzt werden. Genau dies ist der entscheidende

Punkt bei der in unserer Bevölkerung so häufigen Karies. Die pathophysiologischen Vorgänge sind zwar sehr komplex, lassen sich jedoch auf wenige Ursachen zurückführen. Primär bedeutsam ist ein bakterieller Zahnbefall, der dicker als einige Mikrometer ist, die sogenannte Zahnpulpa. Bei mangelnder oder fehlerhafter Zahnpflege können niedermolekulare Kohlenhydrate (Zucker), sofern sie öfter mit der Nahrung in die Mundhöhle gelangen, in die Plaque diffundieren. Sie werden dann von den Plaquebakterien zu organischen Säuren (vorwiegend Milchsäure) abgebaut, die nach und nach den Schmelz angreifen. Diese kariöse Entkalkung kann sich je nach Intensität der Prozesse über Wochen, Monate oder Jahre hinziehen. Hierbei dringen nicht nur die Säuren in immer tiefere Zahnregionen vor, sondern schließlich auch die Bakterien selber. (Einzelheiten zur Pathophysiologie der Karies bei Sauerwein, 1974; Pilz et al., 1980; König, 1987).

**Initiale Kariesstadien.** In der mikroskopischen Dimension führt die schrittweise kariöse Zerstörung eines Zahnes zu spezifischen Strukturveränderungen. Die ersten Konsequenzen der Entkalkung (genauer: Demineralisierung) kann man sich in einem einfachen Modellexperiment veranschaulichen: Man tropft auf einen fertigen Zahnschliff, der noch nicht mit Kunsthars auf einem Objektträger montiert ist, etwas verdünnte Säure und lässt sie einige Minuten einwirken. Nach gründlichem Spülen mit Wasser, Trocknen und Eidecken sieht man im Mikroskop, daß nunmehr die Querstreifen der Schmelzprismen ungewöhnlich kontrastreich hervortreten (Abb. 8). Bezeichnenderweise kann das gleiche Strukturbild auch bei Zähnen nachgewiesen werden, deren Schmelz im Anfangsstadium einer Karies geschädigt worden ist (Abb. 9). Solche Entkalkungsversuche haben in der zahnmedizinischen Forschung schon vor längerer Zeit mit dazu beigetragen, den primären Kariesprozeß als Säureangriff zu deuten (z.B. Heuser, 1952) und damit die von Miller bereits zu Ende des 19. Jahrhunderts begründete chemoparasitäre Theorie der Kariesentstehung zu stützen.

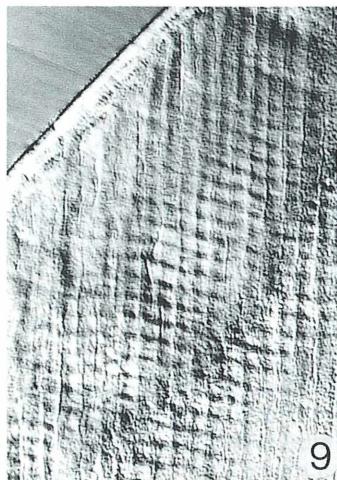
Bei näherer Betrachtung von Abbildung 9 fällt auf, daß über der eigentlichen Kariesläsion eine schmale, hell und kompakt erscheinende Außenzone vorhanden ist. Sie sieht im Gegensatz zu den tieferen Arealen keineswegs so aus, als sei sie durch die bakteriell gebildete Säure ange-



**Abb. 8: Schmelzprismen in Aufsicht nach teilweiser Entkalkung des Schmelzes. Im vorliegenden Fall wurde das Schliffpräparat für 15 Minuten in den Saft einer Zitrone gelegt. Durch die Säurebehandlung treten die Querstreifen besonders markant hervor. Im Bild verlaufen die Prismen waagerecht, ihre Querstreifen senkrecht. Hellfeld. 675 x.**

griffen worden. Aber das Bild täuscht. An dieser Stelle ist lediglich die anfängliche Demineralisierung wieder in eine Remineralisierung übergegangen. Sie wird vorrangig durch das ionale Milieu des Speichels bewirkt, zumindest dann, wenn die Plaque zwischenzeitlich durch Zahncleaning entfernt worden ist. Ist das nicht der Fall, kann der oberflächennahe Schmelz nur noch durch Umkristallisieren aufgelöster Mineralsubstanz verfestigt werden, also auf Kosten des Mineralgehalts tieferer Schmelzabschnitte. Das anfängliche dynamische Gleichgewicht zwischen gelösten und wieder remineralisierten Schmelzarealen bedeutet immerhin, daß die primären kariösen Entkalkungsschäden reversibel sind und auf rein physikalisch-chemischem Wege repariert werden können. Erst wenn sich das Gleichgewicht mehr und mehr aufgrund anhaltender Säurebildung zugunsten der Schmelzauflösung verschiebt, dringt die kariöse Front in tiefere Regionen vor (Abb. 10). Dort spielen sich im übrigen ähnliche Remineralisierungsreaktionen ab wie an der Oberfläche, wobei sogar eine hypermineralisierte Zone entsteht, in der vorübergehend die säurepuffernde Kapazität des Apatits überwiegt.

Da der Säurenachschub mit wachsender Entfernung von der Zahnoberfläche abnimmt und die Plaquebakterien die noch vorhandenen Schmelzstrukturen nicht so leicht passieren können, verläuft der Kariesprozeß mehr oder weniger gebremst. Das ändert sich aber schnell,



**Abb. 9: Beginnende kariöse Läsion im oberflächennahen Schmelz eines Molaren. Das hervortretende Querstreifenmuster der im Bild senkrecht verlaufenden Schmelzprismen markiert die Zone der stärksten Demineralisierung. Links oben befindet sich die wieder remineralisierte Außenzone. DIK. 480 x. – Abb. 10: Kariöse Tiefenentkalkung im Schmelz. Unmittelbar vor der Kariesfront entsteht eine hypermineralisierte Zone (unterer Bildteil). Hier erscheint der Schmelz aufgehellt, und sein Querstreifenmuster tritt zurück. DIK. 440 x.**

sobald der progressiv entkalkte Schmelzbezirk, der ja immer poröser wird, an einer Stelle einbricht. Dieses Loch im Zahn kann anfangs so klein sein, daß es unbemerkt bleibt. Aber es genügt, um das ganze Kariesgeschehen an die Schmelz-Dentingrenze zu verlagern, von wo aus unmittelbar das weniger widerstandsfähige Dentin befallen wird.

Es lohnt sich, die zur Anfertigung von Schliffpräparaten vorgesehenen Zähne sorgfältig nach Initialstadien der Karies abzusuchen. Manche äußerlich noch intakten Zähne geben sich allerdings erst im Mikroskop als vorgesägt zu erkennen. Andere dagegen zeigen die Kariesinitiale als makroskopisch gut sichtbare weißliche Trübungen auf der Schmelzoberfläche, sogenannte Kreideflecken. Die Schliffebene kann dann gezielt auf sie ausgerichtet werden. In vielen weiteren Fällen sind sowohl beginnende als auch fortgeschrittene Kariesstadien bräunlich bis dunkel verfärbt. Dies weist darauf hin, daß die kariösen Prozesse im Gegensatz zum „Kreidefleck“ sehr langsam abgelaufen sind. Die Braunfärbung wird auf eine Oxidation zyklischer Aminosäuren der organischen Schmelzmatrix zurückgeführt. Nicht selten findet man unter flächig ausgedehnten Arealen dieser Art, daß trotz Erhalt der groben Schmelzstruktur die Karies bereits weit in das Dentin vorgedrungen ist. Hierbei haben die Säuren und die nachrückenden Bakterien die mineralarmen Schmelzbüschen und -lamellen als vorgebahnnte „Straßen“ zum Dentin benutzt.

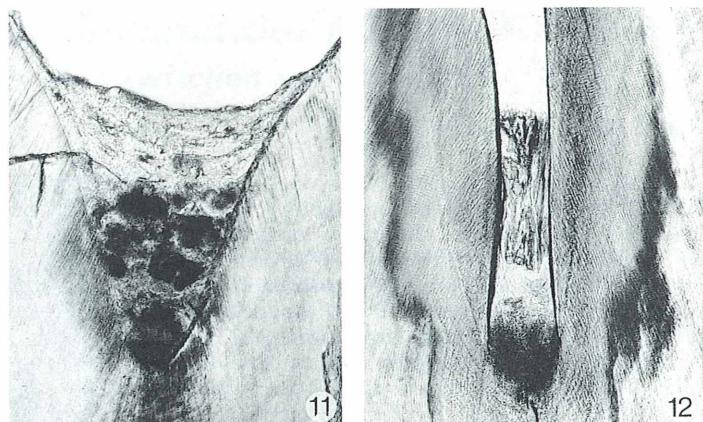
**Fissurenkaries.** Im Prinzip können die oben beschriebenen Vorgänge überall an der Zahnkrone ablaufen. Meist werden jedoch bevorzugt solche Stellen befallen, an denen leicht Nahrungsreste und Plaque haften bleiben. Vorrangig sind es die Kontaktflächen zwischen benachbarten Zähnen und die Schmelzfurchen oder Fissuren der Bakenzähne. Insbesondere die letzteren sind einer Reinigung oft nur schwer zugänglich und werden dann bei zuckerreicher Ernährung hochgradig kariesanfällig.

Abbildung 11 zeigt den noch vergleichsweise harmlosen Fall einer breiten Trichterfissur, die mit Nahrungsresten und Plaque angereichert ist, und an deren tiefster Stelle kariöse Entkalkungen begonnen haben. Ein solcher Fissuren-typus könnte durchaus noch mit der Zahnbürste gereinigt werden.

Weit problematischer ist die Situation, wie sie sich in Abbildung 12 darstellt. Es handelt sich um den häufigen Spaltentypus der Fissur – an den tieferen Stellen von keiner Zahnbürste erreichbar. Von hier beginnend breitet sich die Karies seitwärts und zentripetal aus. Da sich die Fissur tief eingesenkt hat, ist der Weg zum Dentin nur kurz. Spaltenfissuren füllen sich praktisch immer mit Nahrungsresten und sind ideale Brutstätten einer üppigen Mikroflora. Beste Voraussetzungen also für eine kontinuierliche Säurebildung, sofern nur genügend Zucker nachgeliefert wird.

Die Entwicklung einer Fissurenkaries bleibt äußerlich oft verborgen. Wenn die Kariesfront die

**Abb. 11:** Breite Trichterfissur eines längsgeschliffenen Molaren mit initialer Karies. Die Fissur enthält ein Konglomerat aus Nahrungsresten und Plaque. Hellfeld. 80 x. – **Abb. 12:** Spaltentypus einer Schmelzfissur mit initialer Karies. Die Fissur ist mit einem Ppropf aus pflanzlichen Nahrungsresten verstopft, unter dem sich eine bakterielle Plaque gebildet hat. Das Kariesinitial zeigt die typische Zonierung: Den größten Anteil hat die stark demineralisierte eigentliche Kariesläsion, die sich rings um die Fissurentiefe ausbreitet. Die Kariesfront zum Schmelzinneren hin wird durch eine unregelmäßige Dunkelzone markiert. Sie grenzt an die helle Zone der Hypermineralisation. Hellfeld. 80 x.



Grenze zum Dentin überschritten hat, breitet sie sich dort zunächst flächig aus, wobei die Schmelzdecke unterminiert wird. Dies geht so lange, bis irgendwann die Decke über der porösen Höhle zusammenbricht. Wieder ist das berühmte Loch im Zahn entstanden.

#### Literaturhinweise

- Bovard, J.-P.: Dünnenschliffe – selbst hergestellt. Mikroskosmos 68, 358–360 (1979).  
 Gangloff, P.: Die Bestimmung von Gesteinen mit Hilfe des Mikroskops. 2. Die Herstellung von Dünnenschliffen. Mikroskosmos 73, 238–245 (1984).  
 Heuser, H.: Das Initialstadium der Karies, vom oberflächenhistologischen Standpunkt aus gesehen. Dt. zahnärztl. Z. 7, 1187–1197 (1952).  
 Kierdorf, H.: Knochen- und Zahn-Dünnenschliffe für die Lichtmikroskopie. Mikroskosmos 83, 31–34 (1994).  
 König, K.G.: Karies und Parodontopathien. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1987.  
 Lehner, J., Plenk, H.: Die Zähne. In: v. Möllendorff, W. (Hrsg.): Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Bd. V/3. Springer Verlag, Berlin 1936.

Meyer, W.: Lehrbuch der normalen Histologie und Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen. Carl Hanser Verlag, München 1951.

Meyer, W.: Histologie der Zähne und des Gebisses. In: Meyer, W. (Hrsg.): Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Bd. I, S. 253–296. Verlag Urban und Schwarzenberg, München, Berlin 1958.

Mischler, B.: Herstellung von Dünnenschliffen tierischer Hartgewebe. Mikroskosmos 66, 153–157 (1977).

Pilz, W., Plathner, C.H., Taatz, H.: Grundlagen der Kariologie und Endodontie. 3. Aufl., Carl Hanser Verlag, München, Wien 1980.

Sauerwein, E.: Kariologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1974.

Schmidt, W.J., Keil, A.: Die gesunden und die erkrankten Zahngewebe des Menschen und der Wirbeltiere im Polarisationsmikroskop. Carl Hanser Verlag, München 1958.

Schroeder, H.E.: Orale Strukturbioologie. 4. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1992.

Schumacher, G.-H., Schmidt, H., Börnig, H., Richter, W.: Anatomie und Biochemie der Zähne. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1990.

Thormann, F.: Dünnenschliffe für mikroskopische Beobachtungen. Mikroskosmos 79, 353–356 (1990).

Verfasser: Prof. Dr. Manfred Sieger, Universität Münster, Institut für Didaktik der Biologie, Fliednerstr. 21, D-48149 Münster

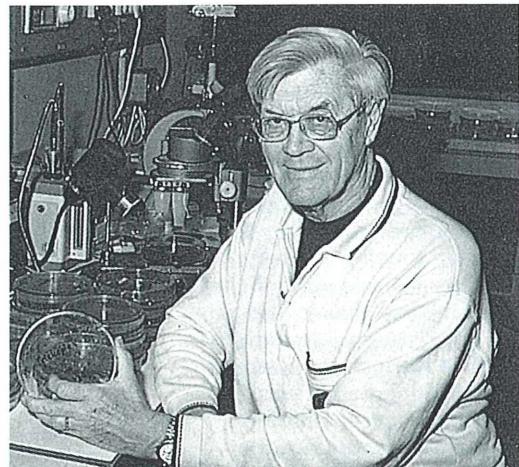
# Nachrichten

## Karl G. Grell verstorben

Am 4. Oktober 1994 verstarb im Alter von 81 Jahren Prof. Dr. K. G. Grell. Damit hat ein erfülltes Forscherleben sein Ende gefunden. In seiner Würdigung anlässlich des 80. Geburtstages von Karl G. Grell hat Prof. Dr. D. Matthes die wichtigen Stationen im Leben dieses weltweit bekannten Protozoologen kurz beleuchtet [MIKROKOSMOS 81, 381–382 (1992)]. Nach Beendigung seiner Tätigkeit als Direktor des Instituts für Zoologie der Universität Tübingen im Jahre 1980 war es Prof. Grell vergönnt, sich noch nahezu fünfzehn Jahren intensiv mit den Einzellern zu beschäftigen. 1993 hatte er in körperlicher und geistiger Frische als Ehrenpräsident des IX. International Congress of Protozoology, Berlin, noch ausgiebig Gelegenheit, sich mit seinen Wissenschaftskollegen auszutauschen. Daß er sozusagen mitten aus dem aktiven Forscherleben gerissen wurde, zeigen zwei Veröffentlichungen, die kurz nach seinem Tod im Archiv für Protistenkunde sowie in Biologie in unserer Zeit erschienen sind.

