

II P0342/81,3

www.urbanfischer.de/journals/mikrokosmos

F 20582

# MIKROKOSMOS



URBAN & FISCHER

Mai 2002  
91. Jahrgang  
Heft 3  
ISSN 0026-3680





# MIKROKOSMOS

## Zeitschrift für Mikroskopie

Herausgegeben von Klaus Hausmann (Berlin) v.i.S.d.P.  
Redaktionsassistentin: Renate Radek (Berlin)

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

## Inhalt

### Artikel

- 129** Fadenalgen in schwefelsauren Tagebaurestseen  
*Wolfgang Jacob*
- 135** Die heiligen Feuer des Antonius – Der Mutterkornpilz *Claviceps purpurea*  
*Michael Miedaner*
- 145** *Lacinularia flosculosa* – Ein koloniebildendes Rädertier  
*Peter Bigorajski*
- 152** Wie schleift man Mikrofossilien?  
*Friedrich Thormann*
- 155** Parasitoide in Eikokons spinnenfressender Spinnen  
*Oliver-D. Finch*
- 159** Hot Spot – ein heißes Thema  
*Klaus Henkel*
- 163** *Tropidoatractus acuminatus* – Ein Ciliat mit vielen Formenvarianten  
*Philipp Mayer und Martin Kreutz*
- 167** Ein Fall für den Hammer – Wie seinerzeit Carl Zeiss mit mangelhaft gefertigten Mikroskopen zu verfahren wusste  
*Klaus Hausmann*
- 170** Zur Bewegung von Diatomeen  
*Peter Hippe*
- 175** Nelson- und Köhler-Beleuchtung und davon abgeleitete Beleuchtungsverfahren  
*Gerhard Göke*
- 183** Die Xerox-Vergrößerungs-Mikroskopie (XVM)  
*David P. Cann und Phillip Pruna*

### Rubriken

- 144, 184**  
Nachrichten
- 151**  
Mikro-Ufo
- 169, 174, 181, 185**  
Kurze Mitteilung
- 173**  
Neue Medien
- 186**  
Aus der Industrie
- 187, 188, 189**  
Buchbesprechungen
- 190**  
Aus den Arbeitsgemeinschaften
- 191**  
Mikro-Markt
- 192**  
Impressum

Im elektronischen MIKROKOSMOS-ARCHIV  
(<http://urbanfischer.de/journals/mikrokosmos/archiv/htm>)  
wird mit dem Erscheinen dieses Heftes ein Artikel aus dem Jahrgang 19 (1925/26)  
über das Mikroskop im Dienste der Gesundheitspflege wiedergegeben.

Das jeweils neueste Inhaltsverzeichnis können Sie jetzt auch kostenlos per e-mail (ToC Alert Service) erhalten.  
Melden Sie sich an: <http://www.urbanfischer.de/journals/mikrokosmos>

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

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

Umschlagabbildung: Mutterkornpilz *Claviceps purpurea* längs, Stroma mit Perithecien. Siehe Artikel M. Miedaner, S. 135–144



# Fadenalgen in schwefelsauren Tagebaurestseen

Wolfgang Jacob

Vom zeitigen Frühjahr bis zum späten Herbst sind Fadenalgen in vielen Gewässern kaum zu übersehen, strähnige Matten oder grüne blasige Oberflächenschichten beeindrucken durch hohe Vitalität, sie sind aber in künstlichen Gewässern oft nicht beliebt. Anders ist das Erscheinungsbild der Fadenalgen in schwefelsauren Tagebaurestseen. Deren Wasser ist kristallklar und scheinbar kaum belebt. Zarte grüne oder gelbgrüne watteähnliche Schwaden, etwas häufiger auf verockertem Grund oder am manchmal kargen Schilf hängend, das ist schon das Günstigste, was der Naturfreund hier beobachten kann. Manchmal befinden sich auch nur kurze Fadenstücke in den Netzproben. Hier ist dann zwischen regelmäßigen Funden und nur zufällig eingeschwemmten Stücken zu unterscheiden und unter Umständen eine Weiterzucht im Fundwasser zu versuchen.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Fadenalgenfunden in Ufergebieten von schwefelsauren Tagebaurestseen der Niederlausitz (Abb. 1). Die beschriebenen Algen stammen aus den Restseen Koschen (pH ~3,0, 5,2 km<sup>2</sup>, ~25 m Tiefe), Sedlitz (pH 2,8, ~7 km<sup>2</sup>, >10 m Tiefe), ferner aus Restseen (R) bei Grünewalde (R 117, pH 2,9) und bei Weißwasser (Qualisch, pH 3,1). Es wurden jeweils Sammel-, Grund- und Netzproben in Ufernähe genommen und bei Bedarf unter pH-Kontrolle im Fundwasser weiter beobachtet. Die Beobachtungen erfolgten mit Hilfe eines Lichtmikroskops der Firma Novex. Für die Aufnahmen wurde Kodak 64T Kunstlichtfilm verwendet. Die Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus, Forschungsstelle Bad Saarow, stellte freundlicherweise einige Proben aus tieferen Wasserschichten zur Verfügung (>5 m, R 117), die keine grundsätzlich anderen Ergebnisse erbrachten.

## Vorkommen von Fadenalgen

Fadenalgen konnten ganzjährig, auch als Eiseinschluss, aber mit deutlichen Maxima im Mai oder September/Okttober beobachtet werden. Innerhalb der Beobachtungszeit (1993–2001) war die Jahreshäufigkeit aus manchmal nicht erkennbaren Ursachen recht unterschiedlich. Angaben zu Fadenalgen in schwefelsauren Gewässern sind in der älteren Literatur ausgesprochen selten. Ohle beschreibt 1936 ein Biotop in einem schwefelsauren Tonteich (pH 2,7),

er erwähnt *Ulothrix* als Algengattung, geht aber nicht näher darauf ein. Auf eine *Ulothrix* weist auch Pietsch (1965) in einer Arbeit zu sauren Restseen hin. Lackey (1936) listet in einer Untersuchung zu stark sauren US-Minengewässern zwei Ulotrichales und sechs Zygnematales auf, gibt aber nur *Ulothrix zonata* als konkrete Art an. Lynn und Brock (1969) fanden in schwefelsauren Quellen des Yellowstone-Parks als dominierende Alge *Zygogonium ericetorum*. In einer Arbeit von Jacob und Kapfer (1999), welche die Beobachtungen bis 1998 zum Restsee Koschen zusammenfasste, wurde das Vorkommen von *Zygogonium ericetorum* bestätigt, auch *Klebsormidium* konnte sicher nachgewiesen werden. Andere dort erwähnte Algen bereiteten weiterhin taxonomische Probleme, die Untersuchungen wurden deshalb weitergeführt.

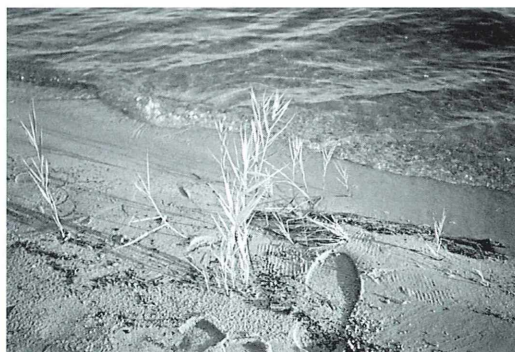


Abb. 1: Ufer eines Tagebaurestsees in der Niederlausitz.



Tabelle 1 listet meine Ergebnisse aus den genannten Restseen auf. Bei der Tabelle ist zu beachten, dass die botanischen Überordnungen mancher Arten wieder diskutiert werden. Bei den aufgeführten *Microspora*-Arten kommt beispielsweise eine Zuordnung zu Microsporales oder Ulotrichales in Frage (Lokhorst, 1999). Eine Objektivierung der Zuordnung wird durch die Anwendung molekularbiologischer Methoden erwartet. Grundsätzlich ist zu bemerken, dass die quantitativen Ausbeuten an Fadenalgen auch bei vergleichsweise günstigem Wuchs gegenüber neutralen Gewässern recht gering sind. Vereinfacht betrachtet begrenzt die geringe Menge an verfügbarem Kohlenstoff die Quantität und der Säuregehalt die Artenzahl. Hierauf wurde schon früher eingegangen (Jacob, 2001).

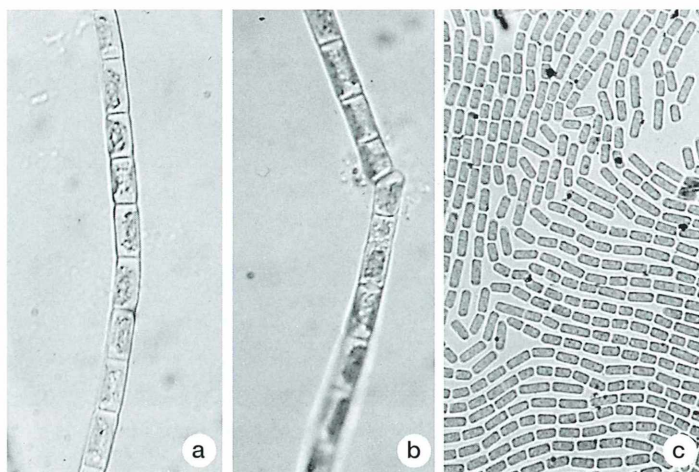
Es folgen Ausführungen zu den gefundenen Algen, wobei die in der Tabelle gewählte Anordnung beibehalten wird.

### *Klebsormidium subtile*

Diese Alge (Abb. 2) bildet stabile Fäden mit einem Durchmesser von 4–5 µm und einer Zelllänge von 12–20 µm. Die zylindrischen Zellwände sind dünn, der randständige Chloroplast besitzt ein meist längliches Pyrenoid. Da die Alge die für die Gattung typische Kniebildung zeigt und in eisenärmerem, neutralen Medium charakteristisch in Einzelzellen zerfällt, konnte sie nach Printz (1964) als *Chlorormidium subtile* bestimmt werden. Ein Vergleich mit weiteren Quellen zeigt aber anschaulich, welchen Veränderungen die Taxonomie derzeit unterliegt. Im Syllabus (Ettl und Gärtner, 1995) wird sie als *Klebsormidium subtile* ausgewiesen, eine spätere Arbeit (Lokhorst, 1996) ordnet sie einer *Ulothrix*-Art zu. Die *Klebsormidium*-Merkmale sind aber recht eindeutig, so dass hier die Syllabus-Einordnung beibehalten wird.

**Tabelle 1: Tabelle der beobachteten Fadenalgen, geordnet nach Zelldurchmesser. Häufigkeit: 1 sehr selten, 5 häufig bis dominierend. Vorkommen: Gr Grünewalde, Ko Koschen, Qu Qualisch, Se Sedlitz.**

Name	Botanische Zuordnung	Fadendurchmesser	Vorkommen	Häufigkeit
<i>Klebsormidium subtile</i>	Charaphyceae	4–5 µm	Gr, Ko, Qu, Se	3
<i>Mougeotiopsis calosperma</i>	Zygnemales	7–8 µm	Gr, Ko	1
<i>Microspora tumidula</i>	Microsporales	8–9 µm	Gr, Ko, Qu,	4–5
<i>Microspora pachyderma</i>	Microsporales	8,5–10,5 µm	Gr, Ko	5
<i>Zygogonium ericetorum</i>	Zygnemataceae	12–20 µm	Gr, Ko, Qu,	5
Unsichere Arten				
<i>Zygogonium</i>	?	12–13 µm	Qu,	2
Alge oder Mooskeim	?	15–35 µm	Ko, Se	1



**Abb. 2: *Klebsormidium subtile*.**  
a Faden, Vergr. 1000fach;  
b Knie-Bildung, Vergr. 1000fach;  
c Fadenzerfall, Vergr. 400fach.



Die Alge wurde von Frühjahr bis Herbst in fast allen untersuchten Restseen stets vergesellschaftet mit *Microspora* oder *Zygonium* gefunden.

### *Mougeotiopsis calospora*

In Proben aus eisfreiem Wasser zu Beginn der Jahre 1999 und 2000 wurden selten Fäden einer Alge gefunden, die einen Zelldurchmesser von 7,6–7,8 µm und Zelllängen von 7–13 µm besaßen (Abb. 3). Da der Zelldurchmesser etwa dem einer *Microspora* entsprach, die Alge auch Endbecher bildete, wurde sie zunächst für eine Jungform von *Microspora* gehalten. Es fiel aber der massive, mittelständige, kaum zum Granulieren neigende Chloroplast sowie auch die recht gleichmäßige Zellform und das Fehlen von H-Stücken auf. Die Alge gleicht weitgehend *Mougeotiopsis calospora* (Kadłbowska, 1984), für die als Fundort auch Brandenburg ausgewiesen wird. Konjugationen konnten nicht beobachtet werden, wohl aber eine Sporulation. Die Alge ist recht selten und hat nur eine geringe Bedeutung im Ökosystem der Seen.

### *Microspora tumidula*

Diese Alge (Abb. 4) bildet sattgrüne, dünne Matten, bedeckt locker den Boden oder haftet an Pflanzenteilen. Sie ist vom Ende des Winters bis zum späten Frühjahr in manchen Restseen die dominierende Fadenalge. Sie wurde auch als Eiseinschluss beobachtet.

Die Alge bildet lange stabile Fäden, der Zelldurchmesser beträgt 8–9,5 µm, die Zelllängen 10–15 µm. Der Chloroplast ist oft perlenförmig granuliert und besitzt kein Pyrenoid. Die Alge bildet Endbecher. Die Zellwand ist dünn und bildet im Alter gelegentlich deutliche Manschetten, die einen Abstand von 4–5 Zellen aufweisen. Stärkenachweise fielen nicht eindeutig aus.

Die Alge entsprach somit fast ideal den Abbildungen von *Bumilleria klebsiana*, die in allen neueren Bestimmungswerken identisch sind und offenbar auf eine Originalzeichnung von Pascher (1932) zurückgehen. Lebendmaterial aus europäischen Sammlungen konnte nicht erhalten werden, um die Bestimmung zu fundieren. So wurde diese Alge zunächst als *Bumilleria klebsiana* angesehen und auch so veröffentlicht (Jacob und Kapfer, 1999). Spätere Literaturvergleiche (Lokhorst, 1999) zeigten eine erhebliche Ähnlichkeit mit *Microspora*-Arten, wozu aber die Manschetten nicht passen. Eine Untersuchung von Lebendmaterial durch Dr. G. M. Lokhorst, Leiden, Niederlande, ergab, dass es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um eine *Microspora tumidula* handelt. Die Manschettenbildung ist möglicherweise als Stressreaktion auf das saure Milieu zu deuten.

### *Microspora pachyderma*

*M. pachyderma* (Abb. 5) bildet grobzellige, nur wenig biegsame Zellfäden von 8,5–10,5 µm Durchmesser. Die H-Stücke sind gut erkennbar, die Zellwand ist dick und zeigt anschaulich die



Abb. 3: *Mougeotiopsis calospora*. a Faden, Vergr. 400fach; b Seitenansicht, Vergr. 1000fach; c Sporulation, Vergr. 400fach.



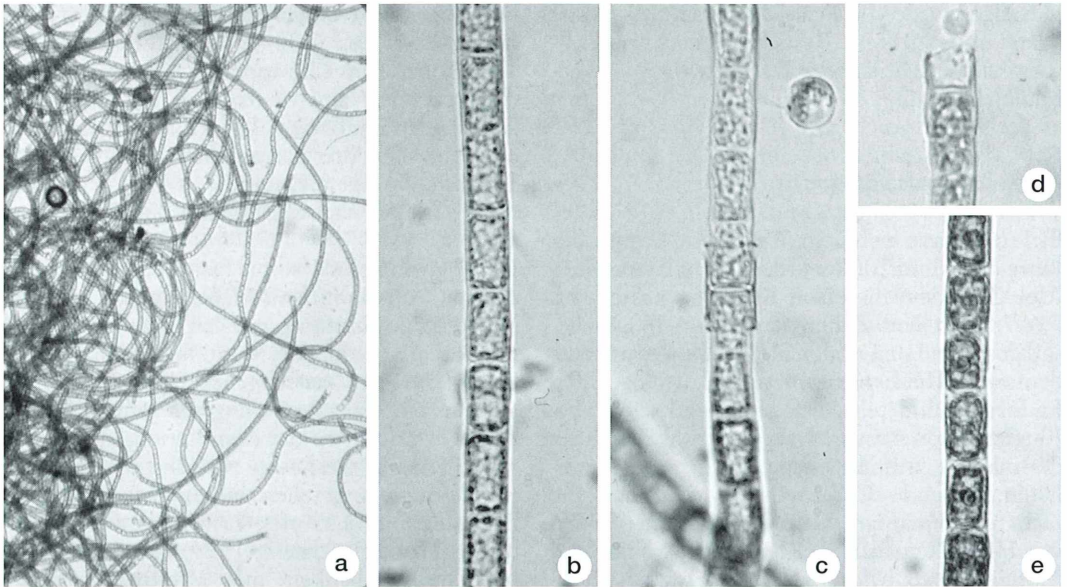


Abb. 4: *Microspora tumidula*. a Übersicht, Vergr. 50fach; b Einzelfaden, Vergr. 1000fach; c Faden mit Einzelmanschette, Vergr. 1000fach; d Endbecher, Vergr. 1000fach; e Faden nach Behandlung mit Lugol'scher Lösung, Vergr. 1000fach.

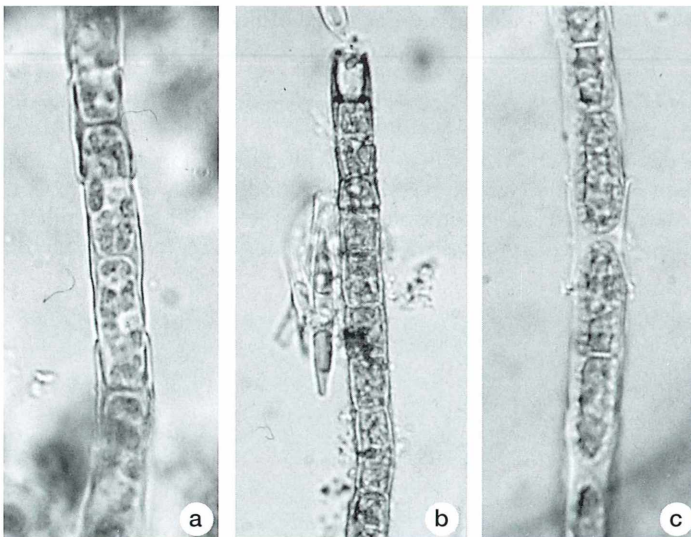


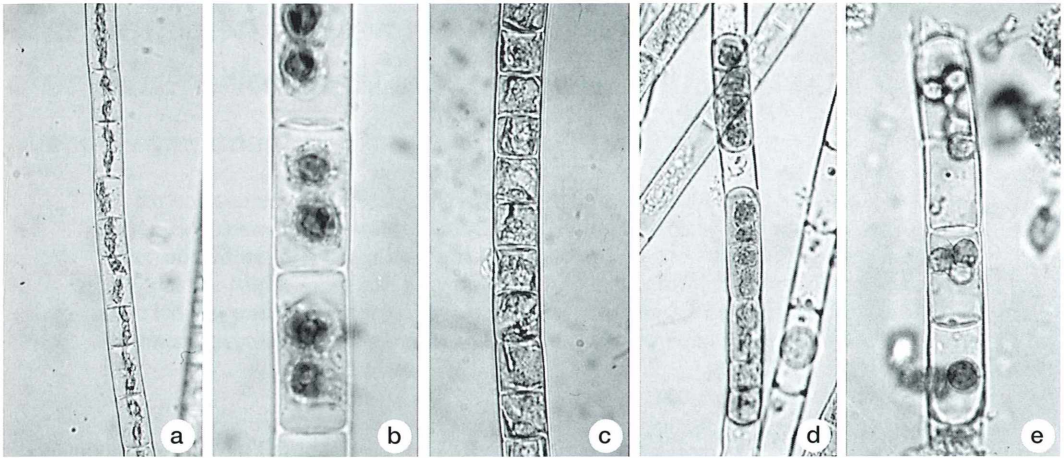
Abb. 5: *Microspora pachyderma*. a Faden; b Endbecher; c Jungfaden; a-c Vergr. 1000fach.

typische Struktur einer *Microspora*-Art. Die Zellwände waren auffallend oft mit Zoogloea bedeckt, so dass bewuchsfreie Exemplare schwierig zu beobachten waren. Die Alge wurde ganzjährig gefunden, blieb aber immer selten.

### *Zygogonium ericetorum*

Das normale Verbreitungsgebiet dieser Alge (Abb. 6) sind Böden vom pH-Wert 3,4–6,0 und, wie oben erwähnt, auch schwefelsaure Gewässer. Sie wurde in den meisten der untersuchten Rest-





**Abb. 6:** *Zygonium ericetorum*. a Seitenansicht, Vergr. 400fach; b Pyrenoide mit Lugol'scher Lösung hervorgehoben, Vergr. 1000fach; c Ruhender Faden, Vergr. 600fach; d und e Sporulation, Vergr. 400- u. 600fach.

seen als dominierende Fadenalge ganzjährig gefunden. Sie bildet grüne oder gelbgrüne Flocken und manchmal etwas schleimige Körper. In den Proben der BTU Cottbus konnte diese Alge in Tiefen unter 5 m gefunden werden. Die Proben enthielten überwiegend vegetativ aktive Fäden von 13–20  $\mu\text{m}$  Durchmesser, vorzugsweise 16  $\mu\text{m}$ , dünner Zellwand, Endbechern und einem gelappten Chloroplasten mit zwei Pyrenoiden. Der mittelständige Chloroplast konnte relativ massiv sein oder auch tief gelappt und durchscheinend dünn. Das Plasma war klar, nach stärkerer Belichtung auch pinkfarben.

In der Natur seltener vorkommend bildet sich in Rückstellproben häufiger ein auch aus der Literatur (Kadłubowska, 1984) bekannter inaktiver Fadenzustand aus, der eine verdickte Zellwand, ein schleimiges Plasma und manchmal Andeutungen von H-Stücken zeigt. Dieser inaktive Fadenzustand ist sehr stabil; in einer Rückstellprobe überlebte er sieben Jahre.

Fadenverzweigungen konnten insgesamt bei dieser Alge wenig beobachtet werden, Konjugationen wurden nicht festgestellt. Sporenbildungen konnten festgehalten werden (Parthesporen?).

### Noch nicht bestimmte Arten

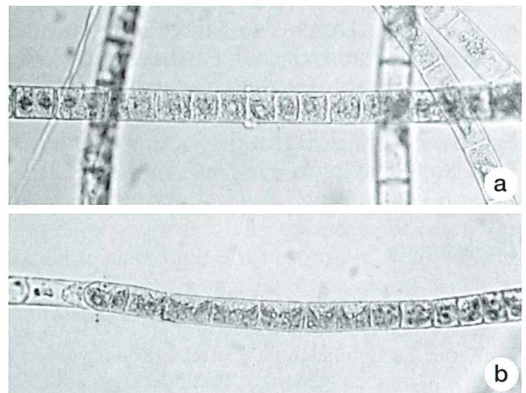
#### *Zygonium*

In bisher nur einem der untersuchten Restseen fanden sich selten *Zygonium*-ähnliche Fäden (Abb. 7) mit einem mittelständigen, wannen-

förmigen Chloroplasten mit nur einem Pyrenoid. Der Fadendurchmesser betrug 12–13  $\mu\text{m}$ . Die Fäden waren unverzweigt. Da die Alge stets mit *Zygonium ericetorum* vergesellschaftet vorkommt, liegt die Vermutung nahe, dass es sich um eine durch das saure Medium bedingte Kümmerform von *Zygonium ericetorum* handelt. Erstaunlich ist aber, dass sie bisher nur in einem der untersuchten Restseen gefunden wurde.

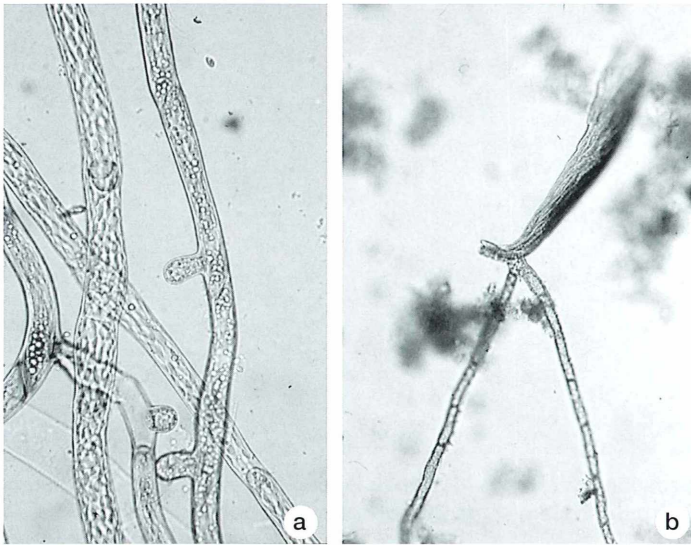
#### Mooskeimähnliche Alge

In einer früheren Arbeit (Jacob, 2001) wurde schon auf eine exotisch wirkende Alge hingewiesen und eine offensichtliche Ähnlichkeit mit *Heterococcus*, aber auch zu dem Vorkeim des



**Abb. 7:** *Zygonium*-ähnliche Alge. a Faden; b Seitenansicht. Vergr. 400fach.





**Abb. 8: a Mooskeimähnliche Alge, Vergr. 400fach; b Echter Mooskeim mit Spross, Vergr. 200fach.**

Mooses *Drepanocladus fluitans* festgestellt. Inzwischen konnte ausgeschlossen werden, dass es sich um *Heterococcus* handelt, aber auch die Vorkeimversion konnte nicht belegt werden. Im schwach sauren Medium (pH 5) bildeten sich akinetenähnliche Körper, aber keine Moospflanzen, während sehr ähnlich aussehende echte Mooskeime nach wenigen Wochen deutliche Knospen zeigten (Abb. 8). Die Untersuchungen werden, wenn möglich unter Einbeziehung interessierter Experten, fortgesetzt.

### Zusammenfassung

In schwefelsauren Tagebaurestseen werden eine Reihe von sonst oft sehr seltenen Fadenalgenarten gefunden. Durch den Säuregehalt und das geringe Nährstoffangebot ist deren Artenzahl und Menge stark begrenzt. Wenn auch die Biomasseproduktion dieser Algen recht gering ist, haben sie aber sicher in den Seen einen festen Platz im Ökosystem.

### Danksagung

Es sei an dieser Stelle der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbauverwaltungs-gesellschaft mbH als Eigentümer der untersuchten Restseen für das vielfache Entgegenkommen gedankt. Besonders gedankt sei auch Herrn Dr. G. M. Lokhorst, Leiden, Niederlande, für seine Hilfe bei der Bestimmung der *Microspora*-Art.

### Literaturhinweise

- Ettl, H., Gärtner, G.: Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1995.
- Jacob, W.: Kiefernpollen als Nährstoffquelle für Plankter in einem extrem sauren Tagebaurestsee. *Mikrokosmos* 90, 301–306 (2001).
- Jacob, W., Kapfer, M.: Morphologie und Taxonomie von Fadenalgen im sauren Tagebaurestsee Koschen (Lausitz, Brandenburg). *Lauterbornia* 35, 71–80 (1999).
- Kadłubowska, J. Z.: Conjugatophyceae, 1. Teil Zygnemales. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heyning, H., Mollenhauer, D. (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1984.
- Lackey, J. B.: Aquatic life in water polluted by acid mine waste. *Public Health Reports* 54, 740–746 (1936).
- Lokhorst, G. M.: Comparative taxonomic studies on the genus *Klebsormidium* (Charophyceae) in Europe. *Cryptogamic Studies* 5, 1–129 (1996).
- Lokhorst, G. M.: Taxonomic study of the genus *Microspora* Thuret. *Algological Studies* 93, 1–38 (1999).
- Lynn, R., Brock, T. D.: Notes on the ecology of a species of *Zygogonium* (Kütz.) in Yellowstone National Park. *Journal of Phycology* 5, 181–185 (1969).
- Ohle, W.: Der schwefelsaure Tonteich bei Reinbek. *Archiv für Hydrobiologie* 30, 604–662 (1936).
- Pietsch, W.: Erstbesiedlungs-Vegetation eines Tagebaurestsees. *Limnologica* 3, 177–222 (1965).
- Printz, H.: Ulotrichales. *Hydrobiologica* 24, 1–376 (1964).

**Verfasser:** Wolfgang Jacob, Rembrandt-Str. 35, D-01983 Großräschen

# Die heiligen Feuer des Antonius – Der Mutterkornpilz *Claviceps purpurea*

Michael Miedaner

Als ich nach einem feuchtwarmen Frühjahr im Sommer 2000 anlässlich eines Radausfluges an einem Roggenfeld vorbeikam, staunte ich nicht schlecht, schreibt unser Autor und fährt fort: Umgeben von Weizen- und Gerstenfeldern stand ein Roggenfeld, dessen Ähren schwarze Körner trugen: Mutterkorn! Ich nahm einige Ähren mit nach Hause, und ahnte noch nicht, in welch hochinteressante Gebiete der Kunst- und Pharmaziegeschichte sowie der Mykologie mich dieser Fund führen sollte.

Von den Roggenfeldern geht in den letzten Jahren wieder vermehrt eine Krankheit aus, die schon seit Jahrtausenden den Menschen quält, ihm zu früheren Zeiten sogar epidemieartig gefährlich wurde. Ausgelöst wurde sie durch die Einnahme von Mehl, das von Mutterkorn verseucht war (Abb. 1).

## Die heiligen Feuer des Antonius

In den Mutterkörnern sind Giftstoffe enthalten, die bei Verzehr Vergiftungserscheinungen auslösen, welche schon im Mittelalter unter den Namen Kribbelkrankheit oder *ignis sacer* beschrieben wurden. Das Mutterkorn ist von erheblicher toxischer Wirkung. Beim Sankt-Antonius-Feuer handelt es sich um eine chronische Mutterkornvergiftung, die zu langem Siechtum führt und schließlich tödlich endet. Das akute Stadium ist typhusähnlich mit Fieber (Feuer), Kopfschmerz, Übelkeit, Brechreiz, Durchfall, Schweiß, Durst, Krämpfen sowie

Herzjagen verbunden. Im chronischen Verlauf entstehen vor allem erhebliche Durchblutungsstörungen (Kribbelkrankheit) mit Absterben der Beine (Brand), Geschwüren, Schwindel, Verwirrtheit, Sehstörungen, Lähmungen.

Die vom Mutterkorn ausgelöste Krankheit nennt man Ergotismus. Darunter versteht man eine Vergiftung durch die vom Mutterkorn erzeugten Mutterkorn-Alkaloide. Der Name kommt aus dem Französischen *ergot* und bedeutet Sporn, Fuß, Hahnenfuß, Mutterkorn und bezieht sich somit auf die Form des (Roggen)kornes. Das Wort Ergotismus deutet danach auf eine Krankheit hin, die auf das Mutterkorn zurückgeht.

Der *Ergotismus convulsivus* beginnt mit dem Taubheitsgefühl (an den Fingern, Händen, dann am ganzen Körper). Es folgen Magen- und Darmstörungen, Brechdurchfälle, sodann tonische Kontraktionen, insbesondere der Flexoren mit typischen Kontrakturen. Danach kommt es zu schweren, epilepsieartigen Krämpfen, oft bleibenden, sehr schmerzhaften Kontraktionen ganzer Muskelgruppen, schließlich zu Muskelschwund. Durst und vor allem Heißhunger führten in früheren Zeiten häufig zur Einnahme weiterer befallener Nahrung, wodurch die verderbliche Wirkung noch weiter gesteigert wurde. Die toxische Wirkung erstreckte sich auch auf bestimmte zentrale Nervenbahnen, so dass die Erkrankung auch zu schweren Halluzinationen führen konnte.