Wir trauern um eine geachteten und liebenswürdigen Protozoologen.

Klaus Hausmann, Redaktion MIKROKOSMOS



## Kurse im Volkshochschulheim Inzigkofen

Die folgenden zwei Kurse aus dem Programm der ersten Jahreshälfte sind insbesondere für Mikroskopiker von Interesse.

### Schmetterlinge erkennen und bestimmen: Nachtfalter

6.–11. Februar 1995

Es werden die in der Bundesrepublik Deutschland vorkommenden Spinner, Schwärmer, Bärenspinner und Widderchen anhand von Sammlungsmaterial demonstriert und besprochen. Der Schwerpunkt des Kurses liegt auf Bestimmungsübungen, die zur Kenntnis und zur besseren Unterscheidung der einzelnen Arten führen sollen. Bei jeder Art werden Lebensweise sowie Fragen des Arten- und Biotopschutzes behandelt.

Dieser Kurs soll an Schmetterlingen interessierte Laien ansprechen, aber auch Mitglieder von Naturschutzverbänden, die an Kartierungen mitarbeiten, Landschaftspfleger etc., die ökologische Gutachten erstellen, Biologiestudenten und Biologielehrer.

Leitung: Prof. Dr. Edwin Möhn, Steinheim

Kurs 200,- DM

Unterkunft und Verpflegung 295,- DM

### Mikroskopieren

27. März–1. April 1995

Der Kurs wird Anfänger in die Mikroskopie einführen und Freunden der Mikroskopie Gelegenheit geben, biologische Kenntnisse zu erweitern sowie Techniken zu üben.

Untersucht werden Zellen, Gewebe und Bau von Pflanzen und Tieren: von Algen, Tangen, Pilzen, Flechten, vielen Blütenpflanzen und unter anderem von Zooplanktern, Regenwürmern und Fischen. Lebenduntersuchungen, Herstellung von Dauerpräparaten, Hand- und Mikrotomsschnitten werden vorgeführt und von den Teilnehmern geübt.

Die Teilnehmer werden gebeten, ein Mikroskop mitzubringen; wenn dies nicht möglich ist, sollte es auf der Anmeldekarthe vermerkt werden.

Leitung: Dr. Dieter Krauter, Stuttgart, Dr. Heinz Streble, Hohenheim und Iris Kick, VHS-Heim Inzigkofen

Kurs 235,- DM

Anmeldung und weitere Informationen beim Volkshochschulheim Inzigkofen, Parkweg 3, 72514 Inzigkofen; Tel.: 075 71/7 39 80, Fax: 075 71/73 98 33.

# Wie nah kommt die Technik der Kunst? Sichtbar gemachte Parallelen zwischen zwei Welten

Fritz Staudacher

**Parallelen zwischen technischen Erscheinungen und Kunstwerken beschäftigen Wissenschaftler auf der „technischen“ Seite oft ebenso stark wie Kunstinteressierte. Im folgenden skizziert Fritz Staudacher, in welcher Weise sich aus seiner Sicht Phänomene der Technik und der Kunst vergleichen lassen.**

**V**orsicht! Hier begegnen sich Extreme: Kunstwerke, die von Persönlichkeiten in der Ästhetikkultur unseres 20. Jahrhunderts geschaffen wurden und diese mitgeprägt haben – und Dokumente, die nüchterne Resultate der Technik unserer Zeit und Objekte wissenschaftlicher Untersuchungen sind. Wer die Bildpaare nur einen Augenblick betrachtet, kann zu folgenden Zuordnungen kommen: zwei Gesteinsschliffe, zwei Landschaftsaufnahmen und zwei Halbleiterschaltungen. Oder: zwei Poliakoff, zwei Itten und zwei Taeuber-Arp. Die inneren „Vor-Bilder“ des jeweiligen Betrachters entscheiden darüber, was er schnell sieht.

## Woher die Ähnlichkeiten?

In Wirklichkeit sind hier (schwarzweiß) aber Bildpaare abgebildet: Poliakoff-Bild und Gesteinsschliff, Itten-Gemälde und Landschaft, Taeuber-Arp-Werk und Halbleiterschaltung.

Haben diese Bilder aus dem Reich der modernen Kunst und den Gebieten zeitgemäßer Wissenschaft und Technik mit Ausnahme ihrer formalen Ähnlichkeit und ästhetischen Wirkung etwas gemeinsam? Klare Antwort: Nein, sie sind unabhängig voneinander entstanden. Aber warum sind sie sich dann so ähnlich? Warum gilt in unserer Kultur das eine Bild als ein abstraktes und wichtiges Kunstwerk mit hohem Liebhaber- und Handelswert und das andere „nur“ als technisch-wissenschaftliches Dokument, dem der Anspruch auf künstlerische Gestaltung abgeht?

Im Begriff „technä“ Altgriechenlands waren beide Ausprägungen der Herstellung von Werken durch den Menschen vereint. Die Klassik Griechenlands und weite Abschnitte der europäischen Kultur sind geprägt von unablässigen Versuchen der Beherrschung der „realen Dinge“. Für die Malerei zwischen Renaissance und Mitte des letzten Jahrhunderts hieß dies während fast eines halben Jahrhunderts: „Einfach durch Zeichnung und Farben die Gegenstände



**Abb. 1: Links: Serge Poliakoff: „Composition abstraite bleu, rouge, gris, vert“. © VG Bild-Kunst, Bonn 1994. Rechts: Mikrofoto eines Gesteinsschliffs: Hornblende/Gabbro. Aufnahme mit Leica Photomakroskop Wild M 400.**

der Natur so nachzuahmen, wie die von ihr hervorgebracht werden, und wer dies am vollständigsten vermöge, sei am höchsten zu preisen“ (Masaccio). Andere Kulturen schufen sich andere Bilder von der Welt. Nicht ohne Grund ist die Geschichte der getreuen Naturdarstellung, Naturforschung, modernen Wissenschaft, Technik und Industrialisierung die Geschichte Europas.

Dinge noch „objektiver“ zu erfassen. Eine Faszination auf verschiedene Künstler löste die Entdeckung des Mikrokosmos durch das Mikroskop aus. So weiß man, daß Paul Klee Pflanzenpräparate und alle möglichen lebenden oder toten Gewebe durch das Mikroskop betrachtet hat. Heute üben Chaos-Theorie und Fraktale mit Computerkraft einen Einfluß auf das Kunstgeschehen aus. Der Schweizer Karl Gerstner gestaltet mit dieser Technologie seine neuesten Werke.

### Der Einfluß der Technik

Den Malern des Abendlandes ging es vor allem um eine „Eroberung des Sichtbaren“. Dies galt, bis Paul Cézanne mit klarem Traditionssprung seine Werke „... parallel zur Natur“ schuf – also nicht nach der Natur. Er wollte „sehen, als wäre noch nie gesehen worden“. Klee sagte: „Kunst verhält sich zur Schöpfung gleichnissartig. Sie ist jeweils ein Beispiel, ähnlich wie das Irdische ein kosmisches Beispiel ist.“ Im Kubismus drifteten dann Naturrealität und Kunst auseinander. Wassily Kandinsky proklamierte: „Werkschöpfung ist Weltschöpfung“, und Pablo Picasso sagte: „Das Abstrakte ist vielleicht die höchste Stufe der Wirklichkeit.“

Natürlich hat die Technik all diese Entwicklungen beeinflußt. Vor der „Entdeckung“ der Perspektive gab es keine räumliche Wirkung, die Fotografie hat erstmals Bewegungsphasen sichtbar gemacht und die Filmtechnik Bilder zum Laufen gebracht. Mit dem Aufkommen der Fotografie war es möglich geworden, die

### Wissenschaftler und das Schöne der Natur

Aufschlußreich sind in diesem Zusammenhang auch Aussagen von Wissenschaftlern. Nobelpreisträger J. D. Watson, der zusammen mit F. Crick die DNS und ihre Doppelhelix-Struktur entschlüsselte, bekannte, daß ihm dies nur gelungen sei, weil er davon ausgegangen war, daß die Lösung äußerst elegant sein werde – „denn nur unter dieser ästhetischen Prämisse vermochte er in angemessener Zeit unter der großen Zahl theoretisch offenstehender Lösungswege den zutreffenden zu finden“. Vom Mathematiker und Physiker Roger Penrose wissen wir: „Ich habe den Eindruck, daß die starke Überzeugung von der Gültigkeit einer blitzartigen Inspiration sehr eng an ihre ästhetischen Eigenschaften gebunden ist. Eine schöne Idee ist mit viel höherer Wahrscheinlichkeit korrekt als eine häßliche.“ Und auch Steven Weinberg sagt: „Fortschritte in der Physik werden oft

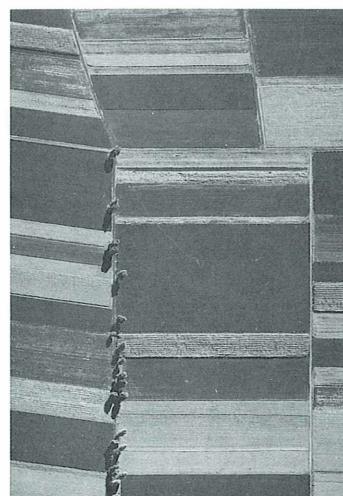
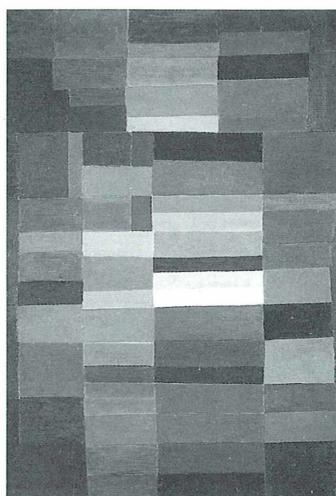
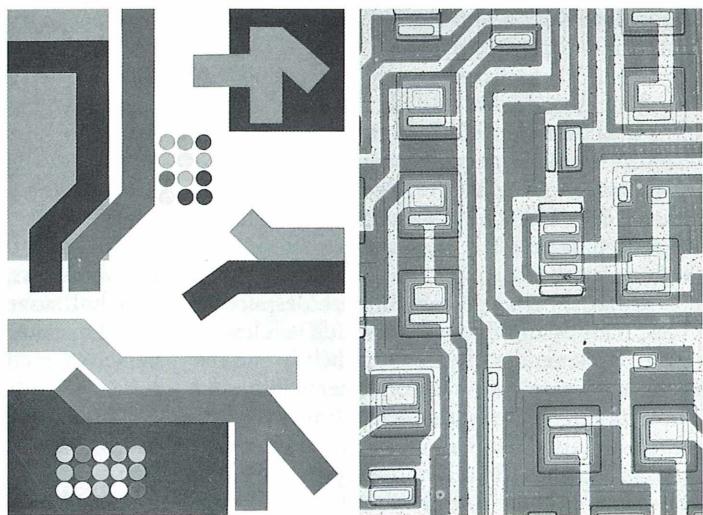


Abb. 2: Links: Johannes Itten: „Die Erinnerung“. © VG Bild-Kunst, Bonn 1994. Rechts: Infrarot-Luftaufnahme bei Landquart. Aufnahme mit Leica Luftbildaufnahmesystem Wild RC 30.

**Abb. 3: Links:** Sophie Taeuber-Arp: „12 espaces à plans, bandes angulaires et pavés de cercles“. © Bild-Kunst, Bonn 1994. **Rechts:** Mikrofoto einer integrierten Schaltung. Aufnahme mit Leica Mikroskop Leitz DM-R.



von Urteilen geleitet, die man nur als ästhetische bezeichnen kann.“ Der Bakteriologe Jean Lindenmann beschreibt die Zellteilung wie folgt: „Die Verteilung der Chromosomen folgt einer äußerst präzisen Choreographie von höchster Ästhetik.“

### Ausprägungen technologischer Entwicklungen

Der Geologe, der den Gesteinsschliff unter dem Mikroskop untersucht und fotografiert hat (Abb. 1), wollte herausfinden und dokumentieren, wie die Zusammenhänge des Hornblende-Gabbro-Gefüges beschaffen ist, woher es kommt, wann es entstanden sein könnte und welche Eigenschaften man von ihm erwarten kann. Mit dem Polarisationszusatz an seinem Mikroskop hat der Geologe die Korngrößen und Materialstrukturen seines Untersuchungsobjektes besser sichtbar gemacht – weitaus deutlicher, als er sie im Normallicht und mit bloßem Auge erkennen könnte. Er sieht etwas Neues und entdeckt vielleicht Wesentliches. Serge Poliakoff hat sein abstraktes Bild „Composition abstraite bleu, rouge, gris, vert“ bereits 1963 geschaffen. Er kannte den 1983 fotografierten Gesteinsschliff nicht.

Das Landschaftsbild von Feldern im Domleschg ist das Resultat eines von zahlreichen Testflügen mit einem neu entwickelten Luftbild-Hochleistungsobjektiv. In der Technik und im

internationalen Wettbewerb ist „das Bessere der Feind des Guten“, und für das Bessere gibt es meist objektive physikalische Kriterien, die für die Beurteilung von Kunstwerken nicht tauglich sind. Bei diesen Objektivtests in Labor und Praxis wollten die Optikentwickler feststellen, wie viele Linienpaare pro Millimeter in der Bildecke des 23 cm × 23 cm großen Aufnahmeformates aufgelöst sind, ob die geometrische Verzeichnung auf den tausendstel Millimeter korrigiert ist, ob der Kontrastumfang höher ist als bei den bisherigen Objektiven, aber auch, ob die Farben besser übertragen werden als bei Objektiven der Konkurrenz. Zwei solcher Leica-Aufnahmesysteme sind im neuen Vermessungsflugzeug der Landestopographie eingebaut.

Beim Testflug, bei dem das abgebildete Landschaftsbild (Abb. 2) entstand, wurde ein Infrarot-Falschfarbenfilm verwendet. Das Resultat ist eine wissenschaftlich-technische Aufnahme, welche die Objekte anders zeigt, als sie unser Gesichtssinn normalerweise wahrnimmt, und welche auch andere Objektqualitäten erfaßt. Der Luftbildfotograf hat 1989 bei seinem Testflug das Werk Johannes Ittens nicht gekannt. Und Johannes Itten hat 1967, als er sein Gemälde „Die Erinnerung“ schuf, wohl kaum an Infrarotluftaufnahmen gedacht. In Ittens letztem Werk hat der ehemalige Bauhauslehrer und Kollege von Paul Klee, Wassily Kandinsky und Lionel Feininger seine tiefe künstlerische Erfahrung und seine farbenanalytischen Erkenntnisse

se aus dem Kanon von Farben und Formen gewissermaßen als Vermächtnis vereint. Daß einer seiner Söhne heute an der Universität Zürich forscht und lehrt und als Geograph in der Luft- und Satellitenbild-Interpretation einen internationalen Ruf genießt, ist ein Zufall.