Der *Ergotismus gangraenosus* zeigt sich durch Kribbeln und Durchfall an. Es folgen Geschwüre im Magen-Darmbereich, schließlich Verfärbungen der Haut und Abheben der Epidermis (Abb 3). Dauert die Krankheit länger

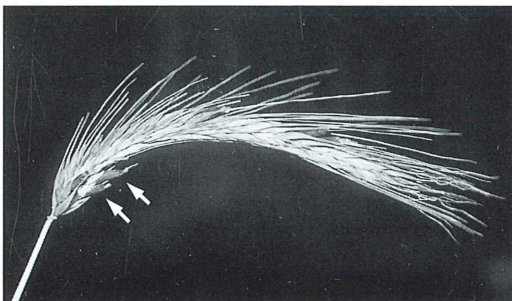


Abb. 1: Roggenähre mit Mutterkorn.



an, entstehen Spasmen durch Dauerkontraktion der glatten Muskulatur, der infolge der fortschreitenden Gefäßverengung und -verschießung trockener Brand an Fingern und Zehen folgen (können).

Beim Ergotismus stören die Alkaloide die Funktion der Nerven und den Zellstoffwechsel, so dass schließlich die gesamte Zellfunktion zusammenbricht. Obwohl die beiden Arten des Ergotismus schon im Spätmittelalter einigermaßen zuverlässig als Mutterkornvergiftung diagnostiziert werden konnten, gaben insbesondere die Symptome des *Ergotismus gangraenosus* auch Anlass zur Verwechslung mit anderen Krankheiten. Schwarze Flecken, Pusteln oder Beulen ließen auch an die Pest, die Pocken, das Fleckfieber, die Syphilis oder den Aussatz denken, Seuchen, von denen ab dem 14. Jahrhundert die Menschen in regelmäßig wiederkehrenden Epidemien heimgesucht wurden.

### **Die lange Geschichte der Mutterkornkrankheiten**

Mutterkorn hat in vergangenen Zeiten zu schrecklichen Massenvergiftungen geführt. Häufig dann, wenn das Frühjahr nass und der Sommer heiß und windig waren. Roggen war in den vergangenen Jahrhunderten vor allem unter der armen ländlichen Bevölkerung das Hauptnahrungsmittel.

Die überlieferten Erkrankungen und Epidemien sind so zahlreich, dass sie hier nur ausschnitthaft erwähnt werden können: Schon auf einer assyrischen Tontafel wurde circa 600 v. Chr. das Mutterkorn als schädliches Gebilde beschrieben. Von 437 v. Chr. stammt aus Sparta der wohl erste Bericht einer Massenvergiftung durch Mutterkorn. Thukydides berichtete ebenfalls von einer Massenvergiftung während des Peloponnesischen Krieges. Und das gesamte Mittelalter hindurch wird in den Chroniken



**Abb. 2: Versuchung des heiligen Antonius, Isenheimer Altar. – Abb. 3: Versuchung des heiligen Antonius, Isenheimer Altar, Ausschnitt: Der Ergotismuskranke.**

immer wieder von Mutterkornvergiftungen berichtet, die ganze Dörfer und Städte befielen und die Menschen unter dem Antoniusfeuer, dem Heiligen Feuer, vielleicht treffender übersetzt mit Höllenfeuer, also unter Ergotismus leiden ließen.

Im Jahr 857 n. Chr. wird in Xanten eine Hungersnot erwähnt, die eine große Plage darstellte, da sie mit einer *abscheulichen Fäulnis, die die Knochen der Betroffenen aufzehrt*, verbunden war. An dieser Epidemie starben Tausende von Menschen.

Im Jahre 943 raffte diese Krankheit in Frankreich bei Limoges etwa 40 000 Menschen dahin. Vielfach wurden die Massenvergiftungen, die oftmals von bizarren Wahnvorstellungen begleitet waren, den Hexen in die Schuhe geschoben, was Hexenverfolgungen und -verbrennungen nach sich zog.

1772 musste Peter der Große in Astrachan den Krieg gegen die Türken wegen Erkrankungen seiner Truppen an Ergotismus abbrechen. Noch im Jahre 1927 brach eine weitere Epidemie über 11000 russische Bauern aus. Die letzte schwere Massenvergiftung geschah im Jahre 1951 in Frankreich, der circa 300 Menschen durch verseuchtes Mehl zum Opfer fielen. Die Betroffenen litten teilweise noch monatelang unter den immer wiederkehrenden Vergiftungserscheinungen.

Schließlich wurde 1985 in der BRD ein Einzelfall einer Mutterkornvergiftung durch alternative Ernährung (Mutterkorn im Müsli) bekannt.

### **Ein Ausflug in die Kunstgeschichte: Der Isenheimer Altar und die Bedeutung der Antoniter**

Matthias Grünewald (1460–1528) hat uns ein drastisches Bild eines an Ergotismus Erkrankten überliefert. Er gilt neben Albrecht Dürer als der größte deutsche Maler seiner Zeit. Sein Hauptwerk ist der von den Antonitern in Auftrag gegebene Isenheimer Altar (1513–1515). Mystische Symbolsprache verbindet sich in diesem Werk mit starker Realistik in allen Einzelheiten und einer Gewalt des Ausdrucks, die oft über jedes hergebrachte Maß hinausgeht.

Eines der Altarbilder zeigt in der Darstellung der Versuchung des heiligen Antonius einen Mann, der mit den Kennzeichen der Seuchen seiner Zeit behaftet ist (Abb. 2). Die Verkrüppelung der Hand, die Gangrän und die

trockene, faltige Haut lassen die Symptome des Ergotismus deutlich erkennen. Es ist das Endstadium: Ein Bild des Elends (Abb. 3).

Gegen diese Art der Mutterkornvergiftung sollte der heilige Antonius Helfer sein. Die Verehrung des heiligen Antonius hing im Mittelalter mit den beachtlichen Heilungserfolgen der Antoniter zusammen, eines katholischen Ordens, der seinen Namen auf den heiligen Antonius den Großen, den 251 n. Chr. in Oberägypten geborenen Antonius Abbas zurückführte.

Reliquien des heiligen Antonius gelangten im Mittelalter nach St. Didier-de-la-Motte (Frankreich). Gruppen von Antoniusverehrern taten sich dort besonders in der Krankenpflege hervor. Im 11. Jahrhundert wütete in Frankreich infolge von Missernten und Hungersnöten jene Antoniusfeuer genannte Krankheit. Sie überzog Europa epidemieartig. Die Antoniusverehrer hatten erste Heilungserfolge. In diese Zeit (1059) fiel die europäische Ordensgründung der Antoniter. Sie bauten Spitäler und Spitalkirchen. Innerhalb der nächsten knapp 500 Jahre entstanden 369 Antoniusospitäler in Europa. Die Antoniter gelangten bis nach Schleswig-Holstein, in die Ostseegebiete und in die Baltischen Staaten. Sie nahmen vor allem Pilger auf, die zu den Antoniusreliquien oder auf einem der vielen Europa durchziehenden Jakobswege nach Santiago de Compostela in Nordspanien unterwegs waren.

Diagnose, Therapie und Pflege nach den besten Erkenntnissen der Zeit und basierend auf den langen Erfahrungen mit dieser Krankheit waren das Erfolgsgeheimnis der Antoniter. Nur das Beste war für die Kranken gut genug. Zwar spielte der Beistand des heiligen Antonius nach den Vorstellungen der Zeit eine nicht geringe Rolle. Ansonsten aber hatten in den Antoniterhospitälern angestellte Fachärzte das Sagen, und zur Therapie verwendete man eine ausgewogene Diät sowie bestimmte, erprobte Kräuter als Heilmittel. Sauberkeit und ein geregelter Tagesablauf unter Einbeziehung der Kranken bestimmten das Leben im Antoniterspital. Auch wurden nicht nur die akut Erkrankten versorgt. Die vom Ergotismus Verkrüppelten und Behinderten hatten ebenfalls ihre Heimstatt im Antoniterspital, und auch alte und arbeitsunfähige Menschen konnten hier einen menschenwürdigen Lebensabend verbringen. Die Therapie war einfach, aber wirksam. Nach der Aufnahme ins Hospital erfolgte eine genaue Krankenschau unter Beteiligung von erfahrenen



Kranken. Dazu kam eine gesunde Ernährung, wobei gutes Brot, Schweinefleisch und der Antoniuswein eine Rolle spielten. Das Rezept für den Antoniuswein, ein mit Heilkräutern versetzter Wein, ging im 17. Jahrhundert verloren. Auf dem Gesprächsflügel der dritten Schauseite des Isenheimer Altares sind jedoch zahlreiche Kräuter abgebildet, die nach der medizinischen Literatur der Zeit als Wundmittel, zur Hautbehandlung, gegen Drüsenschwellungen und Karbunkel, zur Entgiftung des Körpers und gegen Nervenleiden angewendet wurden. Da der Isenheimer Altar von den Antonitern in Auftrag gegeben wurde, darf man annehmen, dass diese Kräuter in ihre Hospitäler gebracht und dort in der Krankenpflege eingesetzt wurden.

Auf diesem Altarblatt, das den heiligen Antonius darstellt bei seinem Besuch des Eremiten Paulus, lassen sich noch einzelne Pflanzen, wie Breit- und Spitzwegerich, Klatschmohn, Taubnessel, Eisenkraut und so weiter (Zustand Juni: Johanniskraut! – entsprechend der theologischen Bedeutung des heiligen Johannes für die Gesamtkonzeption des Altares) erkennen, aus denen wohl zusätzliche Heilmittel bereitet wurden. Die Rezepte dafür sind allerdings nicht erhalten geblieben.

1803 geht der Orden im Zuge der Säkularisierung unter, nachdem er seit dem 11. Jahrhundert eine herausragende Rolle in Medizin, Kunst, Frömmigkeit und Territorialgeschichte gespielt hatte. Der Isenheimer Altar ist heute in Colmar im Museum Unterlinden zu besichtigen.

### **Ein Blick in die Pharmaziegeschichte: Der lange Weg zur wissenschaftlichen Klärung der Krankheitsursache**

Gehen wir einmal davon aus, dass das Mutterkorn als schädliches Gebilde das erste Mal 600 v. Chr. auf einer assyrischen Tontafel dokumentiert ist, dann hat es fast 2½ Jahrtausende gedauert, bis die Biologie des Mutterkorns, seine Identifikation als pilzlicher Parasit und seine Lebensweise aufgeklärt wurden. Der ursächliche Zusammenhang zwischen Ergotismus und einer Nahrungsvergiftung durch Aufnahme von Mutterkorn lag lange im Verborgenen. Mit Blick auf das Mittelalter ist es naheliegend, die Bezeichnung *ignis sacer* (Heiliges Feuer) dahingehend zu deuten, dass die Menschen darin eine Strafe des Himmels sahen. Doch die religiöse Einbindung dieser Krankheit und die Hei-

lungsversuche der Antoniter führten zwar zu erfolgreichen Behandlungen, nicht aber zur biologischen Ursachenklärung. Wir müssen unterscheiden: Das Wissen, dass das Mutterkorn Ursache des Ergotismus ist, ist – lässt man auch schon diesbezügliche Vermutungen gelten – relativ alt. Das wissenschaftliche, biologische Verständnis des Mutterkorns war aber erst dem 19. Jahrhundert vorbehalten.

Vergleichsweise spät begann die wissenschaftliche Klärung. Das Mutterkorn wurde 1582 von Adam Lonitzer (1528–1586) in seinem Kräuterbuch erstmals als Wehenmittel erwähnt. Ende des 17. Jahrhunderts führte es Tobaldus Camarus bei der Geburtshilfe ein. Auf diese gynäkologischen Anwendungen geht wohl der Name Mutterkorn zurück. Dies ist jedoch nicht gesichert. Es gibt auch andere Erklärungsversuche für diese Bezeichnung. Während des Dreißigjährigen Krieges experimentierte der Antwerpener Arzt Thuillier mit Hühnern, denen er mit Mutterkorn vermisches Futter gab und erkannte so im Jahr 1630 einen Zusammenhang zwischen verseuchtem Getreide und dieser Krankheit. Während in Frankreich das Wissen um die Ursache der Krankheit langsam Fuß fasste, gingen in Deutschland die Meinungen darüber noch lange auseinander. Eine entscheidende Wende brachte hier erst die Veröffentlichung von Jan Taube aus dem Jahre 1782 *Die Geschichte der Kriebel-Krankheit*. Darin untersuchte er die in den Jahren zuvor in Celle aufgetretene Epidemie und bestätigte die bereits 150 Jahre früher von Thuillier geäußerte Ansicht.

Dem einfachen Mann halfen diese Erkenntnisse zunächst noch nichts. Es lag damals keineswegs in der Entscheidung der leibeigenen Bauern, welches Korn ihnen zum Verzehr zur Verfügung stand. Die im Volksmund üblichen Bezeichnungen Bauernkrankheit oder Schwere-nothkrankheit deuten darauf hin, dass diese Krankheit nach Hungersnöten auftrat, in denen vor allem die ärmere Bevölkerung gezwungen war, sich von minderwertigem, ungereinigtem Brotgetreide zu ernähren. Die kritische Grenze einer Vergiftungsgefahr liegt bei 1% Mutterkornanteil, eine Beimischung von 8 bis 10% gilt als lebensgefährlich. In den großen Notzeiten hat das Mehl aber manchmal bis zu 30% aus zermahlenem Mutterkorn bestanden. Erklärlicher Weise konnte man einen Rückgang der Seuchen zuerst in den Gebieten feststellen, in denen allmählich die Kartoffel als Nahrungsmittel neben das Getreide trat.

Wie sehr das Mutterkorn damals im Bewusstsein der Menschen verankert war, veranschaulichen seine zahlreichen volkstümlichen Bezeichnungen, die zum Teil – wie beispielsweise bei der Kornmuhme – aus dem Wirken einer Gottheit hergeleitet wurden, teils aber auch aus der Form oder aus den Eigenschaften des Mutterkorns abgeleitet sind: Bockshorn, Brandkorn, Giftkorn, Kribbelkorn, Kummerkorn, Mehlmutter, Roggenbrand, Roggenmuhme, Tollkorn, Wolfszahn, um nur einige zu nennen. Die Herkunft des Namens Mutterkorn kann auch mit den dabei mitschwingenden mythischen Vorstellungen zusammenhängen.

### **Doch was ist das Mutterkorn aus biologischer Sicht?**

In seinem 1623 herausgegebenen *Pinax Theatri Botanici* bildet Caspar Bauhin (1560–1634) das Mutterkorn als ein *Secale luxurians*, also als ein zu üppig gewachsenes Roggenkorn ab. Diese Vorstellung führte zu der auch heute noch in der Pharmazie gültigen Bezeichnung *Secale cornutum*, zu deutsch gehörnter Roggen. Noch Linné meinte 1763, dass der Blasenfuß (*Thrips physapus*) durch eine Verletzung das Mutterkorn an Getreide und Gräserblüten hervorrufe. Obwohl bereits mehrfach die Ansicht vertreten wurde, das Mutterkorn sei ein Pilz, konnten die dafür vorgebrachten Argumente nicht allgemein überzeugen, und bis in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts stand dem weiter-

hin die Meinung entgegen, das Mutterkorn sei nur ein verändertes Roggenkorn. Vor allem bei den französischen Botanikern kam es darüber zu einem langen Streit. 1816 verglich der Pharmazeut und Chemiker Louis Nicolas Vauquelin (1763–1829) im Auftrag der Académie Française die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Mutterkorn und Roggenkorn miteinander. Danach entschied er sich für die Auffassung, das Mutterkorn sei ein degeneriertes Roggenkorn. Das war leider falsch. Die wahre Natur des Mutterkorns wurde zuerst von Joseph-Henri Lévillé (1796–1870) bei befallenen Gräsern erkannt. Beim Getreide aber deutete er das Mutterkorn als Missbildung des Fruchtknotens, der von einem weißen Pilz befallen sei. Diesen Pilz nannte er *Sphacelia segetum*.

Einen bedeutenden Schritt weiter führte die Erkenntnis des französischen Mykologen Louis Rene Tulasne (1815–1885), der 1852 durch originelle Versuche den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Erscheinungsformen des Pilzes und gleichzeitig den geschlossenen Entwicklungszyklus nachweisen konnte. Er beschrieb erstmals mehrere Arten und gab der gesamten Gattung den Namen *Claviceps*. Jetzt erst war klar, dass das Mutterkorn ein bestimmtes Entwicklungsstadium eines Pilzes und nicht etwa ein degeneriertes Roggenkorn darstellt. Längs- und Querschnitte durch das Mutterkorn (Abb. 4 und 5) zeigen eine aus mehreren Zellschichten bestehende dunkel gefärbte Rinde und im Inneren ein pseudoparenchymatisches Gewebe: alles Hyphen.

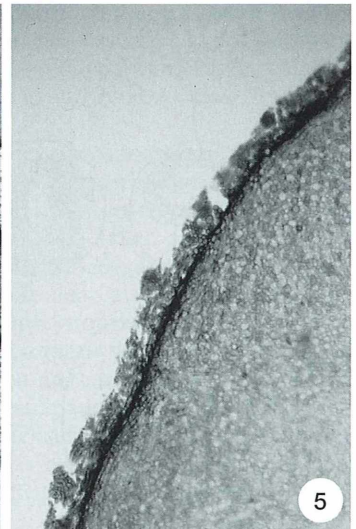
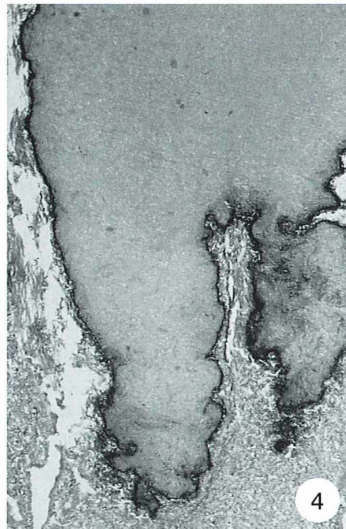


Abb. 4: Längsschnitt, Mutterkorn.  
Vergr. 50fach. –  
Abb. 5: Querschnitt, Mutterkorn.  
Vergr. 50fach.



Die weiteren mykologischen Untersuchungen ergaben, dass alle Vertreter der Pilzgattung *Claviceps* Parasiten sind. Als Wirtspflanzen dienen ausnahmslos Vertreter aus der Familie der Gräser. Die zahlreichsten Vertreter der Gattung *Claviceps* findet man in den Tropen. Die Zahl der Wirtspflanzen für eine Art ist dort jedoch verhältnismäßig gering. In den gemäßigten Zonen ist das Bild umgekehrt: Hier herrscht mit *Claviceps purpurea* vor allem eine Art vor, die dafür aber eine Vielzahl von Gräsern besiedelt, bei uns vor allem den Roggen. Gerste und Weizen können ebenfalls befallen werden, wenn auch seltener als Roggen. Heutzutage sind vor allem alle Hybridzüchtungen besonders gefährdet.

### Die Mykologie des Mutterkorns (*Secale cornutum*)

Der Lebenszyklus des Mutterkornpilzes vollzieht sich in zwei Kreisläufen. Der sexuelle Kreislauf dient vorwiegend der Aufgabe, das dauerhafte Überleben des Pilzes sicherzustellen,

während der asexuelle Kreislauf ausschließlich für die rasche Verbreitung des Pilzes während der Infektionszeit sorgt (Abb. 6).

Gehen wir vom fertigen Mutterkorn aus. Ist es fertig ausgebildet, ist auch der Roggen in der Regel reif zur Ernte. Das Mutterkorn fällt zu Boden und überwintert auf der Bodenoberfläche oder im Boden in geringer Tiefe. Im Frühjahr bilden sich zunächst auf der Oberfläche kleine Pusteln, aus denen dann bald dünne Stielchen mit einem kleinen Köpfchen, dem so genannten Stroma, herauswachsen (Abb. 7). In diesen Stromaköpfchen entstehen – unmittelbar unter ihrer Oberfläche – kleine Hohlräume, die von parenchymatischem Stromagewebe umgeben sind (Abb. 8).

In jedem dieser Hohlräume entsteht ein einzelnes, vielkerniges Ascogon, eine männliche Gamete. Zwischen einem solchen Ascogon und einem der Antheridien findet nun eine Zellverschmelzung (Plasmogamie) statt. Hierbei wandern männliche Kerne in das Ascogon hinüber. Es entsteht ein sogenanntes Paarkernstadium (Dikaryophase), in deren Verlauf eine Ascusmutterzelle entsteht. Nun verschmelzen die Ga-

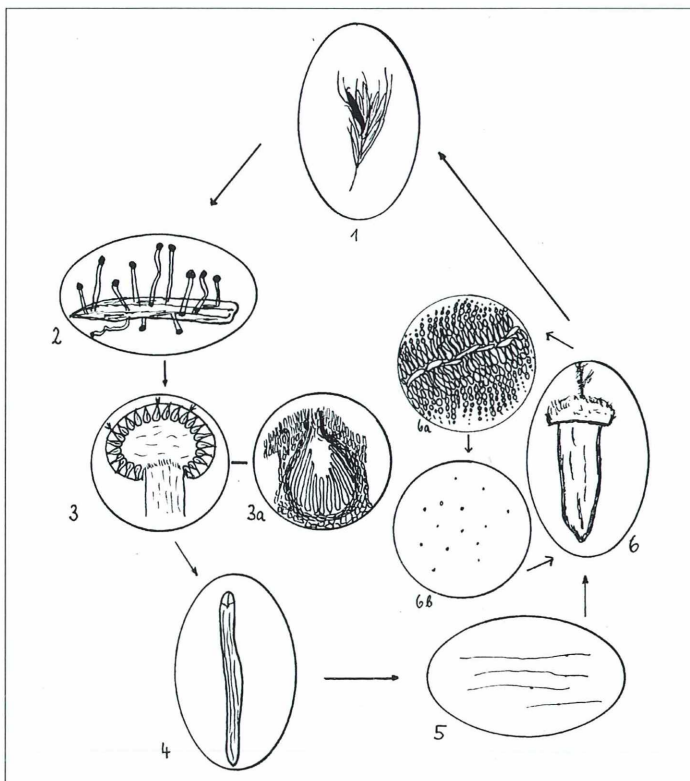


Abb. 6: Lebenszyklus des Pilzes *Claviceps purpurea*.

1) Roggenähre mit Mutterkorn;  
2) Gestielte Köpfchen, Stromaabildung;  
3) Stroma mit Perithezien;  
3a) Einzelnes Perithecium mit Hymenium, Asci und Ostiolium (Öffnung);  
4) Ascus mit Scheitelporus;  
5) Einzelne Sporen;  
6) Befallener Fruchtknoten.  
Sexueller Kreislauf (Arterhaltung):  
1 → 6 → 1. Asexueller Kreislauf (Vermehrung):  
6 → 6a → 6b → 6 (Konidienabschnürung).

Abb. 7: Stromata auf dünnen Stielchen. Vergr. 2,5fach. –  
Abb. 8: Stromata aus der Nähe. Vergr. ca. 20fach.

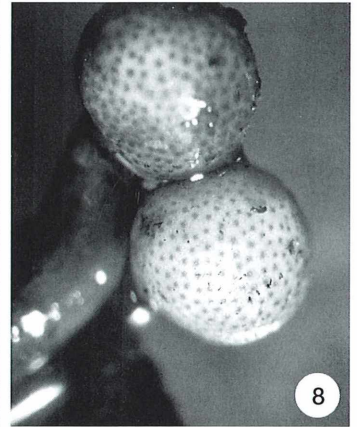
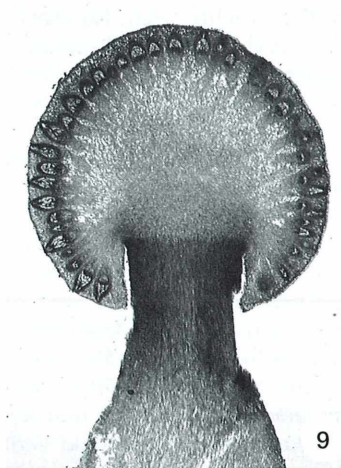


Abb. 9: *Claviceps* längs, Stroma mit Perithechien. Vergr. 40fach. –  
Abb. 10: Perithecium. Vergr. 600fach.



metenkerne (Stadium der Karyogamie). Es folgt ein Kernteilungsvorgang (Meiose) und danach die mitotische Verdopplung der haploiden Kerne. So entstehen acht Kerne, von denen jeder in einem Ascus zu einer Ascospore auswächst. Diese Ascii wachsen in großer Vielzahl in einem Perithecium heran. Ein Stromaköpfchen enthält bis zu 100 Perithechien. Abbildung 9 und das Titelbild zeigen das Stromagewebe mit den randständigen Perithechien im Längsschnitt. Im Hymenium finden wir die Ascii mit ihren jeweils acht Sporen neben den Enden steriler Hyphen (Paraphysen). Dies ist im mikroskopischen Bild nicht einfach zu erkennen. Dabei sind die länglichen Sporen einzellig, hyalin (wasserhaltig), fadenförmig und circa 50 µm bis 70 µm lang, sowie 0,6 µm bis 1 µm breit. Innerhalb der noch geschlossenen Ascii sind sie kaum erkennbar. Von dem breiten Hohlraum des Peritheciums führt ein langer, dünner Kanal

durch die Mündung (Ostiolum) nach außen. Wenn die Ascii darin herangereift sind, brechen sie im Frühjahr bei feuchtwarmer Witterung auf und schleudern die Sporen heraus. Die Ascii sind scheitelporig und ohne Deckel (inoperculat) (Abb. 10).

Gelangen nun die Ascosporen auf die Narben von Getreide- und Gräserblüten, dann kommt es zur Primärfektion durch den Erreger *Claviceps purpurea*. Sie befallen ausschließlich die weiblichen Geschlechtsorgane der Gräser- und Getreidearten, stellen also eine streng organspezifische Infektionskrankheit der weiblichen Geschlechtsorgane der Gräser dar. Die Ascosporen keimen aus und den Griffeln entlang beginnen Mycelschläuche zu den Fruchtknotenböden zu wachsen. Dort bildet sich nun ein Mycel (*Sphacelia segetum*, Abb. 6), von dem sich nun fortlaufend Konidien (Sporen, Abb. 6) abtrennen.



Es beginnt der asexuelle Kreislauf. Mit dieser Abtrennung der Konidien einher geht die Entwicklung einer zuckerhaltigen Flüssigkeit, die wie Honigtau aus dem Fruchtknoten quillt. Der stark Kohlehydrate enthaltende süße Saft entsteht durch einen pilzlichen, enzymatischen Abbau der Saccharose, die das Phloem der Wirtspflanze liefert.

Millionen von Sporen finden sich in jedem Honigtropfen, die von Insekten auf weitere Blüten übertragen werden. Treffen sie auf Gramineen, werden dort die Fruchtknoten wieder infiziert. So trägt diese asexuelle Phase vor allem zur Verbreitung von *C. purpurea* bei. In den infizierten Fruchtknoten beginnt zunächst wieder die Konidienbildung – weiterer Verbreitung dienend. Dann bildet sich langsam der Fruchtknoten um. Der Pilz gewinnt die Oberhand, bedient sich der Nährstoffe des Fruchtknotens, breitet sich aus und wächst inter- und intrazellulär im Wirtsovarium. Nach starken strukturellen Veränderungen der primären Zellwände wird zuletzt der gesamte Fruchtknoten durch die pilzliche Struktur des Mutterkorns ersetzt. Übrig bleibt ein hornartiges Gebilde, das *Secale cornutum*, auch Mutterkorn genannt, welches mehrere Jahre hindurch keimfähig bleibt (falls es nicht bewusst kompostiert wird, wodurch die Keimfähigkeit stark beeinträchtigt wird).

Dass der Erreger *C. purpurea* eine latente Gefahr darstellt und immer wieder ganze Felder verwüstet, liegt auch daran, dass er einen großen Wirtspflanzenkreis hat. In unseren Breitengraden befällt er über 400 Pflanzen, die ihm als Wirt beziehungsweise als Zwischenwirt dienen. Die meisten Wirtspflanzen sind Gräser. Neben Roggen werden *Triticale* (eine Kreuzung aus Weizen (*Triticum*) und Roggen (*Secale cereale*)), selten Weizen (*Triticum aestivum*), Gerste (*Hordeum vulgare*) und Hafer (*Avena sativa*) von dieser Krankheit befallen. Nachschosser und Zweiwuchs des Roggens sind auf Grund ihrer späten und langen Blühphasen besonders gefährdet. Das vermehrte Abblühen von Gräsern an Feldrainen, -wegen und -rändern, sowie Biotope in Feldschlägen tragen stark zur Zunahme des Befalls durch *C. purpurea* bei, da blühende Gräser wie Quecke, Knäulgras und Ackerfuchsschwanz Wirtspflanzen und damit Infektionsherde für diesen Pilz sind. Die Programme der Bundesländer zum Schutz von schönen oder seltenen Unkräutern fördern so ungewollt das Mutterkorn.

Wichtig zur Vermeidung des Pilzbefalles ist eine schnelle Befruchtung der Roggenblüten. Die Sporen der Pilzkrankheit konkurrieren mit den Roggenpollen um den Platz auf der Ähre. Sind mehr Pollen vorhanden, so ist die Krankheitswahrscheinlichkeit wesentlich verringert. Auch das Wetter spielt natürlich eine Rolle. Kälte und Nässe während der Blüte verhindern eine schnelle Befruchtung und der Befall mit Mutterkorn nimmt zu.

## Inhaltsstoffe

Mutterkorn-Alkaloide sind toxische Substanzen. Neben Farbstoffen, Amininen, Aminosäuren, Enzymen, fettem Öl und Stearinen enthalten Mutterkörner eine Reihe toxischer Alkaloide, die bei Warmblütlern neurotoxische Wirkungen und Vergiftungen (Mykotoxikosen) hervorrufen können. Alkaloide des Mutterkorns gehören zur Klasse der Indolalkaloide, in denen bis zu 0,8% Lysergsäurederivate enthalten sind. Zu dieser Gruppe gehören unter anderem die Alkaloide Ergonovin, Ergocristin, Ergocryptin, Ergometrin, Ergotamin und Ergosin. Bisher sind über 40 Mutterkorn-Alkaloid-Arten bekannt. Sie leiten sich alle von Lysergsäure ab, die über ihre Carboxylgruppe amidartig an ein Tripeptid gebunden ist, das seinerseits stets Prolin und Aminosäuren enthält.

Während verbesserte Sortierungstechniken das Mutterkorn weitgehend aus der normalen Getreideernte verbannt haben, macht man sich die Wirkstoffe des Pilzes andererseits zunutze und produziert für die Pharmaindustrie jährlich viele Tonnen Mutterkorn-Alkaloide, die aus Sklerotien auf eigens dafür angelegten Roggenfeldern sowie industriell in Tanks mit Nährlösung gewonnen werden. Zur Neuzucht werden Stammkulturen verwendet, um einer Degeneration vorzubeugen. Die Zucht in Tanks bietet den Vorteil, die notwendigen Umweltbedingungen exakt einstellen zu können und verhindert darüber hinaus ein unkontrolliertes Entweichen des Kulturschädlings.

Dem Zweck der pharmazeutischen Gewinnung von Mutterkorn-Alkaloiden dienten bis ins vorige Jahrhundert sogenannte Mutterkornmühlen, die sich in jeder Apotheke des 19. und des frühen 20. Jahrhunderts fanden. Das lebensgefährliche Problem der richtigen Dosierung setzten der medizinisch verantwortbaren Verwendung früher üblicher Mutterkornpräpa-

rate – zum Beispiel zur Einleitung von Wehen (Uteruskontraktion) oder zur Blutstillung nach der Geburt – auch deutliche Grenzen. Fehlgeburten, Schädigungen von Mutter und Kind, in Einzelfällen auch deren Tod, konnten in Abhängigkeit von der Dosierung die Folge sein.