Beim dritten Parallelenvergleich (Abb. 3) erscheint die Welt des Künstlers der Welt der Wissenschaft und Technik als zeitlich voraus. Sophie Taeuber-Arp hat auf der Suche nach neuen Bildsprachen 1939 ihre „12 espaces à plans, bandes angulaires et pavés de cercles“ in einem Werk vereint. Wie erstaunlich, wenn der Fertigungingenieur elektronischer Halbleiterchips fünfzig Jahre später sehr ähnliche Formelemente als mehrtausendfach verkleinerte Strukturen unter dem Mikroskop im Blickfeld hat. Leiterbahnen und Kontaktstellen haben die Physiker und Entwicklungingenieure hier platzsparend so miteinander verknüpft, daß sie Informationen schnell und energiesparend verarbeiten und speichern.

### **Gibt es Gesetzmäßigkeit?**

Gibt es Ordnungsparameter und strukturierte Muster, an denen sich „Schönheit“ orientiert? B. O. Küppers meint: „Wahrnehmung des Schönen in der Natur ist Ausdruck eines impliziten Wissens, das uns zur Wahrnehmung des Gesetzmäßigen im Komplexen und damit zur Komplexitätsreduktion befähigt.“ Und Horst Prehn sagt: „Wir streben nach so viel Ordnung, daß uns die Welt nicht sinnlos, und nach so viel Zufall, daß sie uns nicht langweilig erscheint. Nicht die strenge mathematische Regel ist a priori schön, sondern auch der Zufall sowie die Beziehungsrelationen. Das Reine, Eindeutige oder Monotone löst auch hirnphysiologisch exakt immer die gleichen Erregungsmuster aus. Sie sind entweder langweilig oder pathologisch.“

Vertraute, stilisierte und vor allem rhythmische Muster aller Kunstgattungen erzeugen innerlich „Flows“. Die ähnlichen Muster der hier gezeigten Kunstwerke und wissenschaftlichen Fotografien lösen höchstwahrscheinlich gleich strukturierte Wahrnehmungsabläufe und ähnliche Empfindungen aus. Die Natur hat jedoch

in unser Verhalten auch die kontinuierliche Suche und Integration des noch Unbekannten eingebaut: den Reiz des Neuen. Gemäß Niklas Luhmann befaßt sich jede Evolution mit der Entfaltung eines Paradoxes: der Wahrscheinlichkeit des Unwahrscheinlichen. Dieses Neue, Unbekannte und Unwahrscheinliche steht innerhalb des Kontextes der jeweiligen Kultur vielleicht hinter den Triebkräften des Künstlers, des Forschers, des erfolgreichen Erfinders und Geschäftsmanns.

Die Einsichten oder Erklärungsangebote aus verschiedenen Bereichen führen für die Beurteilung der parallelen Bildbeispiele zu interessanten Erkenntnissen.

Sowohl Wissenschaftler als auch Künstler haben sich bei der Erstellung ihrer Werke das Ziel gesetzt, Unsichtbares sichtbar zu machen bzw. etwas völlig Neues zu schaffen. Dabei sind sie völlig verschiedene Wege gegangen.

Der Wissenschaftler betrachtet die Welt noch genauer mit zusätzlichen technischen Sensoren und entdeckt dabei „unsichtbare“ Eigenschaften. Sie erlauben es ihm, neue Zusammenhänge aufzuzeigen sowie Unsicherheit und Subjektivität der Erkenntnis zu reduzieren. Seine „Bilder“ werden stark von der Entwicklung der Technik und seines Forschungsgebietes geprägt. Die formal und farblich gleichartige Strukturierung in den Bildparallelen ruft gleiche Wahrnehmungsmuster in uns auf und „belohnt“ uns mit ähnlichen Flows und Empfindungen. Je nach vorhandenen „inneren Bildern“ bzw. fixierten Mustern fällt die Intensität und positive oder negative Richtung der Gefühle aus.

Das Wissen über die verschiedenen Inhalte, Zwecke und Ursprünge der parallelen Bilder kann bei ihrer gemeinsamen Betrachtung zu neuen Assoziationen und Bedeutungen führen. Es vereint über die Klammer der Ästhetik die Dimensionen der Kunst mit den Dimensionen der Natur, Wissenschaft und Technik. Diese enge Verbindung schafft eine tiefere Einheit, die wahrzunehmen wir vielleicht verlernt haben – oder die es in dieser Spannbreite und Paradoxität bisher nicht gab.

## Mikro-Quiz

### Gesucht wird...

... ein bedeutender Naturforscher des 19. Jahrhunderts, der am Ostermontag des Jahres 1795 in einem kleinen Ort zwischen Dessau und Leipzig als erster Sohn des späteren Stadtrichters geboren wird. Als Kind war er eher schwächlich, überlebte aber immerhin eine schwere Infektionskrankheit (Blattern). Der später so berühmte Historiker Leopold von Ranke war sein Klassenkamerad.

Naturwissenschaftliche Bildung erhielt er in seiner Schulzeit kaum. Der Kantor einer Lateinschule begeisterte ihn für Raupen und Schmetterlinge, der Pastor seiner Heimatgemeinde für die Schönheiten der Botanik. Als Zwanzigjähriger ging er nach Leipzig, um nach dem Willen des Vaters Theologie zu studieren. Nur die Aussicht, als Missionar in ferne Länder zu kommen, konnte ihn beflügeln. Nach seiner ersten Predigt durfte er jedoch die geistlichen Ambitionen aufstecken. Er ging 1817 nach Berlin, studierte dort Medizin und promovierte schon im Folgejahr mit einer Arbeit über Bodenpilze. Darin beschrieb er 62 neue Arten. Der Leitspruch dieser Arbeit („Der Welten Kleines auch ist wunderbar und groß, und aus dem Kleinen bauen sich die Welten“) war das Motto für seine gesamte weitere Arbeit. Bei einem Schimmelpilz beobachtete er im Mikroskop die Keimung der Hyphen aus der Spore und wurde unter diesem Eindruck zum entschiedenen Kritiker der damals noch sehr verbreiteten Urzeugungslehren. Im Auftrag der Preußischen Akademie der Wissenschaften unternahm er ab Sommer 1820 von Triest aus eine mehrjährige Forschungsreise nach Nordafrika (Ägypten, Abessinien) und Vorderasien (Libanon), wobei er vor Ort sehr viel mikroskopierte und zeichnete. Sein Freund und Begleiter Hemprich, nach dem mehrere Foraminiferen benannt sind, überlebte die Reise nicht, und beinahe wäre auch der Gesuchte einer Krankheit erlegen. Im Jahre 1826 kehrte er mit reicher Ausbeute nach Berlin zurück. Die Ergebnisse, vor allem die Sammlungen vom Roten Meer, waren so umfangreich, daß er sie nie vollständig auswerten konnte. Folglich konzentrierte er sich mit großer Hingabe auf die Erforschung von Protisten, die er „Infusionstierchen“ nannte.

Unterdessen war er Außerordentlicher Professor an der Berliner Universität. Im Jahre 1829 erhielt er die Einladung, Alexander von Humboldt und den Mineralogen Gustav Rose auf einer Forschungsreise nach Russland zu begleiten. Im Folgejahr heiratete der Gesuchte die Tochter Roses und bewog ihn, für dessen Arbeiten der Kristallisationsvorgänge doch auf alle Fälle ein Mikroskop zu benutzen. Unter dem Titel „*Die Infusionstierchen als Vollkommene Organismen. Ein Blick in das tiefere organische Leben der Natur*“ veröffentlichte er 1838 in einem Leipziger Verlag ein 612 Seiten umfassendes Werk im Folio-Format, dem ein Atlas mit 64 handkolorierten Kupferstichtafeln beigegeben wurde. Darin beschrieb er rund 350 neue Arten in lateinischer, französischer und deutscher Sprache und erkannte, daß die Mikroorganismen des Wassertropfens sehr verschiedenen systematischen Gruppen angehören. Das Werk wurde auch in Laienkreisen sehr bekannt und löste am Preußischen Hof sogar eine Modewelle des Mikroskopierens aus. Viele bedeutsame Entdeckungen schlossen sich an. So fand er 1835 bei einem Besuch auf Helgoland heraus, daß das bis dahin weithin unerklärliche Meeresleuchten auf einen planktischen Mikroorganismus zurückgeht, und 1838 erkannte er coccale Grünalgen als Ursache von blutrotem Firnschnee. Die Zellnatur der von ihm entdeckten oder beobachteten Protisten erkannte er nicht. Er deutete alle seine Befunde nicht im Rahmen der ungefähr gleichzeitig aufkommenden, von Schwann und Schleiden entwickelten Zellenlehre und verwendete folglich auch nicht den Begriff Einzeller. Bau- und Funktionsteile, die wir heute als Zellorganellen bezeichnen, erkannte der Gesuchte nicht als subzelluläre Einheiten, sondern hielt beispielsweise die kontraktilen Vakuolen oder Großkerne der Wimpertiere für die Mägen dieser Organismen. Immerhin hat er aber die eingehende mikroskopische Beobachtung als wichtiges Untersuchungsverfahren auch methodisch sehr vorangebracht. Er belegte mehrfach, daß Protisten Lebewesen mit einem geschlossenen Lebenszyklus sind und schuf Fachbegriffe wie Vibrionen, Spirochaeten oder Spirlinen, die – mit genaueren Begriffsinhalten versehen – heute noch gängig sind. Er verfügte

über einige der besten damals am Markt befindlichen Instrumente. Übrigens mikroskopierte er, wie er in seinem Werk über die Infusionsthierchen bemerkte, vorzugsweise im Stehen.

Im Jahre 1847 erhielt er, nach seiner Tätigkeit als Sekretär der Preußischen Akademie der Wissenschaften, an der Berliner Universität den Lehrstuhl für Geschichte der Heilkunde, ohne in dieser speziellen Disziplin jemals tätig zu werden.

Ein Schenkelhalsbruch und die Erblindung infolge einer Starerkrankung setzte seiner mikroskopischen Praxis 1864 ein Ende. Mit Hilfe seiner Tochter konnte er jedoch wichtige Veröffentlichungen noch zu Ende bringen, zum Beispiel ein Werk über die Mikrogeologie, in dem er darlegte, daß Mikroorganismen in erdgeschichtlicher Vergangenheit wichtige Gesteinsbildner waren. Im Jahr vor seinem Tod erhielt er von der Königlichen Akademie der Wissenschaften in Amsterdam als erster die Leeuwenhoek-Medaille in Gold – eine Auszeichnung, die nur alle zehn Jahre vergeben wird und die nach ihm unter anderem Louis Pasteur erhielt. Am 27. Juni 1876 verstarb er und wurde zwei Tage später auf einem Berliner Friedhof beigesetzt.

Bruno P. Kremer, Redaktion MIKROKOSMOS

Haben Sie die zu ratende Person erkannt? Schreiben Sie Ihre Lösung auf eine Postkarte an die Redaktion MIKROKOSMOS; Prof. Dr. Klaus Hausmann, Zoologisches Institut der Freien Universität, Königin-Luisen-Straße 1–3, 14195 Berlin. Einsendeschluß ist der 20. 1. 1995. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

Unter den richtigen Einsendungen werden dieses Mal je ein Exemplar folgender Bücher verlost:

- Kleinig/Sitte, Zellbiologie
- Mehlhorn/Ruthmann, Allgemeine Protozoologie
- Jacobs/Renner, Biologie und Ökologie der Insekten

Der Gesuchte aus dem Quiz in Heft 83/6 ist Theodor Boveri, Mediziner und Biologe an der Universität München, der sich besonders mit entwicklungs geschichtlichen Fragen der Ei- und Samenzellen, der Befruchtung und Vererbung sowie mit der Cytogenetik beschäftigte.

Die drei Bücher haben gewonnen:

- Sigrid Baurmann, 91093 Heßdorf
- Andreas Goos, 75196 Remchingen
- Dr. H. Heyning, 06110 Halle (Saale)

Die Redaktion gratuliert sehr herzlich!

## Praktikum der Protozoologie

Herausgegeben von Prof. Dr. R. RÖTTGER, Institut für Allgemeine Mikrobiologie, Universität Kiel

1995. Etwa 240 S., 462 Abb., kt. DM 54,-

**Erscheinungstermin: Etwa Dezember 1994**

Nach dem Erscheinen der fünften Auflage von MAX HARTMANNs "Praktikum der Protozoologie" im Jahre 1928 erscheint jetzt endlich wieder ein neues Protozoologisches Praktikum. Mit diesem Buch werden Studierende zum eigenständigen Sammeln von Protozoen in deren Lebensräumen angeleitet. Sie lernen, wie man diese Organismen anreichert, isoliert und objektgerecht zu Präparaten für die licht- mikroskopische Beobachtung verarbeitet. Durch die Lebendbeobachtung oder Färbung und Zeichnung der Objekte wird ein grundlegendes Wissen über Protozoen, ihre Merkmale und Strukturen vermittelt. Praktikumsobjekte sind vor allem Protozoen aus Lebensräumen Mitteleuropas, gegebenenfalls werden auch Quellen für die Materialbeschaffung genannt. Die Kapitel gliedern sich in der Regel in die Abschnitte "Einführung", "Technische Vorbereitungen" und "Gattungen und Arten" (dargestellt auf 50 Abbildungstafeln). Am Ende eines jeden Kapitels sind wichtige Originalarbeiten, Übersichtsartikel und Monographien zum Thema aufgeführt. Den Abschluß des Praktikumsbuches bilden ein Lehrbuch- und Filmverzeichnis und ein ausführliches Register.



# Orthodontium lineare – ein Moos erobert Europa

Klaus von der Dunk

Bis zum Beginn unseres Jahrhunderts waren die meisten in Europa heimischen Pflanzenarten, auch die Moose, taxonomisch-morphologisch gut erfaßt, so daß sich die Wissenschaftler nun daran machten, für andere Wissenschaftszweige, wie Biochemie, Genetik, Evolution u.a., Daten zu sammeln. Welche Überraschung muß es daher gewesen sein, als man zunächst nur einzelne und später immer mehr Pflanzenarten antraf, die den zweifellos gründlich suchenden früheren Floristen offensichtlich entgangen waren.

**B**ald schon stellte sich heraus, daß diese Pflanzen nicht etwa übersehen worden waren, sondern daß sie Neubürger, Neophyten genannt, in Europa sind, deren eigentliche Heimat irgendwo anders in der Welt liegt. Sie profitierten vom immer dichter werdenden Weltverkehr, der die Grenzen ihrer eigenen Ausbreitung praktisch aufhob.

## Expansion der Moose

Nun kamen diese Pflanzen aber in eine Region, deren ökologische Nischen schon von Altbürgern besetzt waren. Folglich traf man sie zunächst besonders an den Stellen, die durch menschliche Einwirkung vom Kleid einheimischer Vegetation befreit waren, wie z.B. Ödländer, Eisenbahntrassen oder Straßenränder. Ohne Konkurrenz konnten sie sich hier ansiedeln. Bald aber entschieden Vitalität, Anpassungs- und Ausbreitungsfähigkeit über den weiteren Bestand in diesem fremden Land. Während manche Arten folglich wieder sang- und klanglos verschwanden, bewiesen andere ihren Lebenswillen und schickten sich an, Europa zu überrennen. Jeder kennt die dafür typischen Arten, wie die Kanadische Wasserpflanze (*Elodea canadensis*), die nordamerikanischen Goldruten (*Solidago canadensis* und *S. gigantea*) oder das Kleine Springkraut (*Impatiens parviflora*). Als „unduldsame“ Wildkräuter, wie sie in Bestimmungsbüchern bezeichnet werden, konnten sie sich bei uns oft auf Kosten einheimischer Arten etablieren.