Heute finden in der Medizin nur noch Produkte Verwendung, die aus isolierten Reinalkaloiden (vor allem Ergotamin) sowie aus den davon ausgehenden halbsynthetischen Produkten bestehen. Die therapeutische Wirkung der Mutterkorn-Alkaloide beruht auf deren struktureller Ähnlichkeit zu Noradrenalin, Dopamin und Serotonin und somit auf deren Affinität zu  $\alpha$ -Adrenorezeptoren. Dadurch führen sie einerseits durch Rezeptorenblockade zur Erschlaffung kontrahierter Gefäßmuskulatur, andererseits zur Kontraktion der glatten Muskulatur (allerdings in Abhängigkeit von deren Eigentonus). Die Stimulierung von Dopamin-Rezeptoren im Zentralnervensystem jedoch ruft typische Nebenwirkungen wie Übelkeit und Erbrechen hervor. Zur Behandlung von Migräne, beim Parkinson-Syndrom und zur uterinen Blutstillung haben sich diese Präparate in gewisser Weise bewährt.

Der Neurotransmitter Serotonin, der auch in den Mutterkorn-Alkaloiden vorkommt, ist mitverantwortlich für ihre Wirkung als psychische Droge.

1943 entwickelte Dr. Albert Hofmann aus dem Mutterkorn das LSD, indem er der Lysergsäure, die im Mutterkorn-Alkaloid Ergotamin enthalten ist, eine Diethylamidgruppe hinzufügte. Dabei entdeckte er eher zufällig, durch einen (zunächst) unfreiwilligen Selbstversuch, die starke halluzinogene Wirkung des Lysergsäure-Diethylamid. LSD25 war geboren (Abb. 11). Die Zahl 25 besagt, dass LSD der 25. in einer Reihe analoger Stoffe war, die bei dem Schweizer Pharmakonzern Sandoz synthetisiert wurden. Da es schon in winzigen Dosen ab 100 Mikrogramm (0,0001 Gramm) seelische Vorgänge einschneidend verändert, hielt man es zunächst für ein wertvolles Instrument psychiatrischer Forschung, bis es sich schließlich doch herausstellte, dass damit Modellpsychosen nicht kontrolliert erzeugt werden konnten. Zahlreiche Todesfälle im Zusammenhang mit LSD (beispielsweise tödliche Fenstersprünge aus dem Glauben heraus, fliegen zu können) veranlassten die amerikanische Regierung 1966, LSD zu verbieten. In Deutschland

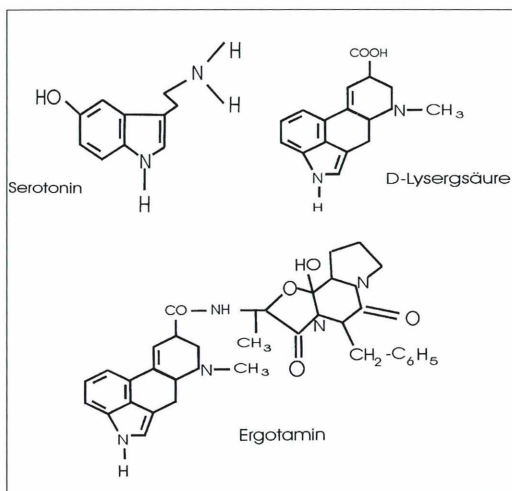


Abb. 11: Strukturformeln des Peptidalkaloids Ergotamin.

ist LSD seit 1971 verboten und dem Betäubungsmittelgesetz unterstellt.

### Gefahren heute

Im Jahre 1985 hatte das *Deutsche Ärzteblatt* Veranlassung, auf Erscheinungsformen einer Krankheit hinzuweisen, deren Ursachen und Symptome heutigen Ärzten aus ihrer medizinischen Praxis kaum noch geläufig waren. Ausgerechnet die als so gesund geltende morgendliche Müsli Mahlzeit wurde, wie anfangs kurz erwähnt, wenn von unbedachter Hand zusammengestellt, als Verursacher einer Vergiftung mit Mutterkorn-Alkaloiden entlarvt. Mit anderen Worten, mehr als zweihundert Jahre nach den letzten Massenerkrankungen dieser Art kam mit dem Ergotismus eine etwas voreilig als ausgestorben betrachtete Krankheit zurück, die bis zu ihrem vermeintlichen Verlöschen im 19. Jahrhundert tausend Jahre lang in regelmäßigen Wellen von epidemischen Ausmaßen unzähligen Menschen schweres Leid, Verkrüppelung und Tod gebracht hatte.

Sie tritt heute wieder auf, weil bei der Selbstherstellung von Mehl oder Getreideflocken aus ungereinigtem (oft ökologisch angebautem) Getreide der Pilz und damit die Gifte mit ins Mehl gelangen. Auch bieten moderne Zuchtverfahren zur Leistungsoptimierung bei den angebauten Roggensorten dem Pilz wieder neue



Verbreitungschancen. Sie führen oft zu besonders anfälligen Erzeugnissen: Hybridroggen, Hybridweizen, sowie Triticale sind stark gefährdet.

### Herstellung von Paraffinschnitten

Quer- und Längsschnitte durch Mutterkorn: Fixierung in AFP [90 ml 94% Ethylalkohol (Brennspiritus), 5 ml Formaldehyd, 5 ml Propionsäure], mehrere Stunden, länger schadet nicht.

1. Paraffineinbettung wie üblich
2. Mikrotomschnitte 6–10 µm vor allem auch durch die Randpartie
3. Färbung: Kernechtrot-Anilinblau oder Etzold
4. Eindecken in Euparal

Die im Vergleich dazu sehr lohnenden Längsschnitte durch das Stroma mit Perithezien wer-

den ebenso hergestellt. Man legt einige Mutterkörner 1 cm tief in Blumenerde und stellt den Blumentopf über den Winter ins Freie, so dass er Schnee und Kälte ausgesetzt ist. Im Frühjahr treibt der Pilz Stromata (vergleiche Abb. 7 und 8). Die hier abgebildeten Präparate wurden mit Kernechtrot-Anilinblau gefärbt.

### Literaturhinweise

- Mühle, E., Breuel, K.: Das Mutterkorn. Die neue Brehm-Bücherei, A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt 1977.  
 Müller E., Löffler, W.: Mykologie: Grundriß für Naturwissenschaftler und Mediziner. Thieme, Stuttgart 1992.  
 Ziermann, H.: Matthias Grünewald. Prestel Verlag, München 2001.

Verfasser: Dr. Michael Miedaner, Herderstr. 10c, D-85055 Ingolstadt

## Nachrichten

### Ausstellung SandWelten in Osnabrück

Im vergangenen November eröffnete das Museum am Schölerberg – Natur und Umwelt – in Osnabrück dauerhaft die in Deutschland umfangreichste Bodenausstellung *unter Welten*. Nun widmet sich das naturkundliche Museum in einer Wechselausstellung einem besonderen Aspekt dieses „Universums unter unseren Füßen“, und zwar dem Sand in seinen viel-

fältigen Erscheinungsformen, als Lebensraum, Rohstoff oder Ausgangspunkt für Quarzkristalle. Die Schau *SandWelten...in Niedersachsen* präsentiert vom 3. Februar bis 31. Dezember 2002 vielfältige Exponate zum Thema Sand. Das Ausstellungskonzept stammt von dem Geologen Dr. Dietmar Meier.

Redaktion MIKROKOSMOS

### Schulungsprogramm der Olympus Akademie

Die Olympus Akademie bietet eine Reihe interessanter Weiterbildungsveranstaltungen rund um die Mikroskopie an. Die Schulungen finden entweder in der Olympus-Niederlassung in Hamburg oder der IBA Akademie in Göttingen statt.

#### Seminare:

1. Grundlagen der Lichtmikroskopie und Kontrastverfahren in der Auflichtmikroskopie. Zweitägig, Gebühr 450,- €, sechs Termine von Mai 2002 bis Februar 2003.
2. Grundlagen der Lichtmikroskopie und Kontrastverfahren in der Durchlichtmikroskopie. Zweitägig, Gebühr 450,- €, sechs Termine zwischen Mai 2002 und Februar 2003.
3. Dokumentation in der Lichtmikroskopie. Eintägig, Gebühr 225,- €, sechs Termine zwischen Mai und Dezember 2002.
4. Fluoreszenzmikroskopie. Zweitägig, Gebühr 450,- €, drei Termine zwischen September 2002 und März 2003.

#### Workshops:

1. Mikroskopie vitaler Vorgänge. Zweitägig, Gebühr 545,- €, 6./7. Juni und 30./31. Oktober 2002.
2. Laserscan-Mikroskopie vom Präparat zur Abbildung. Eintägig, Gebühr 225,- €, 17. Januar und 28. März 2003.
3. Angewandte Methoden der zellulären Fluoreszenzmikroskopie. Zweitägig, Gebühr 545,- €, 4./5. Juni und 28./29. Oktober 2002. Grundkenntnisse sind erforderlich.

Genauere Informationen erhalten Sie von: Olympus Optical Co. (Europa), Olympus Akademie, Wendenstr. 14–18, D-20097 Hamburg. Tel.: 040/23 77 31 60, Fax: 040/23 77 36 47, e-mail: [akademie@olympus-europa.com](mailto:akademie@olympus-europa.com), Internet: [www.olympus-akademie.de](http://www.olympus-akademie.de)

Redaktion MIKROKOSMOS

# *Lacinularia flosculosa* – Ein koloniebildendes Rädertier

Peter Bigorajski

**Unter den sesshaften Rädertieren sind die koloniebildenden Arten besonders interessante Beobachtungs- und Studienobjekte. Ein Faktor, der dem Beobachter dabei sehr entgegenkommt, ist die relativ leichte Haltung einiger dieser Arten unter Laborbedingungen. Ein besonders interessanter Vertreter aus der Familie der Flosculariidae ist *Lacinularia flosculosa*.**

**F**undort war ein ruhiger, aber doch mit leichter Wasserbewegung durchströmter Uferbereich der Ruhr im Süden Essens, auf unter der Wasseroberfläche liegenden Sandbruchsteinen, die dicht von Algen und Wassermoss bewachsen waren.

*Lacinularia flosculosa* wird in der Literatur so beschrieben, dass sowohl festsitzende als auch freischwimmende Kolonien gebildet werden können. Doch davon später mehr.

## Ernährung

Das Hauptproblem der längerfristigen Haltung von Rotatorien in Kultur ist das Futterproblem, da die meisten Rädertiere sehr spezielle Ansprüche an die Ernährung stellen. *Lacinularia* wie auch andere festsitzende Rädertiere gehören zu den Strudlern, die sich ihre Nahrung mit dem Räderorgan aus dem sie umgebenden Wasser herausfiltrieren. Der Magen- und Darmtrakt der gefundenen Tiere war grünlich bis bräunlich gefärbt, welches nahe legte, dass sich *Lacinularia* von kleinsten im Wasser schwebenden Algen ernährt.

Um eine längerfristige Haltung zu Beobachtungszwecken zu ermöglichen und dabei das Futterproblem zu lösen, wurde ein täglicher 50%iger Wasserwechsel mit frischem Fundortwasser durchgeführt. Die Kolonie kam in eine 8 cm große Petrischale, groß genug, um eine bequeme Beobachtung unter dem Stereomikroskop zu ermöglichen und hoffentlich ein der Koloniegröße entsprechendes Wasservolumen und somit auch entsprechendes Nahrungsangebot bieten zu können. Nach dem Wasserwechsel war zu beobachten, wie sich

der geleerte Magen- und Darmtrakt der Tiere innerhalb von circa einer halben Stunde wieder intensiv grünbraun färbte. Diese Methode bewährte sich im Laufe der folgenden Wochen sehr gut und ermöglichte so ein längerfristiges Studium der Tiere über mehrere Generationen.

## Aussehen von *Lacinularia*-Kolonien

Die einzelnen adulten Individuen hatten eine Gesamtlänge von etwa 1500 µm und steckten zu 30–40% ihrer Gesamtlänge in einer runden Gallertkugel, die das Zentrum der Kolonie bildete. Die Gallertkugel war visuell, bedingt durch ihre hohe Transparenz, nicht wahrnehmbar. Mit einer sehr feinen Sonde konnte man sie jedoch vorsichtig ertasten. Erst wenn die Kolonie älter wird, färbt sich die Kugel leicht gelblich und Fremdkörper bleiben an ihr haften. So wird sie besser sichtbar. Der Gesamtdurchmesser der gefundenen Kolonie betrug 3,8 mm und bestand aus ungefähr 300 Einzeltieren (Abb. 1). Etwa im Bereich des unteren Drittels des Körpers, am Fuß des Tieres innerhalb der Gallertkugel, waren bei fast allen Tieren der Kolonie zwischen ein und drei abgelegte Subitaneier zu bemerken. Die Subitaneier haben eine Größe von 120 × 80 µm.

Die Beobachtung der Tiere am nächsten Tag zeigte, dass sie sich zwar gut entwickelten, es hatten sich aber auch einige adulte Tiere aus dem Kolonieverband gelöst und torkelten am Boden der Petrischale entlang, wo sie nach einigen Stunden verendeten. Die Einzeltiere sterben in der Regel nie im Kolonieverband, sondern lösen sich einige Stunden vorher ab.



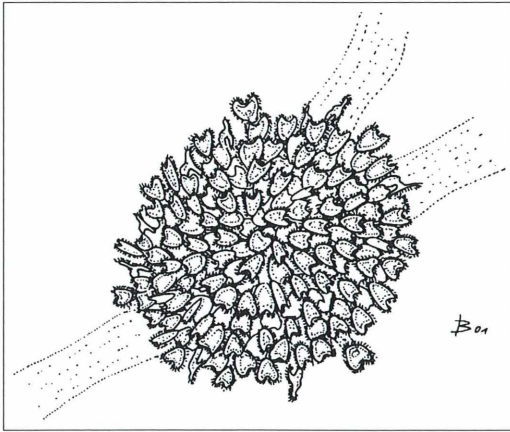


Abb. 1: *Lacinularia*-Kolonie von etwa 300 Tieren. Durchmesser 3,8 mm.

### Larvalentwicklung

Gleichzeitig waren etwa zehn frisch geschlüpfte Larven zu sehen. Nach dem Schlüpfen sind, wie sich bei späteren Koloniegründungen herausstellte, zwei grundsätzliche Entwicklungen zu beobachten.

1. Wenn nur einige wenige Larven in einer Kolonie schlüpfen, bewegen sie sich in den ersten Stunden auf der Oberfläche der Gallertkugel zwischen den Füßen der adulten Tiere. Sie haben ein von den adulten Tieren recht unterschiedliches Erscheinungsbild (Abb. 2) und eine Länge von circa 250  $\mu\text{m}$ . Die Korona ist noch kreisrund und deutlich sind zwei rote Augen zu erkennen. Die typische Herzform der Korona bildet sich erst nach dem Festsetzen der Einzeltiere aus. Dies ist auch der Zeitpunkt, an dem die zwei Augen der Larven wieder verschwinden. Eine Stunde nach dem Schlüpfen, wenn die Larven schon sichtbar an Größe zugenommen haben, beginnen sie, sich auch kurzzeitig von der Mutterkolonie zu entfernen, jedoch nie weiter als 1–2 mm. Zu diesem Zeitpunkt haben die Larven eine Gesamtlänge von 350  $\mu\text{m}$ . Nach etwa 2–3 Stunden werden die Tierchen dann endgültig sesshaft, das heißt sie beginnen sich auf der Oberfläche der Gallertkugel der Mutterkolonie anzusiedeln. Auf diese Art und Weise wird die Kugel von mehr und mehr Individuen besiedelt.