Da von den wenigen genannten Beispielen die Wasserpflanze unmittelbar menschlichen Interessen entgegenstand (daher der deutsche Name!), löste sie breit angelegte Vernichtungsaktionen aus, ähnlich wie die zur Zeit tropische Süßgewässer „verseuchende“ Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes*. Ähnliches gilt für die aus dem Kaukasus stammende Herkulesstaude (*Herculeum mantegazzianum*) und die aus Nordamerika kommende Trauben-Kirsche (*Prunus serotina*), die Forstleuten momentan schwer zu schaffen machen.

Allen diesen Neophyten ist eine enorme Konkurrenzkraft eigen, die sie befähigt, über einheimische Gewächse zu dominieren. Neben einer zweifellos großen Vitalität und oft enormen Samenproduktion kommt diesen Arten aber zugute, daß die bei uns heimischen Prädatoren, d.h. hier alle Arten von Pflanzenfressern, die Fremdlinge nicht anrühren. In langen Zeiträumen hatte sich zwischen Fauna und Flora in Europa ein ökologisch stabiles Gleichgewicht aufgebaut, das nun unter dem Ansturm der Neubürger teilweise zusammenbrach. Da der wirtschaftende Mensch nicht so lange warten wollte, bis sich die Natur wieder eingependelt hat, unternahm und unternimmt er groß angelegte Bekämpfungsaktionen, deren Erfolg schon aus ökologischer Sicht zumindest als zweifelhaft anzusehen ist.

Diese einleitenden Worte sollen zu einer Moosart hinleiten, auf die eigentlich dasselbe trifft, deren Siegeszug aber nur von wenigen Wissenschaftlern registriert und verfolgt wurde.

## Entdeckungsgeschichte von *Orthodontium lineare*

Das Moos mit dem Namen *Orthodontium lineare* hat seine Heimat auf den Südkontinenten. Es kommt im südlichen Südamerika, im südlichen Afrika, in Australien, Tasmanien und in Neuseeland vor (Smith, 1980; Magill, 1987 u.a.). Es zeigt damit eine disjunkte Verbreitung, d.h. ein Vorkommen in weit voneinander getrennten geographischen Räumen. Diese besondere Verteilung lässt vermuten, daß es sich hier eigentlich um eine Pflanzenart handelt, die vor Beginn der Kontinentaldrift zur Kreidezeit

vor rund 100 Millionen Jahren ein geschlossenes Areal auf dem damaligen Südkontinent Gondwana besaß. Durch die Plattentektonik zerbrach er, und seine Teile drifteten mitsamt ihrer Flora und Fauna auseinander bis in die uns heute vertrauten Positionen. Da Indien seinerzeit ebenfalls mit den genannten Kontinenten und der Antarktis zusammenhing, sollte es nicht wundern, wenn *Orthodontium lineare* eines Tages auch dort entdeckt wird (eine verwandte Art ist auf Sri Lanka bereits gefunden worden).

In Europa begann die Entdeckung der Art bei Crowden, Cheshire, westliches Mittelengland, 1922 durch den Bryologen Watson, dem auf Torf, Sandstein und an Birkenstammfüßen wachsende Moospolster mit dicht stehenden Sporenkapseln auffielen. Mikroskopische Untersuchungen zeigten eine Verwandtschaft zu einer in Europa seltenen und kaum fruchtend beobachteten Art *O. gracile*, weshalb Watson (1922) die neue als Varietät von dieser beschrieb. Bald kamen weitere Fundberichte aus verschiedenen Gebieten Englands hinzu, so daß sich hier bald ein mehr oder weniger geschlossenes Verbreitungsgebiet ergab. Auch gehört ein schon 1911 in der Nähe des Originalplatzes gesammeltes Exemplar hierher. Am Kontinent häuften sich nun ebenfalls die Meldungen, so aus Deutschland (Koppe, 1940) und aus den Niederlanden und Dänemark (Meijer, 1952). Und alle Funde wurden neu benannt, sei es als Varietät oder eigene Art.

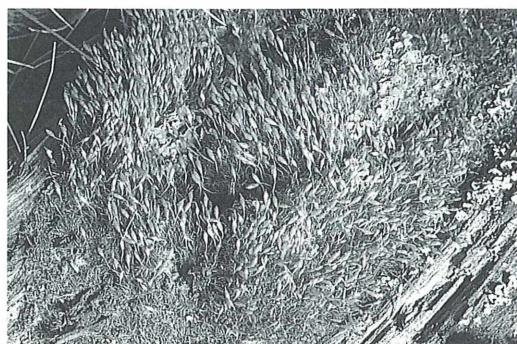


Abb. 1: Üppig fruchtender Rasen des Laubmooses *Orthodontium lineare*. Schneeberg in ca. 850 m Höhe, Fichtelgebirge; im Mai 1993; etwa natürliche Größe.

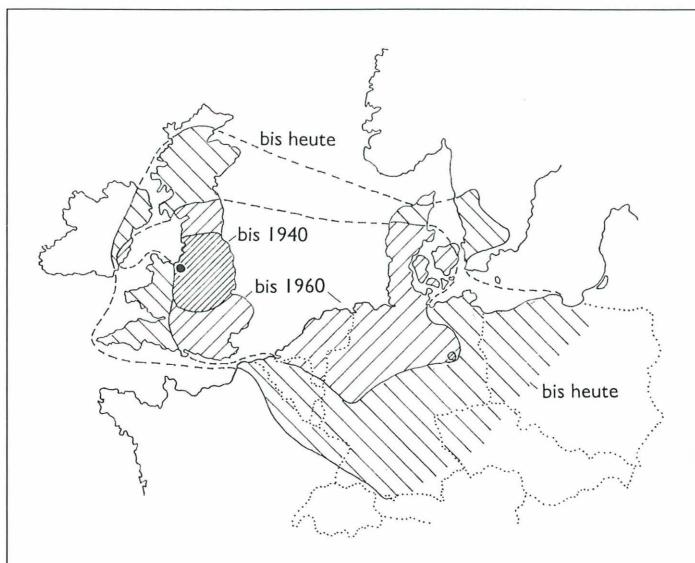


Abb. 2: Karte der Besiedlung Europas durch *Orthodontium lineare*. Schwarzer Punkt: erster Fund in Mittelengland 1911.

Hatten schon die klassischen Bryologen des 19. Jahrhunderts Schwierigkeiten mit den wenigen nach Europa gebrachten, weltweit gesammelten (meist unreifen) Proben der Gattung *Orthodontium* taxonomisch ins Reine zu kommen, so summierten sich nun die Probleme. Meijer (1952) und Reimers (1954) versuchten folglich, in das Gewirr der Namen und systematischen Verwandtschaft der aus aller Welt beschriebenen *Orthodontium*-Arten, -Unterarten und -Varietäten Ordnung zu bringen und die wahre Natur der europäischen Neuentdeckung zu ergründen. Diese und spätere mit nahezu kriminalistischem Spürsinn durchgeführten Untersuchungen zeigten immer deutlicher, daß es sich tatsächlich um einen Neubürger handelt, der Europa wohl mit Holztransporten auf Schiffen von Südafrika nach Liverpool kurz nach 1900 erreicht haben muß.

Soviel zur erstaunlich gut dokumentierten „Entdeckungsgeschichte“ erstaunlich deshalb, weil die Entdeckung eines Neubürgers die sehr genaue Kenntnis des ansässigen Artenbestandes voraussetzt. Während dies für höhere Pflanzen (Phanerogamen) durchaus gegeben ist, weil doch recht viel Leute – sei es aus Beruf oder als Hobby – hervorragende Kenner der Flora sind, muß dies für Kryptogamen besonders betont werden, denn diese waren und sind stets „Stieffinder“ der Botanik, für die sich – eigentlich zu Unrecht – nur sehr wenige interessieren.

## Morphologie und Anatomie

Nun soll aber das Moos zunächst einmal vorgestellt werden. Kaum 1 cm groß werden die Einzelpflänzchen, deren 5–6 mm lange linealische Blättchen im feuchten Zustand aufrecht bis schwach sichelförmig vom kurzen Stiel abstehen. Unter dem Mikroskop zeigt sich, daß die flache Spreite der oft leicht gekielten Blätter fast bis zur Spitze von einer etwa 1/4 der Blattbreite einnehmenden Rippe durchzogen ist (Abb. 4 und 5). Charakteristisch ist das Zellnetz (Abb. 3) mit durchschnittlich 10 µm breiten, langgestreckten, chlorophyllreichen Zellen, etwa acht- bis zehnmal so lang wie breit, deren Zellwand relativ robust ist. Zur Blattspitze zu werden die Zellen kürzer und breiter, mehr rhomboidisch, wie es für viele Arten in der Familie Bryaceae, zu der auch *Orthodontium* gehört, typisch ist. Am häufig rötlich verfärbten Blattgrund wird die Form der Zellen

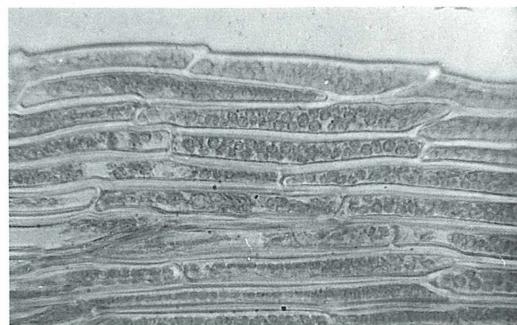


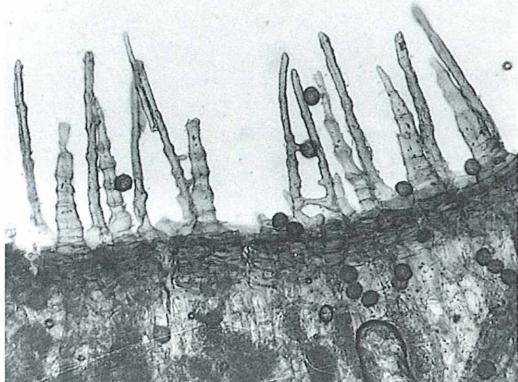
Abb. 3: Zellnetz der Blattmitte und typischer schwach gezähnter Blattrand. 500 x.

rechteckig. Der Rand eines Blattes ist nur im oberen Bereich etwas uneben durch schwach vortretende Zellecken.

Die Einzelpflanzen stehen dicht beieinander und bilden Polster oder Rasen, deren Durchmesser an optimalen Standorten 10 cm und mehr erreicht. Da dieses Moos gerne an geneigten Flächen wächst, legen sich die Blätter übereinander und bilden eine verdunkelt mittelgrüne, matt erscheinende Fläche. Trocken verbiegen sich die Blätter etwas. Im sterilen Zustand ist diese Moosart leicht zu übersehen.

Erheblich auffälliger, und dann auch sofort aus der Entfernung zu erkennen, wirkt die Art allerdings durch die Sporenkapseln, die von Frühling bis Herbst die Polster dicht verhüllen. Die Zeit ist bemerkenswert, weil die Mehrzahl unserer einheimischen Arten vom Spätherbst bis zum Frühjahr fruchtet. Vielleicht ist das ja auch eine Reminiszenz vom Ursprung auf der Südalbkugel, deren Jahreszeiten zu unseren gegenläufig sind.

Pro Quadratzentimeter Moosrasen zählt man bis zu 30 Kapseln (Abb. 1)! Zwischen Erscheinen und Vergehen verleihen sie dem Moos farblich ein immer neues Aussehen. Es beginnt mit einem frischen Hellgrün etwa im April, wenn die Seten (Kapselstiele) die jungen Kapseln emporschieben. Ende Mai bis Mitte Juni wirkt ein Polster dreifarbig: dunkelgrün unten durch die Blätter, gelb-orange in der Mitte durch die mit 1 cm Länge nun ausgewachsenen Seten und hellgrün oben durch die gerade im letzten Stadium reifenden Kapseln. Etwa zwei Wochen dauert die Durchfärbung des Sporophyten von unten nach oben zu einem gleichmäßigen leuchtenden Gelb, der Sommertonung. Mit zunehmender Sporenausschüttung im Herbst ge-



**Abb. 4: Das charakteristische *Orthodontium*-Peristom der Kapselmündung. Blick von außen auf den doppelten Kranz von kürzeren und nach unten breiter werdenden äußeren und längeren und gleichmäßig dünnen inneren Peristomzähnen. Dazwischen anhaftende Sporen. 400 x.**

15–20  $\mu\text{m}$  großen, fein papillösen Sporen enthält eine einzige normal große Kapsel zwischen 40 000 und 50 000 (vgl. Hedenäs et al., 1989), ein Polster daher mehrere Millionen!

### Sexuelle Vermehrung

Der Sporophyt entsteht aus einer befruchteten Eizelle. Diese befindet sich in einem Archegonium, einem flaschenförmigen Organ, durch dessen engen Hals die frei in Wasser beweglichen männlichen Spermatozoiden aus den Antheridien zur Befruchtung kommen. Die Geschlechtsorgane entstehen bei den Moosen in eigenen Infloreszenzen, d.h. an der Spitze spezieller Sprosse, umgeben von oft kennzeichnend anders gebauten Blättern. Abbildung 5 zeigt eine solche Infloreszenz mit charakteri-



**Abb. 5: Isolierte Infloreszenz. Die typischen kurzen und breiten Blätter umhüllen einen synoecischen (gemischtgeschlechtlichen) „Blütenstand“ aus Archegonien, Antheridien und Paraphysen (Schleimfäden), von denen sich eine bei der Präparation gelöst hat. Rechts ein mittelgroßes normales Laubblatt. 20 x.**

hen die Kapseln in ein Mittelbraun über. Anschließend legen sie sich, durch Verwitterung noch dunkler gefärbt, auf die Blattfläche darunter und verrotten bald, so daß das Moos im Winteraspekt ohne die Zierde der Kapseln da steht. Von der an ähnlichen Stellen wachsenden *Dicranella heteromalla* lässt es sich trotzdem auch jetzt unterscheiden, weil diese dunkelgrüne glänzende Rasen bildet und stets im Winter braune Fruchtkapseln mit längerer Seta trägt. Die Namengebung *Orthodontium* („Geradzahn“) leuchtet sofort ein, wenn man sich die geöffneten Mooskapseln mit einer Lupe betrachtet. Der Urnenrand (der Rand der Öffnung des Sporenbehälters) zeigt filigrane kleine Auswüchse, die sogenannten Peristomzähne. In zwei Kreisen umstehen sie die Kapselmündung, die äußeren kürzer und nach unten breiter werdend, die inneren länger und gleichmäßig dünn (Abb. 4). Ihre Größe reicht gerade aus, um, bei ungünstiger feuchter Witterung nach innen geneigt, gitterartig die Öffnung der Urne zu verschließen und die Sporen im Inneren vor eindringendem Wasser zu schützen. Trockenes Wetter lässt sie sich wieder aufrichten. Die Kapselmündung erscheint dann wie von einem Mini-Staketenzaun umgeben. Von den winzigen,

stisch gedrungenen breiten Blättern in der Achsel eines Normalblattes. Im dunklen Inneren verbergen sich hier Archegonien und Antheridien zwischen einem Wald aus Paraphysen (Schleim absondernde Zellfäden), von denen eine bei der Präparation herausgeschwemmt worden ist.

Diesen Zustand einer Zwitterblüte bezeichnet man als synözisch. Genauso oft kann man auch eine Autözie bemerken, bei der sich Archegonien und Antheridien zwar auf derselben Pflanze, aber räumlich getrennt entwickeln. Bei der Kleinheit der Pflanzen ist der Befruchtungserfolg wohl bei beiden Systemen gleich gut, denn die auffallend dicht stehenden Sporenkapseln dokumentieren den Erfolg sehr deutlich (Abb. 1). Bei den vielen diözischen Arten mit den Infloreszenzen auf verschiedenen Pflanzen trifft man selten auf einen vergleichbaren Kapselwald.

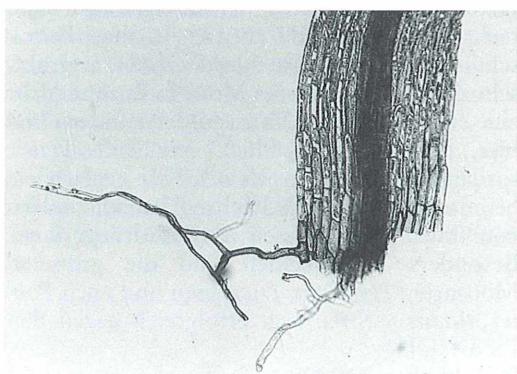
Moos besitzen bekanntermaßen auch eine Reihe vegetativer Vermehrungsmethoden. *Orthodontium* zeigt sehr schön die Entstehung von Rhizoiden aus Randzellen der Blattbasis (Abb. 6) und entwickelt am Protonema, dem fadenförmigen Vorkeim, zwei- bis siebenzellige, chlorophyllreiche Brutkörper. Für die nachgewiesene rasche Neubesiedlung geeigneter Habitate spielen diese Möglichkeiten sicher eine untergeordnete Rolle. Für die Bildung der dichten Polster allerdings sind sie wohl Voraussetzung.

## Verbreitung

Wo findet man nun dieses neue Moos? Wie die Verbreitungskarte zeigt, ist die Ausweitung des Areals recht gut dokumentiert (Abb. 2). Zur Zeit dürfte sich die Ostgrenze Rußland nähern und im Süden entlang der Alpen in Richtung Ungarn voranschreiten (Ochyra, 1982). Deutschland ist bereits fest in der Hand dieser Moosart. Besonders die Mittelgebirge, genauer die mit Silikatuntergrund, stellen eine praktisch durchgehende Siedlungsfläche dar. Nach neueren Kartierungen (Meinunger, persönliche Mitteilung) zieht sich ein regelrechtes Band quer durch die Bundesländer zwischen Sachsen und Pfalz mit einer Breite von rund 150 km, in dem jedes Meßtischblatt etliche Fundstellen aufweist. Nördlich und südlich davon ist die Verbreitung lückenhafter. Das hängt zweifellos mit den ökologischen Ansprüchen der Art zusammen (Reimers, 1954; Siegel, 1985; Hedenäs et al., 1989 u.a.).

## Ansprüche an den Lebensraum

*Orthodontium lineare* bevorzugt, wie offenbar auch die anderen Arten der Gattung, sauren Untergrund. Gefunden wurde es daher auf Sandböden mit Rohhumusbedeckung, an Sandsteinfelsen, auf Torf, über verrottetem Holz und an Baumfüßen auf und zwischen den Wurzeln. Ja es wandert sogar an den Stämmen älterer Lärchen (angepflanzte *Larix leptolepis*) über einen halben Meter hoch, wie Barkman, 1962, aus den Niederlanden berichtet und geht in Nordwestdeutschland auch gerne an uralte Eichen, z.B. im Neuenburger Urwald bei Bremen. Allgemein aber scheint eine Vorliebe für Wälder mit älteren Koniferen, besonders Fichte und Kiefer, zu bestehen. Dies wird neben dem niedrigen pH-Wert (nach eigenen Messungen zwischen 3,1 und 5,2) trotz Schattenliebe mit einem gewissen Lichthunger des Mooses begründet. Ältere Nadelwälder lassen erheblich mehr Licht bis zum Boden durchdringen als Laubwälder. Vielleicht spielt auch die Bedeckung mit Fallaub eine Rolle, der dieses Moos weniger gewachsen ist. Auffallend am Neubürger ist, daß er keinen Unterschied macht zwischen natürlichen Beständen und Kunstforsten, d.h. im Gegensatz zu vielen Neophyten dringt er auch in natürliche, ökologisch intakt erscheinende, etablierte Pflanzengesellschaften ein.



**Abb. 6: Basis eines normalen Blattes. Man erkennt die mehr rechteckig geformten Zellen, die nach oben länger werden, die etwa 1/4 der Blattfläche einnehmende Rippe sowie einige aus Rippe und Blattgrundzellen entstehende Rhizoide. 40 x.**

Ein wichtiger Faktor ist eine hohe bodennahe Luftfeuchtigkeit. Daher findet sich *Orthodontium* gerne an geneigten Wegrändern, am Rand von Bodensenken und an den sonnenabgewandten Flanken von Baumfüßen und Stubben. Je kontinentaler das Klima einer Region getönt ist, desto mehr meidet das Moos niedrig liegende Gebiete und zieht sich in Höhen über 500 m zurück. Umgekehrt überrascht es daher nicht, daß es umso niedrigere Lagen besiedelt, je ozeanischer das Klima wird.

In Nordbayern beispielsweise ist das sehr deutlich zu merken. Während es in den Bereichen zwischen 200 und 400 m Höhe zu den Raritäten gehört und nur einzelne, wenige cm große Pölsterchen bildet, kann man es im Fichtelgebirge zwischen 500 und 900 m fast „abmähen“, so dicht bedecken hier üppige Rasen geeignete Standorte. Allerdings, worauf auch Siegel (1985) hinweist, birgt die größere Höhe die Gefahr von Frost- und Trockenschäden. So findet man viele Polster mit auffallenden braunen Flecken, an denen die Moospflanzen ganz oder teilweise abgestorben sind. Von besiedelten Steilfächern kann leicht der schützende Schnee abrutschen und die Moospflanzen trocken-kalter Winterluft aussetzen. Sie wirkt sich so aus, daß sie unfreiwillig zuviel Wasser verdunsten, ohne genügend neues aus dem gefrorenen Untergrund über die Rhizoiden oder die Blattoberfläche nachsaugen zu können. Sie vertrocknen.

### Einnischung

Wo und wie erfolgreich sich *Orthodontium* einnischkt, hängt in erster Linie von der Verfügbarkeit geeigneter Lebensräume in Wäldern ab. Genauere Untersuchungen in Süd-Schweden, wo das Moos 1969 zum ersten Mal registriert wurde (Hedenäs et al., 1989), zeigen dies deutlich im Zusammenhang mit dem nur eine begrenzte Zeit zur Verfügung stehenden Substrat Verrottendes Holz, das die Art gerne besiedelt. Die Sporen müssen die potentiellen Siedlungsflächen erreichen. Das aber ist offenbar trotz der immensen Sporenproduktion nicht einfach. Wie sich nämlich auch bei anderen diesbezüglich untersuchten Moosarten herausstellte, bleiben über 90 % aller Sporen im Zwei-Meter-Umkreis ihrer Entstehung. Nur wenige gelangen vermutlich durch den Wind in weitere Entfernung, wo sie natürlich erst einmal auf ein ge-

eignetes Habitat treffen müssen. Wo besiedelbare Stellen relativ dicht beieinander liegen, kann sich folglich *Orthodontium* gut festsetzen und üppig entwickeln. Die Kolonisierung mehr oder weniger miteinander verbundener Biotope geht daher trotz kleiner Schritte relativ rasch. Barkman (1962) konnte beobachten, daß zwei Jahre ausreichen, um potentielle Wuchsorte eines Waldes zu besetzen. Ungleich mehr Zeit verstreicht natürlich beim Ausbreiten in weiter entfernten Arealen.

### Neubürger gegen Altbürger

Erfolgreich müssen sich *Orthodontium*-Protoneura und erst recht die neuen Sprosse gegen die anrückende Konkurrenz ortsansässiger Bewohner durchsetzen. Hierbei zeigt sich, fußend auf soziologischen Erfassungen (Hübschmann, 1970, 1986; Marstaller, 1987; Herben, 1990 u.a.), daß die Reihe der Mitbewerber von Ort zu Ort wechselt. Auf morschem Holz sind es die dafür bekannten Arten *Tetraphis pellucida*, ein Laubmoos, und das Lebermoos *Lepidozia reptans*, auf sandigem Rohhumus und an Sandsteinfelsen die Laubmose *Ceratodon purpureus* und *Pohlia nutans*, zwischen und auf Baumwurzeln die Flechten *Cladonia coniocraea* und *C. digitata*, auf Waldboden die größeren Laubmose *Hypnum cupressiforme*, *Dicranum scoparium* u.a.m.

Da die Begleiter so verschieden sind, und da *Orthodontium* z.B. im Fichtelgebirge auch recht große Bestände entwickelt ohne Beimischung anderer Moose oder Flechten, zeigt das sehr deutlich, daß dieses Moos in Europa nicht eine eigene Gesellschaft ausbildet, sondern mal hier, mal da „sein Glück versucht“. Dafür spricht auch, daß es sich offenbar gegen viele heimische Arten nicht wehren kann, sondern von ihnen überwachsen und verdrängt wird. Besonders die Flechten und die größeren Moosarten *Hypnum*, *Dicranum* und auch *Pohlia nutans* wehren sich erfolgreich gegen den Eindringling.

Wie Herben (1990) andeutet, hängt es sehr vom Substrat, von dessen Alter und Bewuchs ab, ob *Orthodontium* die Oberhand gewinnt oder unterliegt. Hedenäs et al. (1989) versuchten folglich das Alter bestehender *Orthodontium*-Rasen zu bestimmen. Leider können wegen der Verrottungsprozesse nicht mehr als vier Jahresphasen mit Hilfe der als Seitenzweige

ausgebildeten Infloreszenzen unterschieden werden. Damit ergab sich aber nur der zu erwarten gewesene Zusammenhang, daß die Einzelpflanzen umso älter werden, je größer ein Polster ist. Sind die Wuchsbedingungen ungünstig, verbleibt das Moos offenbar auch längere Zeit im Protonemastadium, was eine Altersdattierung ganz unmöglich macht.

Frahm weist darauf hin, daß *Orthodontium* in „naturnahen und wenig belasteten Gebieten ... trotz scheinbar geeigneter Standorte“ fehlt (was nach Barkman (1962) u.a. Autoren aber nicht generell gilt). „Das läßt den Schluß zu, daß diese Neophyten nur Fuß fassen können, wo die ursprünglich dort vorhandene Moosflora vernichtet oder geschwächt ist“ (Frahm, 1993). Meine Eindrücke aus dem Fichtelgebirge gehen allerdings in dieselbe Richtung, zumal sich auch ein Zusammenhang mit dem Sauren Regen aufdrängt. Die Absenkung des pH-Wertes begünstigt das Fortkommen dieses säureliebenden Mooses, während gleichzeitig sensible heimische Arten geschwächt werden. Solange Entstehung, Dynamik und Niedergang von Moosgesellschaften über längere Zeiträume noch wenig untersucht sind und soziologische Erfassungen Momentaufnahmen gleichen, muß man mit Rückschlüssen vorsichtig sein.

Wer das Moos näher kennenlernen will, sollte sich bei fröhssommerlichen Spaziergängen beispielsweise in unseren Mittelgebirgen etwas umsehen. Es dürfte nicht schwer sein, nach dem Gesagten das Objekt zu orten, da es in Europa im Gegensatz zu seiner Heimat, z.B. in Südafrika, (Magill, 1987) überaus häufig ist. Damit eröffnen sich jedem, der sich für dynamische Prozesse in unserer Umwelt interessiert und ein offenes Auge auch für Moose hat, reiche Möglichkeiten der Betätigung. Nicht immer besteht die Chance, einen Wandlungsprozeß so unmittelbar verfolgen zu können, wie am Beispiel des „newcomers“ *Orthodontium lineare*.

## Danksagung

Für Hinweise danken möchte ich Frau Dr. Lübenau-Nestle und den Herren Dr. Meinunger und Schäfer-Verwimp.

## Literaturhinweise

- Barkman, J. J.: Over de Uitbreiding en Oecologie van *Orthodontium lineare*. Buxbaumia 16 (3–4), 68–75 (1962).
- Frahm, J.-P.: Veränderungen der Moosflora in den letzten 20 Jahren. Bryologische Rundbriefe No. 12, 2, 4–5 (1993).
- Hedenäs, L., Herben, T., Rydin, H., Söderström, L.: Ecology of the invading moss species *Orthodontium lineare* in Sweden: Spatial distribution and population structure. Holarctic Ecology 12, 163–172 (1989).
- Hübschmann, A. v.: Über die Verbreitung einiger seltener Laubmoose in nordwestdeutschen Pflanzengesellschaften. Herzogia 2, 63–75 (1970).
- Hübschmann, A. v.: Prodromus der Moosgesellschaften Zentraleuropas. Bryophyt. Bibl. 32, 1–413, Cramer-Verlag, Stuttgart 1986.
- Koppe, F., Koppe, K.: *Orthodontium germanicum* nov. spec. in Brandenburg. Feddes Repertorium, Beihete Bd. CXXXI, 40–47 (1940).
- Magill, R. E.: Bryophyta. In: Leistner, O. A. (Hrsg.): Flora of Southern Africa. Part 1, Fasc. 2 Johannisburg 1987.
- Marstaller, R.: Die Moosgesellschaften auf morschem Holz und Rohhumus. Gleditschia 15, 73–138 (1987).
- Meijer, W.: The Genus *Orthodontium*. Acta Botanica Neerlandica Vol. 1, 3–80 (1952).
- Ochyra, R.: *Orthodontium lineare* Schwaegr. – a new species and genus in the moss flora of Poland. Bryol. Beitr. 1, 23–36 (1982).
- Reimers, H.: Verbreitung und Verwandtschaft der europäischen Arten der Laubmoosgattung *Orthodontium*. Willdenowia 1, 275–337 (1954).
- Siegel, M.: *Orthodontium lineare* Schwaegr. – ein Neubürger der sächsischen Moosflora. Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 58, 12, 31–36 (1985).
- Smith, A. J. E.: The Moos Flora of Britain & Ireland. Cambridge University Press, Cambridge 1980.
- Watson, W.: A new variety of *Orthodontium gracile* Schwaegr. Journ. of Botany 60, 139–141 (1992).

Verfasser: Dr. Klaus von der Dunk, Ringstr. 62, D-91334 Hemhofen

## Evolutionsökologie

Von Prof. Dr. Andrew COCKBURN, Canberra (Australien)

1994. Etwa 380 S., 140 Abb., kt. DM 68,-

Erscheinungstermin: Etwa Dezember 1994

neu!