Die erste Generation, welche eine neue Kolonie bildet, formt eine vollkommen radial aufgebaute Struktur. Dabei bilden die Fußspitzen der

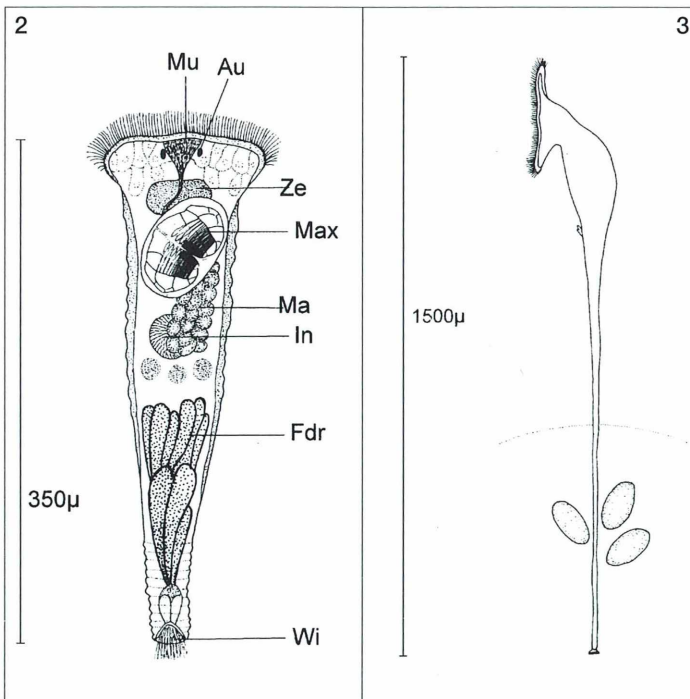


Abb. 2: Weibliche Larve. – Abb. 3: *L. flosculosa* mit Subitaneiern. Lateral. Abkürzungen für Abbildungen 2–7: An Anus, Ci Cingulum (innerer Wimpernkranz), Co Coecum (Blindfortsatz), Ei ungefurchte Oocyte, Ex Exkretionsorgan, Fdr Fußdrüse, Fu Fulcrum, Fum Fußmuskel, Ho Hoden, Hy Hypodermiszellen, In Intestinum (Darm), Kdr Kittdrüse (zum Gehäusebau), Lt Lateralaster, Ma Manubrium, Ma Magen, Md Magendrüsen, Mu Mundöffnung, Mx Mastax (Kaumagen), Oes Oesophagus (Speiseröhre), Pe Penis, Ph Pharynx (Schlund), Pros Prostata, Ra Ramus, Sp Speicheldrüse des Mastax, Tr Trophi, Tro Trochus (äußerer Wimpernkranz), Tz Terminalzellen, Un Unci, Vi Vitellarium (Dotterstock), Vk Verbindungskanal, Wi Wimpernscheibe, Zg Zerebralganglion (Gehirn).

Tiere ein gemeinsames Zentrum, und von hier aus wird mit Hilfe der entsprechenden Drüsen eines jeden Einzeltieres Gallerte abgeschieden, welche sich im weiteren Verlauf zu einer gemeinsamen, verschmolzenen zentralen Gallertkugel ausbildet. Die Gallertabsonderungen aller Tiere formen so innerhalb von etwa zwei Tagen das gemeinsame Koloniezentrum. Nach dem Schlüpfen einiger weniger Larven wird diese Symmetrie unterbrochen, da nun vereinzelte Jungtiere auch an der Oberfläche der Mutterkolonie siedeln. Andere setzen sich als Einzeltiere fest und bilden neue Tochterkolonien von wenigen Tieren.

2. Wenn nun aber in einer Kolonie von etwa 300 adulten Tieren, wie in dem beobachteten Fall, sich schätzungsweise 500–600 Subitaneier gebildet haben, kommt es zu einem mehr oder weniger simultanen Massenschlüpfen von Larven. Diese zum Teil Hunderte von Larven bewegen sich in scheinbar unkoordinierten Bewegungen auf der Mutterkolonie, finden dort aber natürlich keinen ausreichenden Platz. Der Zeitraum des Schlüpfens und des sich Zusammenfindens zu einer neuen unabhängigen Kolonie spielt sich in einem Rahmen von 1,5–3 Stunden ab. Dabei kann es in Abhängigkeit von der Anzahl der geschlüpften Jungtiere sowohl zur Bildung von nur einer großen, oder aber auch mehrerer kleiner Kolonien kommen. Die größten beobachteten, neu gegründeten Kolonien überschritten nie eine Anzahl von schätzungsweise 300 Einzeltieren. Die Larven bewegen sich dabei vor und während der Ablösung in einem scheinbar chaotischen Durcheinander. Sie bilden nach der Ablösung einen wimmelnden Schwarm, der jedoch einen räumlichen Zusammenhalt behält. In der folgenden Phase beginnen sie sich dann langsam radial mit den Fußspitzen zu einem gemeinsamen Zentrum hin zu orientieren. Möglicherweise sind sie miteinander durch ein Sekret verbunden, welches lichtmikroskopisch aber nicht festzustellen ist. Denn wenn man die abgelöste Masse von Jungtieren mit einer feinen Sonde auseinanderzieht, finden die meisten Tiere wieder in ihre Ausgangsposition zurück. In dieser Phase beginnen die meisten zukünftigen Kolonien sich an ein Substrat anzuheften oder aber sie existieren in einigen wenigen Fällen als freischwimmende Kolonie weiter.

Aus den Subitaneiern der beobachteten Mutterkolonie bildeten sich im Laufe der folgenden 24 Stunden vier neue Kolonien. Eine Kolonie be-

stand aus circa 300 Tieren und eine andere aus rund 120 Organismen, die sich erneut an Wassermoostrieben festsetzten. Ebenfalls fand sich eine dritte Kolonie von 39 Tieren zusammen, welche sich jedoch freischwebend ohne Anheftung an ein Substrat im Wasserkörper bewegte. Der Grund, warum sich diese Kolonie nicht festsetzte, war nicht erkennbar, es gab nämlich genügend pflanzliches Substrat in der Petrischale. Eine vierte kleine Kolonie aus sieben Tieren klebte sich am Boden der Petrischale fest. Auch einige festgesetzte Einzeltiere waren zu beobachten.

### **Erscheinungsformen der Adulten**

Es scheint also alle drei Möglichkeiten des Erwachsenenendaseins bei *Lacinularia* zu geben:

1. Die festsitzende Kolonie, welche auf Grund meiner Beobachtungen in der Mehrzahl der Fälle auftritt und der Normalfall zu sein scheint.

2. Die freischwimmende Kolonie welche bei meinen Beobachtungen unter gleichen Bedingungen bei etwa 10% der Neukoloniebildungen auftrat (bei zwei von 21 beobachteten Kolonien). Im Freiland ist mir jedoch nie eine freischwebende Kolonie ins Planktonnetz gegangen.

3. Immer wieder waren auch Einzeltiere zu bemerken, die sich festgesetzt hatten, ohne sich in eine der beiden Kolonieformen integriert zu haben. Die Einzeltiere konnten sowohl im Freiland als auch in der Petrischale beobachtet werden. Es ist natürlich auch in Erwägung zu ziehen, dass einige Einzeltiere beim Massenschwärmen der Larven abgetrieben werden oder auf andere Weise den Kontakt zur werdenden Kolonie verlieren und sich nur darum notgedrungen allein festsetzen. Der Normalfall ist aber wahrscheinlich die Koloniebildung.

Die ursprüngliche Mutterkolonie war nach dem Massenschwärmen fast vollständig geleert, nicht nur von den geschlüpften Larven, sondern auch von den meisten erwachsenen (adulten) Tieren, die sich im abgestorbenen oder noch absterbenden Zustand auf dem Boden der Petrischale befanden. Die Gallertkugel war nur noch von einigen wenigen schon vorher geschlüpften, noch nicht erwachsenen (juvenilen) Tieren sowie von einigen noch nicht geschlüpften Subitaneiern besiedelt.



### Freischwimmende Kolonie

Die kleinere, freischwimmende Kolonie mit den 39 Tieren wurde nun allein in eine weitere Petrischale umgesetzt, da die relativ kleine Anzahl der Tiere eine detailliertere Beobachtung der Weiterentwicklung vereinfachte. Die Kolonie musste sich erst vor sehr kurzer Zeit (30–60 Minuten) zusammengefunden haben, da die Tiere noch ein sehr larvenhaftes Erscheinungsbild besaßen. Die Tiere hatten sich radial mit den Fußenden um ein noch unsichtbares Zentrum geschart, mit dem sie in diesem Stadium jedoch nur sehr locker verbunden waren. Alle Tiere kontrahierten sich rhythmisch und in dieser schon annähernden Kugelform der zukünftigen Kolonie bewegten sie sich rädernd durchs Wasser. Dabei blieb die räumliche Position der Koloniekugel stabil, das heißt, die Kugel rollte nicht durchs Wasser, sondern die oberen Tiere blieben oben und die unteren unten. Manchmal verließen einzelne Tiere das räumliche Gefüge der Kugel und entfernen sich vom Zentrum bis zum zweifachen ihrer Körperlänge. Der Fuß schien jedoch mit dem Zentrum durch einen unsichtbaren Klebefaden wie mit einem Gummiband verbunden zu bleiben, da sie nach dem Auseinanderstreben wie von unsichtbarer Hand wieder ins Zentrum der Kolonie zurückgezogen wurden. Nach etwa einer weiteren Stunde schien sich die innere Struktur der Kolonie jedoch gefestigt zu haben und die Einzeltiere hatten deutlich an Größe (etwa 20%) zugelegt. Auch begann sich jetzt in diesem Stadium die vorher kreisrunde Korona nun langsam herzförmig auszubilden.

### Anatomische Besonderheiten

Der Kauer (Mastax) der geschlüpften Larven hat schon dieselbe Größe wie beim erwachsenen Tier, das heißt, die Breite des gesamten Mastax überschreitet die Körperbreite der Larve. Aus diesem Grund liegt der Kauer im geschlüpften Larvenkörper um fast 90° versetzt in Längsrichtung der Körperachse. Mit dem darauffolgenden Wachstum der Larve dreht sich der Mastax dann mehr und mehr in seine normale Position. Der Fußteil der weiblichen Larven beherbergt etliche lange, kolbenförmige Fußdrüsen, welche den Fuß vollständig ausfüllen. Während des weiteren Wachstums werden diese Drüsen teilweise wieder zurückgebildet.

Die Larven benötigen knapp drei Tage vom Schlüpfen bis zur endgültigen Endgröße. Die Bildung von Subitaneiern beginnt aber schon 24 Stunden vorher. Die beobachteten adulten Tiere bildeten 1–3 Subitaneier gleichzeitig aus, welche in der Gallerthülle in der Fußregion der Tiere aufbewahrt wurden (Abb. 3). Die Gesamtlebensdauer der Tiere betrug unter Laborbedingungen zwischen fünf und sechs Tagen.

### Männchen

Zum Zeitpunkt des Schwärmens der weiblichen Larven wurden immer wieder einige Männchen beobachtet (Abb. 4). Ist das Männchen gerade erst geschlüpft (mit einer Länge von etwa 100 µm), ist die innere Struktur der Organe noch nicht richtig ausgebildet. Die Männchen besitzen zwei rote Augen im Kopfbereich (Apikalbereich). Der Hoden ist birnen- bis sackförmig und füllt den größten Teil der Leibeshöhle aus. Im Hoden kann man am ausgewachsenen Männchen die Bewegungen der großen Spermien beobachten. Man kann den Männchen nach dem Schlüpfen beim Wachstum praktisch zusehen, so schnell geht der Prozess vor sich. Nach einer guten Stunde haben sie eine Länge von etwa 200 µm erreicht, und nach einer weiteren Stunde beträgt ihre Gesamtlänge etwa 250 µm. Während der ersten 30–40 Minuten liegen einige von ihnen zeitweise ganz still und man kann dabei gut den Prozess der Ausbildung der inneren Organe verfolgen.

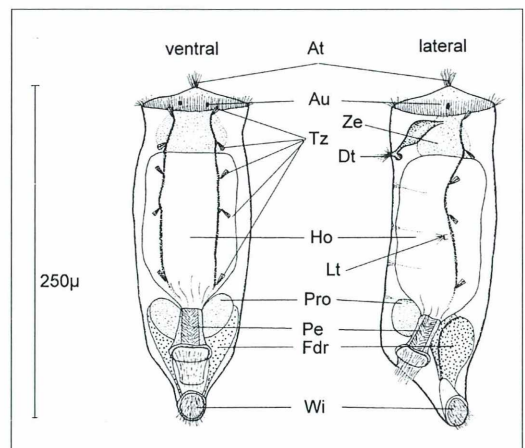


Abb. 4: Männchen in ventraler und lateraler Ansicht.

Die Männchen besitzen ein voll ausgebildetes protonephridiales Exkretionssystem, das fünf Paar Terminalzellen beherbergt. Als Sinnesorgane besitzen die männlichen Tiere einen Dorsaltaster und zwei Lateralaster. Des Weiteren sind am stummelförmigen Fußende eine nach innen gewölbte Wimpernplatte zu sehen und zwei große, gut ausgebildete Fußdrüsen. Der Penis ist bewimpert, zurückziehbar, hat am unteren Ende eine Art Ring und wird durch einen wiederum bewimperten Kanal nach außen geführt. Beidseitig des Kanals liegen drüsige Gebilde, wahrscheinlich die Prostata. Diese anatomischen Details sind teilweise recht schwer zu beobachten. Bei manchen Individuen sind sie kaum oder gar nicht zu sehen, während sie bei anderen doch relativ gut erkennbar sind. Man braucht also immer mehrere Individuen zur Untersuchung – sowohl bei den Männchen als auch bei den Weibchen –, um sich ein klares Bild machen zu können.

Die Männchen schwimmen eine Zeit lang scheinbar vollkommen ziellos im Umkreis der Kolonie, der sie entstammen umher; zeitweise suchen einige auch wieder Kontakt zur Kolonie. Ein Befruchtungsvorgang konnte nicht beobachtet werden. Wahrscheinlich lassen sich unter Laborbedingungen auch nicht alle Vorgänge so nachvollziehen, wie sie sich in freier Natur abspielen.

### Weibchen

Die ausgewachsenen Weibchen zeigen eine charakteristische, große, herzförmige Wimpernscheibe (Korona) von circa 300 µm Durchmesser (Abb. 5 und 6). Sie besteht aus einem größeren, außen liegenden Wimpernkranz (Trochus) und einem kleineren, innen liegenden Wimpernkranz (Cingulum). Der Wimpernschlag beider Koronahälften geht von dorsal (vom Rücken

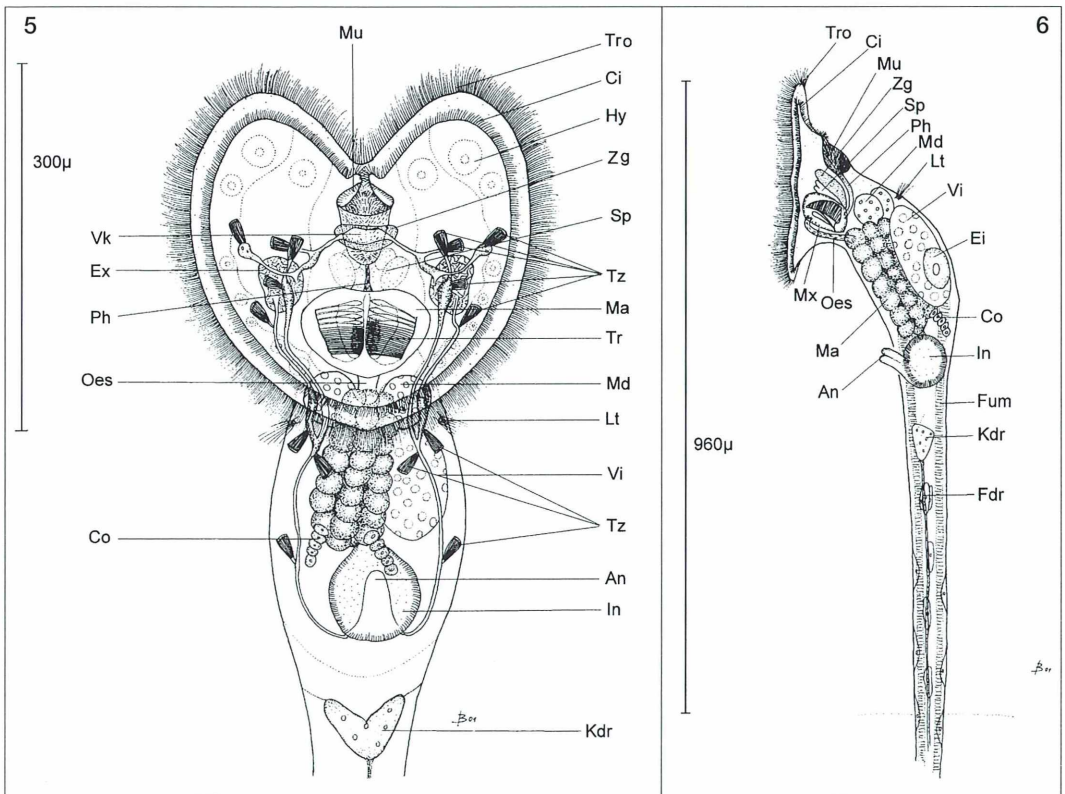


Abb. 5 und 6: Adultes Weibchen von *L. flosculosa*. – Abb. 5: Detaillierte Dorsalansicht. – Abb. 6: Lateralansicht.