**Inhalt:** Der Themenkreis der Evolutionsökologie – Die genetischen Grundlagen evolutiver Veränderungen – Stärke und Einheiten der Selektion – Die Untersuchung von Selektion und Adaptation – Das Habitatgefüge – Der Reproduktionsaufwand – Die Ökologie der Sexualität – Der ökologische Kontext der Speziation – Warum gibt es so viele Arten? – Angewandte Evolutionsökologie – Der Themenkreis der Evolutionsökologie im Rückblick

## Kurze Mitteilung

### Mikrokosmos auf Rohrkolbenblättern

In wässrigen Ökosystemen, z.B. in Feuchtbiotopen, ist die Stabilität in hohem Maße von der Remobilisierung des organischen Materials abhängig; dieses muß immer wieder als Energiequelle für andere Organismen zugänglich gemacht werden. Den größten Anteil an der Festlegung von organischem Material haben die höheren Wasserpflanzen wie Schilf, Ried, Seerosen. Als Modell zum Studium des Abbaues hat man daher den Breitblättrigen Rohrkolben (*Typha latifolia* L.) gewählt, der in der Verlandungszone stehender Gewässer allgemein vorkommt. Der Rohrkolben wird etwa 1–2 m hoch und hat 10–20 cm breite Blätter, die flach und unterseits gewölbt sind. Auf diesen Blättern, soweit sie unter Wasser stehen, findet sich eine ganze Sammlung von verschiedenartigen Organismen, die man Periphyton nennt. Das aufsitzende Periphyton des Rohrkolbens umfaßt autotrophe und heterotrophe Algen (z.B. *Scenedesmus*), ferner Bakterien und Pilze. Um die Wechselwirkung dieser Organismen untereinander beim Abbau der Rohrkolbenblätter und den Zusammenhang zwischen Makrophyten und Epiphyten zu untersuchen, hat man etwa 1 cm lange Blattspitzen (Gewicht 0,05 bis 0,07 Gramm) in 100 ml große Glasflaschen gegeben. Durch Wiegen dieser Blattstückchen konnte am Gewichtsverlust der Abbau verfolgt werden. In die Glasbehälter wurde unsteriles, aber sorgfältig gefiltertes (organismenfreies) Moorwasser eingefüllt. Die Glasbehälter wurden dann mit unterschiedlichen Mischungen von Mikroorganismen beimpft, so daß Mikrokosmen entstanden, in denen der Abbau der Makrophytentiale (Blattspitzen) gemessen werden konnte. Um die Situation in der Natur möglichst genau zu imitieren, wurde diese Mikrokosmen in 10 cm Tiefe in einem Drahtnetz in einen Moorsee gesenkt. Es gab drei verschiedene Versuchsbedingungen: Das erste Inokulum (a) bestand vorwiegend aus Bakterien und mikroskopisch kleinen Algen, d.h. allen Organismen die durch ein Filter mit Poren eines Durchmessers von 0,8 µm hindurchgeschlüpft waren; das zweite Inokulum (b) bestand vor allem aus Pilzen und Algen einer Größe, die durch ein Filter mit der

Porengröße 63 µm durchgelassen worden waren. Das dritte Inokulum war die Kontrolle und bestand aus ungereinigtem Moorwasser des ursprünglichen Standortes des Rohrkolben. Aus den Ergebnissen läßt sich ablesen, daß das ungereinigte Moorwasser die Rohrkolbenblätter am schnellsten abbaut: nach 73,7 Tagen war bereits die Hälfte des Blattmaterials zu löslichen Verbindungen abgebaut. Hingegen betrug die Halbwertszeit des Abbaus bei (a) 133,3 Tage und bei (b) 99,0 Tage. Die Zersetzung des Abfalls höherer Pflanzen wird charakterisiert durch die Summe der Faktoren Auslaugung, mechanische und biologische Zerkleinerung, mikrobieller Abbau und Mineralisation. Die Pflanzenmasse nimmt in zwei Schritten ab – die zu Beginn sofort einsetzende Auslaugung, d.h. der Verlust an löslichen Bestandteilen, gefolgt vom biologischen Abbau. Der rasche Gewichtsverlust der Blätter wird durch den dichten Bewuchs mit Mikroorganismen (das Periphyton) bedingt. Dabei spielen die epiphytischen Algen eine entscheidende, den Abbau der Rohrkolbenblätter fördernde Rolle. Die heterotrophen Organismen werden augenscheinlich durch die autotrophen Algen stimuliert. Diese Förderung der heterotrophen Komponente des epiphytischen Aufwuchses durch eukaryotische, autotrophe Algen kommt auf zwei Wegen zustande: durch die autotrophische Produktion von extrazellulären organischen Kohlenstoffverbindungen und/oder durch die Sauerstoffproduktion der autotrophen Organismen. Die Heterotrophen benutzen die ausgeschiedenen Produkte der Algen, wie z.B. Nukleinsäuren, organische Säuren, Kohlenhydrate, Zuckeralkohole, Aminosäuren, Peptide, Vitamine und Lipide, als Nahrung. Es besteht also eine deutliche Wechselwirkung zwischen den Organismen, welche den epiphytischen Biofilm auf den Blättern bilden. Die Organismen des Periphytons fördern gemeinsam die Bildung des Detritus und die Freisetzung des gebundenen organischen Kohlenstoffs in einem wässrigen Ökosystem.

Neely, R. K.: Evidence for positive interactions between epiphytic algae and heterotrophic decomposers during the decomposition of *Typha latifolia*. *Archiv f. Hydrobiol.* 129, 443–457 (1994).

H.-F. Linskens, Nijmegen (Niederlande)

# Nachricht

## Mikroskopierwoche auf Helgoland vom 18.4.-22.4.1994

1992 fand die erste Mikroskopierwoche der Berliner Mikroskopischen Gesellschaft in Berlin-Spandau statt. Sie fand weit über den Berliner Bereich hinaus Anklang. Im vergangenen Jahr lud die Berliner Mikroskopische Gesellschaft zu einer Mikroskopierwoche auf Helgoland ein. Wir hatten das Glück, einen der begehrten Arbeitsräume in der Biologischen Anstalt Helgoland benutzen zu dürfen. Den etwa 30 Teilnehmern und Teilnehmerinnen stand je ein Arbeitsplatz zur Verfügung, ausgerüstet mit Mikroskopen, Stereolupen und allem erforderlichem Mikroskopierzubehör.

Am Montagnachmittag eröffnete der Präsident der Berliner Mikroskopischen Gesellschaft Prof. Dr. Klaus Hausmann die Arbeitswoche. Er stellte das Kursprogramm vor und verwies auf die ausgelegte Fachliteratur und die zur Benutzung ausgewählte Bibliothek. Den ganzen Tag über und auch abends durften wir im Arbeitssaal mikroskopieren; frisches Untersuchungsmaterial aus dem Meer stand immer zur Verfügung. Dr. Bruno Kremer begleitete den Arbeitskurs als Referent, Exkursionsleiter und als Berater in allen Fachfragen.

Die Insel war für die meisten von uns, die wir aus den verschiedensten Gebieten Deutschlands und der Schweiz kamen, Neuland. Mit Referaten wurde uns die erdgeschichtliche, paläontologische, geologische und die noch gegenwärtig aktive erosionsbedingte Entwicklung der Insel erklärt. Wir hatten umfangreiche Möglichkeiten, die Mikroskopie einzusetzen.

An den ersten drei Tagen faszinierten uns die Exkursionen entlang der Westseite, der steilen Felsenküste mit dem Vogelfelsen, über das Felsenwatt bei Niedrigwasser und dem Sandstrand entlang auf der vom Festland abgetrennten Düne. Exkursionsleiter Dr. Kremer wußte – kaum übertrieben – bei jedem Schritt uns auf interessante Beobachtungen im und am Gestein, auf typische Pflanzen, auf Versteinerungen und paläontologische Reste aufmerksam zu machen. Nicht zuletzt gab er – ornithologisch versiert – viele wissenschaftliche Erkenntnisse zu den momentan großen Vogelkolonien an den Felsen an uns weiter. Nachmittags hatten

wir Gelegenheit, unsere Funde unter dem Mikroskop anzuschauen und zu bestimmen. Ein ganz großer Hit war das Präpieren der großen Rot- und Braunalgen auf Papier; ohne Kommentar: einfach schön.

Zu Hause realisierte ich, daß die Insel und das Plankton aus dem Meer unmöglich in einer knappen Woche erfaßt werden kann. Und doch schaute ich zuversichtlich meine kleine Sammlung an, selbst aufgelesene Funde, wie jeder von uns sie mitgenommen hat: Auf Papier aufgezogene Rot- und Brauntange, ein kleiner Karneol, ein Kupfermineral, kreisförmig im Buntsandstein sich ausbreitend, eine auf einer Alge aufgewachsene Bryozoenkolonie als Skelett, ein kaum noch erkennbarer versteinerter Seeigel, ein Stück Buntsandsteinplattet mit fossilen Wellenfurchen, den Spuren der Meeresbewegung.

Leider erhielten wir etwas zu wenig Anleitung, um das Meeresplankton zu bestimmen. Obwohl viele Kursteilnehmer und -teilnehmerinnen mikroskopische Erfahrungen von hohem Niveau hatten, eifrig die Bücher konsultierten und untereinander diskutierten, fanden sie zu den marinischen Wesen und den ökologischen Zusammenhängen nur unbeholfen Zugang.

Diese Tatsache ist ein markanter Beweis dafür, daß – bildlich gesprochen – jedes noch so gute Orchester einen Dirigenten braucht. Ich muß



**Abb. 1: Die Ankunft auf Helgoland mit einem der weithin bekannten Bördebooten.**  
**Foto: Günter Beyer-Meklenburg, Berlin.**

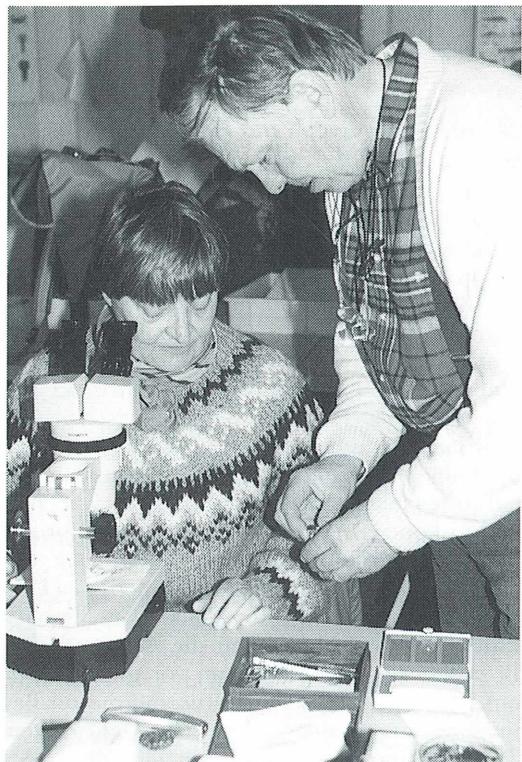
erwähnen, daß wir es sehr bedauert haben, daß die beiden Kursleiter die Arbeitswoche aus beruflichen Gründen vorzeitig verlassen mußten. Ohne Zweifel schließt dies Bedauern einen großen Dank an Prof. Dr. Klaus Hausmann und Dr. Bruno Kremer ein und ist ein Beweis, wie sehr wir ihre didaktischen Fähigkeiten, ihr Wissen und ihre menschliche Anteilnahme schätzen.

Dieser Vorfall veranlaßt mich zu folgender Überlegung: Ich könnte mir vorstellen, daß andere Biologen, Zoologen, Geologen, die noch nicht zeitlich überbeansprucht sind, aufmerken und erkennen, daß sie hier innerhalb eines sehr interessierten Kreises ein sinnvolles Aufgabengebiet vorfinden. Es gibt viele, die durch ihr Hobby Mikroskopieren in den verschiedensten Bereichen ein Wissen und eine Spezialisierung erlangt haben, wovon auch Wissenschaftler profitieren können. Diese Arbeitswochen sind auch wichtig für all diejenigen, die wegen zu großer Entfernung nicht aktiv in einer Mikroskopiergruppe integriert sein können.

Sicherlich würde eine zweite Studienwoche auf Helgoland sehr begrüßt, z.B. mit dem brisannten Thema, wie wirkt sich der komplexe anthropogene Eingriff auf das Meeresplankton aus, also ein Kurs nur über Meeresplankton.



**Abb. 2: Intensive Arbeit im Kursraum der Biologischen Anstalt Helgoland.**  
Foto: Günter Beyer-Meklenburg, Berlin.



**Abb. 3: Es gab viel zu diskutieren.**  
Foto: Günter Beyer-Meklenburg, Berlin.

Nicht zufällig hat die BAH hier ein großes Forschungsinstitut mit Schwerpunkten: Meeresverschmutzung, biologische Austauschvorgänge im Wattenmeer und Taxonomie mariner Organismen. Natürlich ist die vorbereitende Arbeit für eine Mikroskopierwoche sehr groß, gerade auch die im Hintergrund geleistete organisatorische Arbeit. Darum sei dem gesamten Vorstand der Berliner Mikroskopischen Gesellschaft für ihren Einsatz gedankt. Nützlich zu wissen: Die Biologische Anstalt Helgoland unterhält eine Materialversorgung von konserviertem und lebendem marinem Material. Ein Katalog kann angefordert werden.

Verfasserin: Annette Meier, In der Ey 33,  
CH-8047 Zürich

# Eine einfache Einrichtung zum Zeichnen mikroskopischer Präparate

Jan-Peter Frahm

**Erst kürzlich wurde das Zeichnen am Mikroskop im MIKROKOSMOS behandelt (Lenzenweger, 1994). Der Autor betonte dabei, daß Zeichnungen von mikroskopischen Präparaten immer noch unabdingbar sind. Im Gegensatz zu Mikrophotographien können besondere Strukturen zeichnerisch akzentuiert werden, und was für die tägliche Praxis fast noch wichtiger ist, die mikroskopischen Präparate brauchen nicht fotogen zu sein, man ist unabhängig von störenden Einschlüssen im Präparat, von nicht optimaler Ausleuchtung, partiellen Abweichungen von der Schärfenebene oder zu dicken Schnitten.**

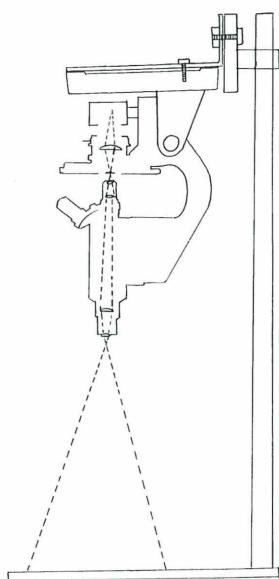
 In dem genannten Beitrag wurde für die Anfertigung von Zeichnungen auf die gebräuchlichen Hilfsmittel wie Zeichenspiegel, Abbescher Zeichenapparat und Zeichentubus verwiesen und ihre Vor- und Nachteile diskutiert. Ein besonderer Nachteil aller dieser Einrichtungen ist, daß das mikroskopische Bild auf den Mikroskopiertisch projiziert bzw. nur ein kleine Zeichenfläche eingespiegelt wird. Die Zeichnungen werden dadurch nicht größer als A4 und müssen dann mit entsprechend großer Genauigkeit und Feinheit ausgeführt werden. Ferner sind größere Objekte nicht auf ein Blatt zu bringen, man muß dann anstückeln. Schließlich ist die Größe der Zeichnung für jede Objektivvergrößerung festgelegt und kann nicht variiert werden, allenfalls durch die Verwendung eines anderen Okulars in der Zeicheneinrichtung.