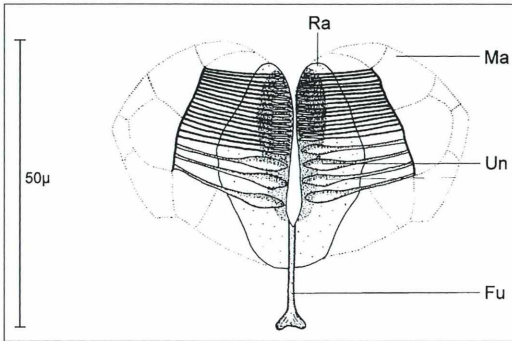


Abb. 7: Magen mit Hartteilen des Kauers (Trophus).

her) gesehen im Uhrzeigersinn nach rechts. Der Wasserstrom, der zwischen Trochus und Cingulum erzeugt wird, bewegt sich zur Mundöffnung hin. Von dort werden die ausgefilterten Kleinstalgen weiter durch den Schlund (Pharynx) in den Kaumagen (Mastax) befördert. Hier wird die durch die harten Kauwerkzeuge (Trophus) zerkleinerte Nahrung durch die Speiseröhre (Ösophagus) weiter in den vielzelligen Magen, welcher zwei Magendrüsen besitzt, und dann in den Darm (Intestinum) weiterverbracht. Bei *Laciniularia* fällt bei genauer Beobachtung auf, dass der Magen am hinteren Ende mit zwei Blindfortsätzen (Coecca) versehen ist, die aber allem Anschein nach keine Funktion haben. Eine Eigenart der gehäusebauenden Rädertiere ist, dass der Anus rückseitig (dorsal) weit nach oben verlagert sitzt, so dass die Tiere ihre Ausscheidungsprodukte über den Gehäuse Rand entleeren können. Die kompliziert gebauten Hartteile des Kauers (Trophus), die artbestimmend bei den Rotatorien sind, gehören zum malleoramaten Grundtypus. Die Unci (Kauerzähne) bestehen neben vielen kleinen Nebenzähnen aus vier großen Hauptzähnen auf der einen Seite und drei großen Hauptzähnen auf der anderen Seite des Kauers (Abb. 7). Am Anfang des Fußes fällt eine von dorsal gesehen große, herzförmige Kittdrüse auf und darunter drei Fußdrüsen. Der ganze Fuß ist weiterhin angefüllt mit mindestens 12 drüsenartigen, einzelligen Gebilden.

### Exkretionssystem

Deutlich sichtbar waren im Exkretionssystem (Protonephridialsystem) acht Paar Terminalzellen, wovon sich drei Paar in der Leibeshöhle und fünf Paar in der Korona befinden. Die Ter-

minalzellen besitzen feine schlitzförmige Strukturen, durch welche Körperflüssigkeit aufgenommen wird. In ihrem Inneren bewegt sich unaufhörlich, in scheinbar drehender Bewegung, ein Wimpernbüschel (Wimpernflamme) wie ein kleiner Motor. Die zwei Aufgaben des Protonephridialsystems bestehen in der Aufnahme von Exkretstoffen im Körper, welche dann durch die feinen Kanäle des Exkretionssystems bis, im Falle von *Laciniularia*, zum Intestinum geleitet und dann ausgeschieden werden. Die zweite Aufgabe des Exkretionssystems besteht darin, einen osmotischen Ausgleich zwischen dem Außenmedium Wasser und dem Körperinneren zu schaffen. Die Terminalzellen im Koronabereich gruppieren sich um ein Exkretionsorgan, das mit vielen kleinen Kanälen durchzogen ist. Ebenso existiert im Koronabereich ein Verbindungskanal zwischen der linken und der rechten Seite des Exkretionssystems (Huxley'sche Anastomose) (Abb. 5).

### Kultur

Die Haltung von *Laciniularia flosculosa* in Petrischalen (Durchmesser 8 cm) mit täglichem 50%igen Wasserwechsel mit Fundortwasser ist nicht sehr schwierig und über längere Zeit möglich. Wichtig ist jedoch, den täglichen Wasserwechsel mit frischem Fundortwasser nicht zu vergessen, und den Besatz einer Petrischale nicht über 100 Individuen ansteigen zu lassen. In der Petrischale erreichten die Tiere unter Laborbedingungen allerdings nur eine Körperlänge von 1200–1300 µm, vermutlich, weil die Ernährung auf Grund des stehenden Wassers in der Schale doch nicht optimal ist. Unklar bleibt natürlich auch, inwieweit Verhaltensweisen und Entwicklungsphasen unter reinen Laborbedingungen auf das Freiland übertragen werden können.

Kleine Kolonien kann man problemlos unter einem mit Plastilinefüßchen versehenen Deckglas sehr vorsichtig gedrückt beobachten, ohne dass die Tiere Schaden nehmen oder ihr normales Verhalten ändern. Man kann sie auf diese Weise ganz in Ruhe durchaus 1–2 Stunden beobachten, um sie dann in die Petrischale zurückzusetzen, wo sie sich normal weiterentwickeln. So kann man auch eine detaillierte Beobachtung unter höheren Vergrößerungen an derselben Kolonie vornehmen und deren weitere Entwicklung verfolgen.

Sicher gibt es bei diesem schönen Rädertier noch eine Menge Interessantes zu entdecken.

### Literaturhinweise

Hlava, S.: Böhmens Rädertiere. Monographie der Familie Meliceritidae. Archiv für naturwissenschaftliche Landesdurchforstung von Böhmen, 1908.

Voigt, M., Koste, W.: Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas, Monogononta. 2. Auflage, Gebrüder Bornträger, Berlin 1978.

Wulfert, K.: Die Rädertiere (Rotatoria). A. Ziemsen Verlag, Wittenberg 1969.

Verfasser: Peter Bigorajski, Corneliusstr. 57, D-45219 Essen, e-mail: [mail@bigoid.de](mailto:mail@bigoid.de)

## Mikro-Ufo

### Auflösung – Mikro-Ufo aus Heft 4/1999

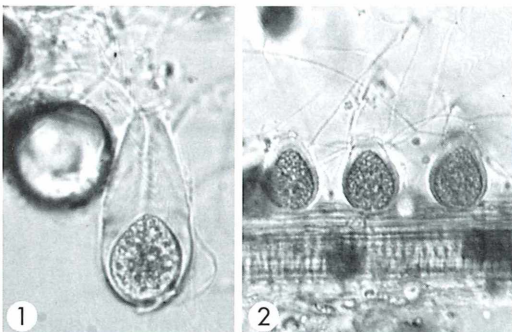
Was lange währt, wird endlich wahr(haft erkannt). Unser Leser Wolfgang Jacob aus Großräschen hat nach hartnäckigen Nachforschungen unterdessen herausgefunden, worum es sich bei seinem bereits 1999 vorgestellten Mikro-Ufo handelt. Im folgenden Bericht gibt er uns die Auflösung zu seinem unbekannten Objekt:

Unter der Überschrift *Rätselhafte Ovale mit leuchtend grüner Innenstruktur* wurden Algen vorgestellt, die relativ selten in einem stark sauren Tagebaurestsee (pH ~ 3) gefunden werden (Abb. 1). Aus der Leserschaft des MIKROKOSMOS kamen zunächst keine Hinweise, aber durch Vermittlung der Redaktion konnte ein Kontakt zum Forscherehepaar Dr. Hilda Lund und Dr. John Lund (Ellerbeck/Cumbria, Großbritannien) aufgenommen werden. Beide Forscher sind durch zahlreiche Veröffentlichungen zu Süßwasseralgen bekannt. Hier stießen die Ovale sofort auf großes Interesse. Da die Alge ausgesprochen selten ist und recht langsam wächst, war die Beschaffung von Material ein zeitraubendes Problem. Endlich gelang eine begrenzte Nachzucht auf *Juncus*-Fasern (Deutschland) und in künstlichem Minen-Wasser (Großbritannien) (Abb. 2). Zunächst

wurde vermutet, dass es sich um Palmellen einer in sauren Gewässern vorkommenden Euglenen-Art (*Euglena mutabilis*) handelt. Der Nachweis eines Pyrenoids mit Stärkeanteil wies aber auf eine Grünalge, es fehlte auch ein Stigma. Die Abwesenheit einer kontraktiven Vakuole schloss weitere Gattungen wie beispielsweise *Prasinocloris* aus. Vergleiche innerhalb der so genannten Fritsch Collection (Algensammlung, siehe unten) führten schließlich zu der Algenart *Burkillia dissolvens* (Skuja, 1949). Diese Alge wurde in einem Gewässer in Burma zusammen mit *Scenedesmus* und *Uronema* gefunden. Leider wird in dieser Veröffentlichung nicht auf die Fundwasserqualität eingegangen. Die beiden anderen Algen weisen aber eher auf ein neutrales Gewässer hin. Probleme bereiten noch die vielfach vorhandenen Fasern, die in der Arbeit von Skuja fehlen. Sie sind wahrscheinlich durch Bakterien oder Pilze bedingt. Weitere Untersuchungen dazu laufen noch.

Abschließend noch ein Hinweis zur Fritsch Collection, die für die Bestimmung der Alge wichtig war. Die Sammlung besteht aus über 500.000 veröffentlichten Abbildungen von Süßwasseralgen oder taxonomisch bedeutenden Teilen davon, sie enthält auch oft zusätzliche Informationen zu den Spezies. Etwa alle fünf Jahre erscheint eine Microfiche-Version. Die Sammlung befindet sich in Ambleside, Cumbria, Großbritannien. Interessenten erhalten nähere Auskünfte im Internet unter [www.ife.ac.uk/fritsch](http://www.ife.ac.uk/fritsch).

Frau Dr. H. Lund und Herrn Dr. J. Lund sei an dieser Stelle, auch im Namen der Redaktion des MIKROKOSMOS und interessierter Leser, für ihre mit großem Engagement und Einsatz ihrer reichen Erfahrungen durchgeführte Bestimmung herzlich gedankt.



**Abb. 1:** Ovale Ufo-Alge *Burkillia dissolvens* aus einem sauren Tagebaurestsee. Länge 50 µm, Breite 29 µm. – **Abb. 2:** Nachzucht von *B. dissolvens* auf einer *Juncus*-Faser.

### Literaturhinweis

Skuja, H.: Zur Süßwasseralgenflora Burmas. Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis Ser. IV, Vol. 14, 5, S. 68 – 69 (1949).



# Wie schleift man Mikrofossilien?

## Bericht eines Arbeitsablaufes zur Herstellung von Dünnschliffen für die mikroskopische Beobachtung von Conodonten

Friedrich Thormann

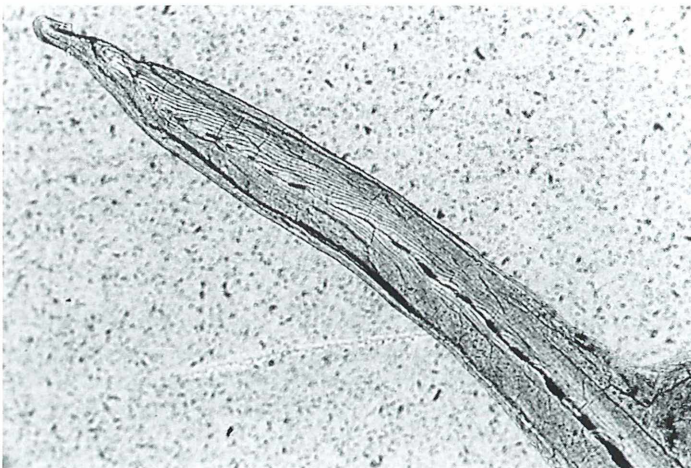
**Der Verfasser möchte mit diesem Bericht diejenigen ermuntern, die sich bis jetzt nicht an dieses Gebiet heranwagten und die, die es besser können, zu Kritik und Dialog auffordern.**

**D**a die zu bearbeitenden Fossilien selten größer als 1 mm sind, kommt für die weitere Handhabung nur eine totale Einbettung in ein Gießharz in Frage. Für unsere Zwecke hat sich Epoxy-Fix von Voss-Chemie als ausreichend hart für die Bearbeitung erwiesen; Versuche mit Acrylharz waren weniger erfolgreich, da in der Matrix Schleifstaub zurückblieb (Abb. 1). Beim Umgang mit Epoxidharzen kann es durch Säge- und Schleifstaub zu allergischen Hautreaktionen kommen, daher sind Gummihandschuhe und Mundschutz zu empfehlen. Als zu bearbeitende Mikrofossilien eignen sich Conodonten. Dies sind 0,1 bis 1 mm große, phosphathaltige, zahnähnliche Überreste von wahrscheinlich primitiven Chordaten, die vor etwa 250–500 Millionen Jahren gelebt haben.

Die holzartigen Maserungen in den Schnitten der Conodonten entsprechen den Wachstumschichten (Abb. 1 und 2).

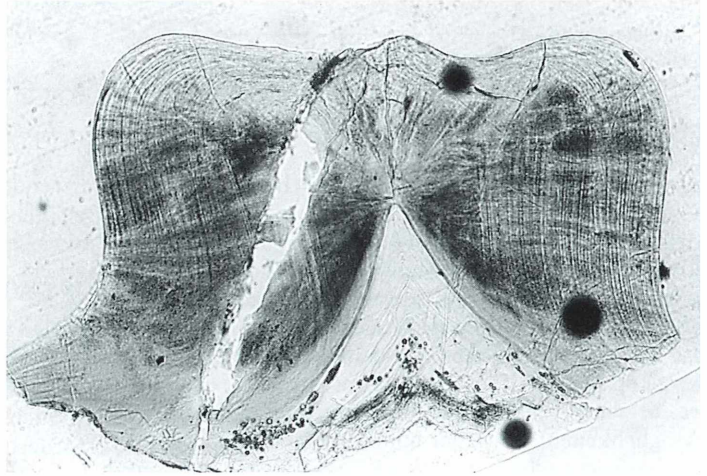
### Eingießen der Mikrofossilien in Kunstharz

Als Gießformen werden braun-rote Vulkanfiberringe verwendet (äußerer Ø 20 mm, innerer Ø 12 mm, Dicke 3 mm). Diese Ringe klebt man mit Uhu auf Polyethylenfolie. Die Folie lässt sich nach dem Eingießen und Aushärten des Harzes mühelos von der Form abziehen. Nach dem Aufkleben werden die Ringe innen und oben mit Büfa-Trennlack bestrichen – es ist sonst fast unmöglich, das Gießteil aus dem Ring zu lösen.



**Abb. 1:** Man sieht einen einzelnen Zahn, in dem der schichtweise Aufbau durch die holzartige Maserung sichtbar wird. Da die Einbettung in Acrylharz zu weich ist, bleiben in der Matrix Schleifkörner zurück. Vergr. ca. 400fach.