Eine Abhilfe können da zwei andere Zeicheneinrichtungen schaffen, bei denen ein beliebiger Abbildungsmaßstab erreicht werden kann. Eine genügend starke Lichtquelle vorausgesetzt kann man mit Hilfe eines auf einen Geradtubus aufgesetzten Zeichenspiegels oder Projektionsprismas den Lichtstrahl auf eine senkrechte Wand oder besser noch ein Zeichenbrett projizieren. Nachteilig ist, daß eine Verwendung nur in einem absolut abgedunkelten Raum möglich ist und daß eine sehr starke Lichtquelle erforderlich ist. Außerdem steht man sich beim Zeichnen selbst im Licht. Von Vorteil ist dagegen, daß bei Projektion, z.B. an eine Wand, die Größe der Zeichnung frei durch den Abstand der Zeichenfläche variiert werden kann (soweit

es die Stärke der Lichtquelle zuläßt). Auf diese Weise ist es möglich, Zeichnungen mit einem schwarzen Filzstift in einer Größe von A2 oder sogar A1 anzufertigen. Bei der späteren Verkleinerung erhält man dadurch ausgezeichnete Resultate. Selbst grobe Schraffuren haben dann eine ansprechende Wirkung. Auf diese Weise sind z.B. die hervorragenden Lebermoosillustrationen in der fünfbandigen Lebermoosflora von Nordamerika von R. Schuster zustandegekommen. Ein weiterer Vorteil ist, daß diese Einrichtung relativ preiswert ist.

Bei einem Besuch des Botanischen Instituts der Duke University lernte ich eine andere Möglichkeit zur Anfertigung mikroskopischer Zeichnungen kennen. Seinerzeit wurden dort die Illustrationen für die „Moss Flora of Eastern North America“ von H. Crum und L. Anderson gefertigt. Man benutzte dort ein altes Kursmikroskop, welches umgekehrt (auf dem Kopf stehend) an einem Reprostativ montiert war. Auch die Präparate mußten dementsprechend umgekehrt hängend mit Klammern befestigt werden. Mit Hilfe einer stärkeren Mikroskopleuchte wurde das Präparat durch den Geradtubus auf die darunter liegende Zeichenfläche projiziert. Dies funktioniert nur in einem abgedunkeltem Raum, z.B. in einer alten Besenkammer.

Ein Vorteil ist jedoch, daß diese Zeicheneinrichtung praktisch kein Extrazubehör benötigt. Es ist leicht möglich, Abbildungen in unterschiedlichen Maßstäben anzufertigen, indem man durch Auf- und Abbewegen des Mikroskops an einem Reprostativ zoomt.



**Schema einer einfachen Zeicheneinrichtung, bei der ein Mikroskop mit Geradtubus umgekehrt an einem Reprostativ montiert wird.**

Diesem Vorbild entsprechend baute ich die Anlage (Abb.) nach, die ich vorhandenen käuflichen Zeichentuben vorziehe. Die Montage des Mikroskopes ist sehr einfach, da die alten Mi-

kroskopstative im Fuß ein Gewinde haben, mit dem das Mikroskop im Holzkasten beim Transport mit Hilfe einer Schraube gesichert werden kann. Mit Hilfe eines Metallwinkels aus einem Bastelladen kann man das Mikroskop am Reprostativ befestigen. Die Verbindung einer separaten Niedervoltleuchte mit dem Mikroskopkondensor kann über eine Papprolle entsprechender Länge erfolgen. Steht kein Reprostativ zur Verfügung, kann man das Mikroskop mit dem Winkel in unterschiedlichen Höhen an einer Wand befestigen. Diese Einrichtung entspricht im Prinzip früheren Empfehlungen, ein Mikroskop alter Bauart mit Geradtubus in die Waagerechte zu schwenken und so zur Projektion zu benutzen. In solchem Fall bietet sich ein Diaprojektor als leistungsstarke Lichtquelle an. Jedoch ist das Zeichnen an einer senkrechten Zeichenfläche unbequem. Außerdem steht man sich beim Zeichnen selbst im Licht. Abhilfe schafft da die Projektion auf Transparentpapier, auf dem man von hinten das Bild durchzeichnet, jedoch wiederum in senkrechter Haltung. Die vorgeschlagene senkrechte Ausrichtung des Strahlenganges ermöglicht es hingegen, sehr bequem auf dem Tisch zu zeichnen.

#### **Literaturhinweise:**

Crum, H.A., Anderson, L.E.: *Mosses of Eastern North America*. New York 1981.  
 Lenzenweger, R.: *Das Zeichnen am Mikroskop*. Mikrokosmos 83, 11–16 (1994).

*Verfasser:* Prof. Dr. Jan-Peter Frahm,  
 Universität Duisburg, Fachbereich 6, Botanik,  
 D-47048 Duisburg

## **Alpenpflanzen im Lebensraum**

**Alpine Rasen, Schutt- und Felsvegetation**

**Vegetationsökologische Informationen für Studien, Exkursionen und Wanderungen**

Von Herbert REISIGL, Innsbruck, und Richard KELLER, Augsburg

2., bearb. Aufl. 1994. 149 S., 189 Farbfotos, 86 Zeichnungen mit mehr als 400 Einzeldarstellungen, 58 wissenschaftliche Grafiken, geb. etwa DM 42,– / ÖS 328,– / SFr 46,50

"Das vom Verlag hervorragend ausgestattete Buch erfreut jeden Berg- und Pflanzenfreund, und keiner, der es durchgeblättert oder vor allem auch eingehender studiert hat, wird es unbefriedigt aus der Hand legen. Der sehr angemessene Preis wird sicher zu seiner weiten Verbreitung beitragen."

(Allgemeine Forst- und Jagdzeitung)

## Buchbesprechungen

**Teuscher, E., Lindequist, U.:** *Biogene Gifte*. Biologie, Chemie, Pharmakologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, 1994, 681 Seiten, 379 Farabbildungen, 244 Formeln, gebunden, DM 298,00, ISBN 3-437-30747-9.

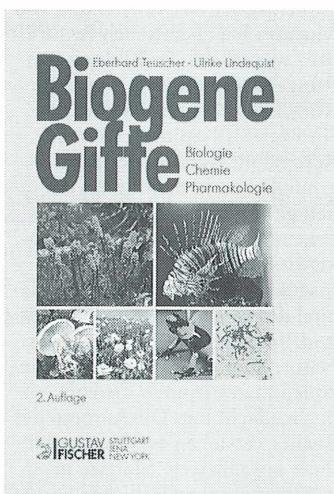
Häufiger als man glaubt, kommt auch der Mikroskopiker mit Organismen in Kontakt, die Stoffe von beachtlicher biologischer Wirksamkeit enthalten. Außer Pflanzen und Tieren setzen auch etliche Mikroorganismen, wie Bakterien oder Pilze, potente Gifte als chemische Waffe

sondern beispielsweise auch die ökologisch und wirtschaftlich gleichermaßen bedeutsamen toxischen Dinoflagellaten, die fallweise in sogenannten Roten Tiden auftreten. Formelbilder stellen rund 2500 verschiedene Gifte vor. Im Unterschied zur Erstauflage bietet das Werk auf 64 Bildtafeln als Erkennungshilfe 379 fotografische Konterfeis giftproduzierender Arten. Insofern ist das gewichtige und äußerst informative Werk gewiß nicht nur für Naturstoffchemiker oder Pharmakologen von besonderem Interesse.

Bruno P. Kremer, Köln

Manche Kapitelüberschriften („Der marodierende Schleim“, „Blutrünstige Pflanzen“) geben sich unerträglich aufreißerisch, andere („Der Geschmackssinn“, „Der Sonnentau“) sind schnarchlangweilig. Die Übersetzung enthält gravierende Fehler (Viren sind keine Prokaryonten!), die Illustrationen sind unverhältnismäßig düftig. Insgesamt ein wenig überzeugendes Werk von gewissem Informations-, aber minimalem Unterhaltungswert.

Bruno P. Kremer, Köln



ein. Der vorliegende Band, die aktualisierte und erweiterte Neuauflage eines erstmals 1987 erschienenen Werkes, bringt in beachtenswertem Maße Ordnung und Übersicht in die Vielzahl der natürlichen Gifte. Gegliedert nach der chemischen Systematik der beteiligten Naturstoffe zeigt es jeweils die zugrundeliegenden Molekülstrukturen und erläutert Besonderheiten der jeweiligen Giftwirkung, wobei nicht nur die organismischen Giftproduzenten der mitteleuropäischen Flora und Fauna im Vordergrund stehen,

**Simons, P.:** *Pflanzen in Bewegung*. Das Muskel- und Nervensystem der Pflanzen. Birkhäuser Verlag, Basel, 1994, 326 Seiten, 63 Strich- und 22 Haltonabbildungen, gebunden, DM 78,00, ISBN 3-7643-2930-0.

Der Autor, Biologe und Wissenschaftsjournalist, stellt in diesem Buch aus der (bei weitem nicht vollständig recherchierten) Fachliteratur eine Fülle von Bewegungsphänomenen kompletter Organismen, ihrer Organsysteme oder ihrer Zellbestandteile vor. Überwiegend rücken Pflanzen in den Vordergrund, vielfach auch Pilze, die nach der Textaussage (S. 22) gar nicht zum Pflanzenreich gehören. Stoffausbreitung und -präsentation entsprechen, obwohl so gar nicht beabsichtigt, weitgehend einem Lehrbuch der Bewegungsphysiologie und sind überlagert vom etwas krampfhaften Versuch, Pflanzen (bzw. Pilze) zu Lebewesen mit verkannter Sensorik (vgl. Untertitel) hochzustilisieren. Ansätze, das durchaus faszinierende Thema kurzweilig darzustellen, sind gründlich mißlungen.

**Schade, K.-H.:** *Lichtmikroskopie*. Technologie und Anwendung. Verlag Moderne Industrie/Leica, Landsberg, 1993, 72 Seiten, 56 Farabbildungen, kartoniert, DM 16,80, ISBN 3-478-93107-X.

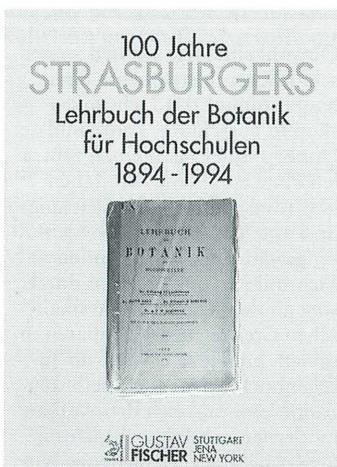
Obwohl eines der ältesten wissenschaftlichen Instrumente überhaupt, nimmt das Lichtmikroskop in Forschung, Lehre und Hobby immer noch einen zentralen Platz ein. Natürlich haben sich Konstruktion und Leistung im Laufe der Jahrhunderte gewaltig gewandelt. Heutige moderne Lichtmikroskope arbeiten durchweg an den technisch-physikalischen Grenzen des Machbaren. In seinem handlichen Werk im Taschenbuchformat beschreibt der Autor kenntnisreich den Aufbau moderner (modularer) Lichtmikroskope, die verschiedenen Mikroskopotypen, das optische System, wichtige Beobachtungs- und Kontrastierungsverfahren sowie den Einsatz des Mikroskopes in Verbindung mit elektronischer Peripherie (PC, Videosysteme u. a.). Die Darstellung ist zwar recht kompakt, aber sehr präzise geschrieben und besticht durch die zahlreichen, durchweg vierfarbigen Funktionsschemata zu den apparativ-konstruktiven Merk-

malen leistungsfähiger Instrumente. So vermittelt das sympathisch informative Buch eine solide Einführung in das nötige Grundwissen zum Aufbau und zum Einsatz des Hochleistungsinstruments Lichtmikroskop.

Tilmann Joel, Bremen

**Moltmann, U. G. (Red.): 100 Jahre Strasburgers Lehrbuch der Botanik für Hochschulen 1894–1994.** Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1994, 168 Seiten, DM 28,00, ISBN 3-437-30768-1.

Der „Strasburger“ ist in der Szene etablierter Lehrbücher ein weithin anerkannter Klassiker, der wohl keiner gesonderten Vorstellung mehr bedarf. Generationen von Studierenden, die den Weg in die Wissenschaft, in den



Lehrberuf oder andere mit der Botanik zusammenhängende Tätigkeitsfelder wählten, hat dieses bemerkenswerte Grundlagenwerk begleitet. Aus Anlaß des 100-jäh-

igen Bestehens dieses erfolgreichen Titels erschien jetzt das Buch zum Buch – eine umfängliche Festschrift, die Hintergrundes, Unterhaltsames und Wissenswertes aus der Geschichte von 33 Auflagen berichtet. Gedanken zum Lehrbuch aus verlegerischer Sicht eröffnen die Beitragsfolge. Bibliographische Übersichten zur Original- und zu den zahlreichen fremdsprachigen Lizenzausgaben dokumentieren die weltweite Geltung des Buches. Nach einer neuen Strasburger-Biographie von Hildegard M. Finke und Kurzporträts aller bisher am Werk mitwirkenden Autoren reflektieren die an der jüngsten Auflage beteiligten Mitglieder des Autorenteams, Peter Sitte, Hubert Ziegler, Andreas Bresinsky und Friedrich Ehrendorfer, über den wissenschaftlichen Wandel in der Botanik aus dem Blickwinkel ihrer jeweiligen Fachrichtung. Eine höchst aufschlußreiche und vergnügliche Lektüre, die eine Menge interessanter Geschichten hinter der Geschichte bietet.

Bruno P. Kremer, Köln

**Deutsch, A. (Hrsg.): Muster des Lebendigen. Faszination ihrer Entstehung und Simulation.** Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden, 1994, 299 Seiten, achtseitiger Farbteil, zahlreiche Schwarz-Weiß-Abbildungen, gebunden, DM 59,00, ISBN 3-528-06546-X

Chaos, Fraktale, Mandelbrot – die Suche nach der Ordnung in der Unordnung. Wohl jeder naturwissenschaftlich Interessierte ist beim Lesen einschlägiger Zeitschriften oder Bücher schon auf diesen relativ jungen Wissenschaftszweig gestoßen. Das vor-

liegende Buch beschreibt Ordnungsmuster und ihre Entstehung in der belebten und unbelebten Natur. Es schlägt dabei einen Bogen von biologischen, über physikalische bis hin zu chemischen Phänomenen. Mit Hilfe der Theorie vom „Zellulären Automaten“ wird beispielsweise die Selbstorganisation eines Insektenstaates untersucht. Simulationsexperimente verdeutlichen, wie es zu den charakteristischen Wabenmustern eines Bienenstocks kommt und wie stabil sich das zelluläre Automatenmodell gegenüber möglichen Störungen verhält.

Selbstorganisation findet man jedoch auch bei Bakterien. Was veranlaßt Bakterienkolonien, in regelmäßigen Verzweigungen zu wachsen? Lassen sich die Muster vorhersagen? Der Entstehung von Mustern bei chemischen Reaktionen, wie sie bei der Bildung von Runge-Bildern oder Liesegang-Ringen zu beobachten sind, ist ein weiteres Kapitel gewidmet. Rezepte im Anhang des Buches ermöglichen es dem Leser, die neu gewonnenen theoretischen Erkenntnisse sogleich in der Praxis zu überprüfen.

Insgesamt zeigen die dreizehn Kapitel des Buches die Komplexität und Vielfalt von Mustern in der Natur, über deren Ordnungsprinzipien man oft noch niemals nachgedacht hat. Die Autoren des Buches verstehen es, den Lesern diese komplizierte Materie in größtenteils verständlicher Form nahezubringen. Der mathematischen Formelwelt wird in den einzelnen Kapitel unterschiedlich stark Rechnung getragen. Ein Glossar hilft beim Verständnis vor allem biologischer und physikalischer Fachausdrücke. Das Buch dürfte ein spannender Lesestoff für alle diejenigen sein, die Einblick in theoretische Aspekte der Natur gewinnen möchten.

Annett Burzlaff, Berlin

# Aus den Arbeitsgemeinschaften

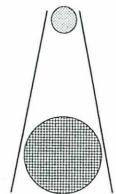
## Mikrobiologische Vereinigung Hamburg

### Programm Januar bis März 1995

- 10.1.: 18.30 Uhr Herr Walter Steenbock, Hamburg: „Diavorführung von Diatomeen und anderen Mikroorganismen“
- 20.1.: 18.00 Uhr Praktikum  
Mikro 20.00 Uhr Herr Dr. Tassilo Feuerer, Institut für allgemeine Botanik, Universität Hamburg: „Neueste Entwicklung der Forschung über Flechtenchemie und -anatomie“
- 7.2.: 18.30 Uhr „Mikrophotographie in Theorie und Praxis“
- 17.2.: 18.00 Uhr Praktikum  
Mikro 20.00 Uhr Herr Dr. Heinz Hohenberg, Heinrich-Pette-Institut, Hamburg, Abt. Elektronenmikroskopie: „Hokosai – oder die Kunst, Zellen lebensnah im Elektronenmikroskop abzubilden“
- 7.3.: 18.30 Uhr Freier Arbeitsabend
- Plank-tongr.
- 24.3.: 18.00 Uhr Praktikum  
Mikro 20.00 Uhr Herr Hermann Valentiner, Hamburg: „Mikrofossilien“
- 4.4.: 18.30 Uhr Freier Arbeitsabend
- Plank-tongr.
- 21.4.: 18.30 Uhr Praktikum  
Mikro 20.00 Uhr Herr Heinz Pfaff, Hamburg: „Bienen und ihre Krankheiten unter dem Mikroskop“

Treffpunkt: Gymnasium Meiendorf, Schierenberg 60e. Weitere Informationen bei Christina Kaeser, Rupertistraße 7a, 22609 Hamburg, Tel.: 040/82 61 18.

## Mikrobiologische Vereinigung München e.V.



### Programm Januar bis Juli 1995

- 11.1. J. Hieber: Biologie und Anatomie des Aronstabes.
- 25.1. Dr. H. Heywang: Bionik, die Brücke von der Natur zur Technik, begründet von R. H. Francé.
- 8.2. M. Orlik und D. Sagan: Selektive Kernfärbung: Nuklear-Reaktion nach Feulgen auf Aldehyde, Bericht über eine Facharbeit im Gymnasium.
- 22.2. Dr. F. Sauer: Freilebende Amöben. Vortrag mit Lichtbildern.
- 8.3. M. Schubert: Liquor cerebrospinalis.
- 22.3. T. Kasalicky: Flechten.
- 12.4. Mitglieder zeigen ihre schönsten Dias.
- 26.4. S. Hoc: Mykorrhiza – Symbiose unter Lupe und Mikroskop.
- 20.5. S. Hoc: Exkursion in die Maisinger Schlucht bei Pähl.
- 24.5. H. Haberl: Desmidiazeen.
- 24.6. S. Hoc: Exkursion: Wanderung von Bad Tölz nach Holzkirchen durch Ellbachmoor und am Hackensee entlang. Einkehr im Kloster Reutberg.
- 5.7 R. Wilfart: Vorführung von Filmen über Mikroskopische Objekte.
- 22.7 S. Hoc: Exkursion zum Heinrichsgraben bei Greding.

Alle Veranstaltungen finden im Seminarraum 04 (Untergeschoß des Neubaus) der TU München in der Lothstr. 17 (hinter dem ehemaligen Zeughaus) statt. Haltestelle Lothstraße der Straßenbahnlinie 20. Zugang von der Dachauer oder von der Heßstraße. Gäste sind zu allen Veranstaltungen herzlich willkommen. Beginn pünktlich 19.30 Uhr.

Geschäftsanschrift: Mikrobiologische Vereinigung München e.V., z.H. Klaus Henkel, Auf der Scheierlwiese 13, 85221 Dachau, Tel. 0 81 31/64 04.

# Mikro-Markt

**Kleinanzeigen im MIKRO-MARKT** kosten DM 20,- (bis 20 Worte); jedes weitere Wort DM 1,-, Chiffregebühr DM 5,-. Senden Sie Ihren Anzeigenauftrag an den: GUSTAV FISCHER VERLAG, Anzeigenabteilung, Postfach 7201 43, 70577 Stuttgart.

Verkaufe **Zeiss-Standard 18 RA** 5-fach Revolver, Binokular, Tisch mit Kreuzführer, Klappkondensor 0,9, 6V/15W Einstekkleuchte mit oder ohne Optik Chiffre 195-1

— **Suche Präparate** der Honigbiene. Interne und externe Organe von Arbeiterinnen, Königinnen und Drohnen. Angebote an: H. Thomas, Zeppe- linstr. 31, 8057 Zürich

**Zeiss (West)-Mikroskop KF 2**, m. Halog.-Bel., Kreuztisch und Binok. Tubus, Achr. 10x u. 40x Ph, Phako-Kond., 2 WW-Okularen 10x, DM 1600,-, dazu 2 Okul. KPL 16 DM 200,-

**Zeiss (Jena)-Objekt.** für Tubus unendlich: Planachr. HI 100/1, 3 DM 350,-, Plan 63/0.8 DM 300,-, Plan 25/0.5 DM 300,-, Okulare PK 8x je DM 100,-

**Leitz** Achr. 6/0.18 DM 150,-, 3.2/0.1 Pol LD DM 180,-

**Lomo**-Objekt. TL 45 mm: Planapo 100/1.25 Öl DM 200,-, Planapo 60/0.85 DM 180,-, Tel. 089/57 41 01

Suche **Zeiss-Objektive**, plan/plan-apo, Auflicht u. Durchlicht, Interferenzkontrast. Tel.: 07121/22443

**Mikroblitzeinrichtung**, professioneller Bauart mit Irisblende und Kollektor (Köhlersches Beleuchtungsprinzip), für fast alle Mikroskope geeignet. Besonders für Zeiss Axiolab, Axioskop, Axioplan aber auch ältere. Gerät kann während der Beobachtung ständig angeschlossen bleiben (halbdurchlässiger Spiegel). Dr. Norbert Lange, Am Südhang 14, 57074 Siegen

Suche Zeiss Plan-Neofluar Phase 63/0,90 Korr.Ph 3, Kpl.-Okular 20x oder 25x paarweise oder einzeln, **Achromatisch-aplanatischer Phasen- u. Interferenzkontrast Kondensor, Interferenzkontrast-Schieber** mit Objektivzwischenring, neuwertig bzw. sehr gut erhalten. J. Rudnicki, Hans-Fritz-Weg 24, A-8010 Graz, Tel. A-03 16/38 62 01

**Mikroskopische Präparate** aus Zoologie und Botanik in **bester Qualität direkt vom Hersteller**. Wir liefern auch **Semi-Dünn schnitte** (1 µm). Bitte Liste anfordern. **Gelegenheit**: Preise wie vor 30 Jahren! Präparate aus unserem Lager zu DM 2,50 pro Stück, solange der Vorrat reicht. Labor f. mikroskop. Technik u. mikroskop. Fotografie Ingrid Neureuther, Brentanostr. 7 a, 85055 Ingolstadt, Tel.: 08 41/5 43 98. FAX: 08 41/5 68 53

Suche für **Leitz Laborlux-S-Mikroskop** Universal-kondensor UKA A 0.90 komplett sowie Fluoreszenz – Filterblöcke A, D, I3. Tel.-Nr. 0221/68 55 41

**Sonderpreise Apochromate** Tubus L 160. Planachromat 9x0,20, DM 95,-, Wasser-achromat 40 x 0,75, -DM 160,-, Öl-apochromat 90 x 1,30, DM 190,-. **Russen-Direkt-Import/Preiswerte Geräte für jeden Geldbeutel**: Forschungs-Stereo-Mikroskop, Bauj. 94, Niedervolt-Punkt-Beleuchtung, Durch- und Auflichtsockel, 4linsiges Frontobjektiv, 5fach Schaltwalze, 4,8–56fach, ausbaufähig bis 196fach, DM 610,00. Labormikroskop monokular DM 410,00/Binokular DM 690,00. Transportables Stereo-Mikroskop 8,75fach DM 150,00. Köhlersche Beleuchtung kompl. DM 220,00. Kollector-Standleuchte 8V/20W N.V. DM 160,00. Phasenkontrasteinrichtung DM 540,00. Halogen-Ringbeleuchtung mit Trafo DM 455,00. Fototubus für Stereo-M. DM 445,00. Okularschraubenmikrometer DM 290,00. K-Okulare 7/10 DM 50,00, 15/20 DM 70,00. Achromate 40 x 0,65 DM 50,00. 90 x 1,25 DM 95,00. Apochromate fragen Sie nach Sonderpreisen. Biologisches Forschungsmikroskop, Planapochromatisch, 21 KG, Durch- und Auflicht, komplett DM 4.700,00. Operations-Stereo-Mikroskop, Elektrozoom/Elektrofocus DM 5.900,00. Infra-Rot-Mikroskop DM 5.500,00. Metall-Mikroskop DM 1.700,00. Langner-Voss, 45894 Gelsenkirchen, Tel/FAX 02 09/39 47 45.

Verkaufe Objektiv **Zeiss-Planapochromat**, Ph 3, 100/1,3 Öl, Preis VHS, Tel.: 0431/78 23 48.

3 **Mikroskope** (2 Stereo/1 Mono) zu verkaufen. Näheres 061 81/5 3087

**Anwender aufgepaßt!** Handgefertigte Micro-Präzisionswerkzeuge für alle Arbeiten unter dem Mikroskop. Möchten Sie mehr wissen? Ing.-Büro für Lasertechnik, Nerotal 16, 65193 Wiesbaden, Tel.: 06 11/59 01 15. FAX: 06 11/59 06 35

**Leitz Objektive** für Tubuslänge 170 mm: NPL, teilw. Phaco, sowie Plan FL 10, Plan 25, Plan 40 sowie **Plan Apo** 6,3 und **Plan Apo** 100 Hellfeld. Für Tubuslänge 160 mm NPL Fluotar 10 PH, 40 Ph. **Okulare** Ø 30 mm 10x, 25x, 32x sowie Okulare PPGF 10x und 12,5x zu verkaufen. Tel.: 040/5 20 21 07

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 maschinenschriftlich 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 Plazierung der Abbildungen und Tabellen angeben. Computergeschriebene Manuskripte bitte entsprechend einrichten. Am Ende des Manuskriptes steht die vollständige Autorenadresse.

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

4. Bildvorlagen sind Farbdias (für die sw-Reproduktion) jeglicher Größe, kontrastreiche sw-Fotos und druckfertig gezeichnete Strichzeichnungen (Graphiken, vorzugsweise in tiefschwarzer Zeichentusche angelegt). 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 Korrekturfahnen des Beitrags wieder zurückgesandt.

6. Literaturzitate in alphabetischer Reihenfolge nach folgendem Schema anordnen:

Zitate von Zeitschriftenbeiträgen:

Kappel, T., Anken, R.H.: Zur Biologie des Schwerträgers *Xiphophorus helleri*. Mikrokosmos 81, 241–244 (1992).

Buchzitate:

Schwoerbel, J.: Einführung in die Limnologie. 5. Aufl., UTB 31, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1984.

Zitate von Buchbeiträgen:

Caspers, N.: Die Insektenfauna im unteren Hochrhein und im Oberrhein – Stand Sommer 1987 In: Kinzelbach, R., Friedrich, G. (Hrsg.): Biologie des Rheins, S. 349–359. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1990.

7. Jeder Autor erhält von seinem Beitrag vor dem Druck eine Korrekturfahne zum Gegenlesen. Korrekturen müssen sich auf Satzfehler beschränken. Umfangreiche Textnachträge oder Umstellungen (Autorenkorrekturen) 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 sowie ein Belegheft.

9. Der Verlag honoriert jede volle Druckseite mit DM 50,–, Kurzbeiträge bis zu einer halben Druckseite mit DM 25,– und Farbmikrofotos, die auf der Titelseite erscheinen, mit DM 100,–.

10. Text- und Bildbeiträge bitte einsenden an Redaktion MIKROKOSMOS

Prof. Dr. Klaus Hausmann  
Zoologisches Institut der Freien Universität  
Königin-Luise-Straße 1–3  
14195 Berlin

(Manuskripte zu zoologischen Themen);  
oder an  
Redaktion MIKROKOSMOS  
Dr. Bruno P. Kremer  
Johann-Henk-Straße 35 a  
53343 Wachtberg  
(Manuskripte zu botanischen Themen).



Mikrokosmos

Heft 1/95

1 Bote(6)

300229

Bibliothek des ÖÖ. Landesmuseum

Museumstraße 14

4020 Linz

Fiedler/Lieder

**Mikroskopische**

**Anatomie der Wirbellosen**

Ein Farbatlas. Von Prof. Dr. K. Fiedler,  
Bibergemünd und J. Lieder, Ludwigsburg.

1994. X, 238 S., 246 farb. Abb., kt. DM 54,-

Dieser Farbatlas zur mikroskopischen Anatomie behandelt ausgewählte Tiergruppen der Wirbellosen in systematischer Reihenfolge von den Schwämmen bis zum Lanzettfischchen. Die farbigen Abbildungen erlauben – im Gegensatz zu Schwarzweiß-Abbildungen – den unmittelbaren Vergleich mit den gefärbten mikroskopischen Präparaten und erleichtern dadurch ganz entscheidend Verständnis und Interpretation der Anatomie und Histologie.

Standardobjekte zoologisch-mikroskopischer Praktika, wie Ascaris, Lumbricus, Hirudo, Helix, Astacus und Branchiostoma, werden bevorzugt dargestellt. Von jedem Objekt werden mehrere Organe behandelt; Kurzbeschreibungen der Baupläne der entsprechenden Taxa erleichtern dabei die Orientierung. Spezielle Informationen zur Funktion der Organe und ein umfangreiches Literaturverzeichnis ergänzen das Werk. Dieser Farbatlas stellt insbesondere für Studierende der Biologie, aber auch für Hobbymikroskopiker eine ausgezeichnete Mikroskopierhilfe dar.