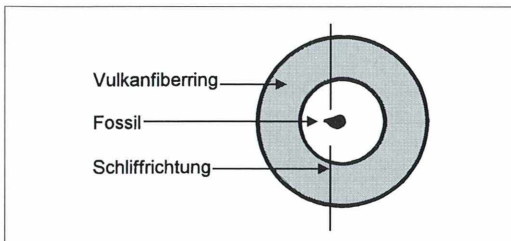
**Abb. 2:** Sie zeigt einen Querschliff durch einen Conodonten in Epoxydharz. Für die Beurteilung des Aufbaues sind die Wachstumschichten von Bedeutung, die hier deutlich sichtbar werden. Vergr. ca. 200fach.



In die so vorbereitete Form wird das Epoxidharz eingegossen. Das Mischungsverhältnis von Harz zu Härter ist unterschiedlich. Bei dem hier verwendeten Harz beträgt es 5:1, wobei eine gute Durchmischung wichtig ist. Leider lässt es sich nicht vermeiden, dass bei dem Rührvorgang Luft untergerührt wird. Da die Polymerisation aber erst nach einer halben Stunde einsetzt, kann man das Gefäß eine Zeit lang stehen lassen, bis die meisten Luftblasen aufgestiegen sind. Wenn das Harz dann in die Form gegossen ist, können die Conodonten hineingegeben werden. Sinnvoll ist es, die Spitze der Auslesenadel in etwas Harz zu tauchen – dann lassen sie sich sicher vom Stereomikroskop in die Form überführen und sinken dort zum Boden, das heißt bis auf die Polyethylenfolie.

### Lage der Conodonten

Nun ein paar Sätze zu der Lage der Conodonten – sie liegen grundsätzlich in Längsrichtung

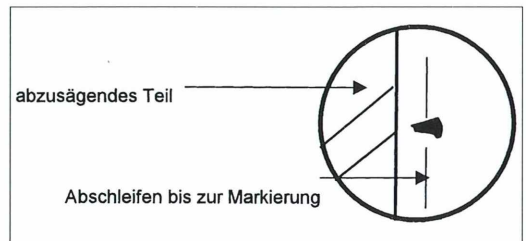


**Abb. 3:** Die waagerechte Lage der Conodonten ermöglicht es, durch eine Strichmarkierung Schliffstelle und Richtung anzugeben.

(größte Auflagefläche). Anfangs haben wir versucht, sie hochkant zu stellen, da Querschliffe hergestellt werden sollten, das ist uns aber mit keinem Kleber sicher gelungen; weder Tragant, Uhu noch Loctite (Cyanacrylat) waren letztlich dafür geeignet, und wenn es dann gelungen war, hatten wir Schwierigkeiten, den genauen Schliffpunkt festzulegen und später auch zu finden. So ist es bei der ersterwähnten Lage geblieben, wobei die geringe Wanddeckung sich als ausreichend erwiesen hat, zumal beim späteren Aufkleben auf den Objektträger noch Kleber dagegen drückt. Durch die waagerechte Lage ist es möglich, durch eine Strichmarkierung die genaue Schliffstelle und Richtung anzugeben und später auch einzuhalten (Abb. 3).

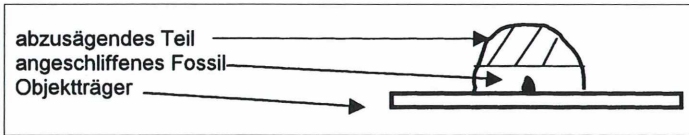
### Zurechtschneiden und Aufkleben der Präparate

Nach dem vollständigen Aushärten (maximal zwei Tage) und Anzeichnen der Schliffstelle wer-



**Abb. 4:** Markierungen geben die Bereiche an, die mit Säge und Schleifpapier abgetragen werden müssen.





**Abb. 5:** Nach dem Aufkleben auf einen Objektträger wird das Präparat zurechtgesägt und geschliffen.

den die Harzscheiben mit den eingeschlossenen Conodonten aus den Vulkanfiberringen gedrückt und mittels einer Säge parallel zur Markierung abgeschnitten. Dann wird auf Nassschleifpapier das Harz bis zur Markierung abgetragen (Abb. 4; Körnung 320, 600 und 1000). Ist man dort angekommen, wird im Stereomikroskop überprüft, ob die gewünschte Stelle erreicht wurde. Es bleiben jetzt nur noch zwei Möglichkeiten: Entweder man muss noch etwas nacharbeiten oder der Punkt ist überschleift. Der nächste Arbeitsgang ist das Befestigen auf dem Objektträger. Wir verwenden das so genannte Gießener Format  $28 \times 48 \times 1,35$  mm (besser ist eine Stärke von 1,5 mm), das zur besseren Haftung des Klebers angeraut wird. Zum Aufkleben nehmen wir Araldit 2020 A + B im Verhältnis 10 : 3,5 (Abb. 5).

### Schleifen

Nach dem Festwerden wird der obere Teil des Harzrestes abgesägt und dann wieder mit den gleichen Körnungen wie zuvor beschrieben abgeschliffen. Die Feinbearbeitung des Materials beginnt, wenn der Schliff eine Dicke von circa  $1/10$  mm ( $100\text{ }\mu\text{m}$ ) erreicht hat. Leicht hyalines Material fängt hier an, durchscheinend zu werden, während opakes noch undurchsichtig bleibt. Um nun auf eine Beobachtungsdicke von  $30\text{ }\mu\text{m}$  zu gelangen, sind die erwähnten Körnungen nicht mehr verwendbar. Die Körnung 1000 bedeutet ja eine Korngröße von  $12\text{ }\mu\text{m}$ , und das würde bei einer weiteren Anwendung, wenn nicht zum Ausreißen des Schliffes, zumindest zu unreparablen Riefen führen. Es muss jetzt wesentlich feineres Schleifmaterial angewandt werden. Wir benutzen die so genannten *Micro-mesh fine finishing abrasives* von der Firma Micro-Surface aus Wilton, Iowa, USA. Das sind Schleifleinwände, deren feinste mit der Bezeichnung 6000 eine Korngröße von  $4\text{ }\mu\text{m}$  hat. Damit ist es möglich, die gewünschte Dicke zu erreichen, das aber auch nur, wenn sich bei der ganzen Prozedur der Schliff nicht von der Unterlage löst.

Der letzte Arbeitsgang ist das Einschließen der fertigen Schliffe in ein handelsübliches Harz

(wir verwenden Euparal) und Abdecken mit einem Deckglas.

### Fingerspitzengefühl und Glück

Aus den Beschreibungen geht unschwer hervor, dass die ganze Bearbeitung, die in Handarbeit erfolgt, zum einen sehr zeitaufwändig ist, zum anderen auch viel Übung und Fingerspitzengefühl erfordert. Auch muss man wissen, dass nur 50% des vorhandenen Materials ein brauchbares Ergebnis liefert. Einmal geht wie gesagt der eine oder andere Schliff verloren, zum anderen zeigt nicht jedes Fossil seinen inneren Aufbau. Da seit der Fossilisation viele 100 Millionen Jahre vergangen sind, haben ihm geologische, chemische und sonstige Einflüsse zugesetzt, es verändert und die inneren Strukturen teilweise verwischt. Um so erstaunlicher ist es, wenn, wie aus den beiden Abbildungen zu ersehen, diese sichtbar und dadurch wissenschaftlicher Interpretationen zugänglich werden.

### Dank

Mein Dank gebührt Herrn Gerhard Göke aus Hagen für zwei lange und richtungsweisende Telefonate und Herrn Dr. Karsten Weddige von der Senckenberg Naturforschenden Gesellschaft (SNG) in Frankfurt/Main, Sektion Mikropaläontologie II, für die Fragestellung, Bereitstellung des Conodonten-Materials sowie für die Durchsicht des Manuskripts.

### Literaturhinweise

- Göke, G.: Methoden der Mikropaläontologie. Frankh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1963.  
 Humphries, D. W.: Methoden der Dünnschliffherstellung. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1994.  
 Thormann, F.: Dünnschliffe für mikroskopische Beobachtungen. Mikrokosmos 79, 353–356 (1990).  
 Vangerow, E. F.: Mikropaläontologie für Jedermann. Frankh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1981.

*Verfasser:* Dipl. Ing. Friedrich Thormann, Prof. Dr. Dölger Straße 36, D-63834 Sulzbach.  
 e-mail: [friedrich.thormann@web.de](mailto:friedrich.thormann@web.de)

# Parasitoide in Eikokons spinnenfressender Spinnen

Oliver-D. Finch

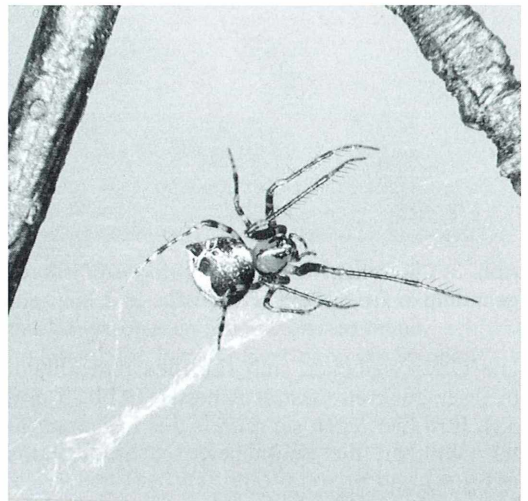
**Spinnen betreiben auf verschiedene Weisen Brutfürsorge. Dabei werden von fast allen Arten Eikokons angefertigt. Als eine wesentliche Aufgabe von Spinneneikokons kann neben dem Zusammenhalt der Eier und dem Schutz vor Witterungseinflüssen die Abwehr von Eiräubern und Kokonparasiten angesehen werden. Dennoch ist es zahlreichen Parasitoiden, also Raubparasiten gelungen, die vielfältigen Maßnahmen der Spinnen zum Schutz ihrer Brut zu überwinden.**

**B**esonders interessante und bisher nicht genau bekannte Parasit-Wirt-Verhältnisse wurden in jüngst fertiggestellten, umfangreichen Untersuchungen bei den Spinnenarten der Gattung *Ero* aus der Familie der Spinnenfresser (Mimetidae) festgestellt (Finch, 2001). Die Vertreter dieser Spinnenfamilie ernähren sich wahrscheinlich ausschließlich von anderen Spinnen, vornehmlich von Kugel- (Theridiidae) und Baldachinspinnen (Linyphiidae) (Wunderlich, 1982). Die Gattung *Ero* tritt in Mitteleuropa mit vier Arten auf, wobei *Ero furcata* die häufigste ist. Die sich im Allgemeinen sehr langsam bewegendenden Spinnen sind bis 4 mm groß und gut anhand ihres mit Höckern versehenen Hinterkörpers sowie an den stark bestachelten Vorderbeinen zu erkennen (Abb. 1). Die markanten Kokons der *Ero*-Arten sind birnenförmig und haben einen Durchmesser von 3–5 mm. Sie sind an einem 1–3 cm langen Faden aus Spinnseide in der Vegetation aufgehängt und werden nicht durch die Weibchen bewacht (Abb. 2a). Die sowohl im Herbst als auch im Frühjahr frisch abgelegten Kokons sind zum Beispiel im Unterholz von Fichtenforsten an den Zweigen junger Fichten zu finden. Die Eier in den im Herbst abgelegten Kokons überwintern, und die Jungspinnen schlüpfen erst im folgenden Frühjahr. Die Weibchen legen in Gefangenschaft bis zu vier Kokons ab (Pötsch, 1963). Die etwas transparenten Kokons bestehen aus einer inneren, weißen Gespinstschicht aus feiner Seide und zwei Lagen aus grober, fester Seide. Die mittlere Lage ist dabei straff über die feine Lage der inneren Schicht gewebt, während die äußere Hüllschicht in Schlingen aufliegt (Abb. 2b). Im Durchschnitt befinden sich nur sechs bis sieben

Eier in einem Kokon. Die 1–3 cm langen Fäden, mit denen die *Ero*-Kokons in der Vegetation aufgehängt sind, können als Schutzmaßnahme gegen kleine Eiräuber (z. B. Wanzen) angesehen werden (Hieber, 1992). Dieses Aufhängen des Kokons kann aber eine Parasitierung durch spezialisierte Hautflügler nicht verhindern.

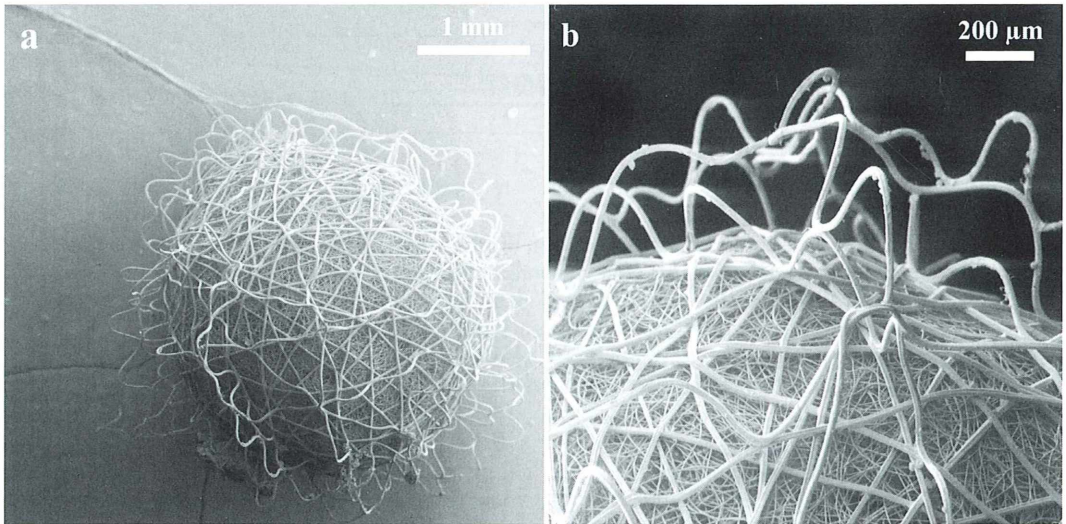
## Flügellose Weibchen

In den *Ero*-Kokons konnten drei Schlupfwespen-Arten als Parasitoide nachgewiesen werden. Es handelt sich um zwei Arten der Gattung *Gelis* und um eine Art der Gattung *Hemiteles*.

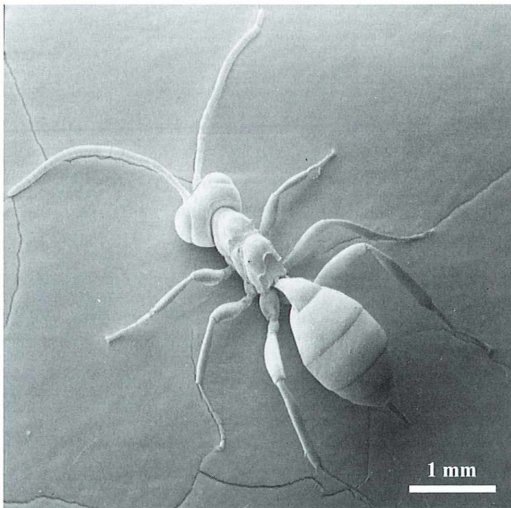


**Abb. 1: Spinne *Ero furcata* aus der Gruppe der Spinnenfresser (Mimetidae).**





**Abb. 2:** a Eikokon eines Spinnenfressers der Gattung *Ero* (Durchmesser 3 mm). b Der Kokon besteht aus drei Lagen: Einer feinen inneren, weißen Gespinstlage und zwei Lagen aus brauner, größerer Seide, von denen die untere geradlinig und die äußere in Schlingen gewoben ist. (Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen REM).



**Abb. 3:** Die Schlupfwespe *Gelis rufogaster* tritt regelmäßig in *Ero*-Kokons auf (REM).

Die *Gelis*-Weibchen sind flügellos und ähneln in ihrer äußeren Gestalt Ameisen (Abb. 3 und 5a). Ihre Eier legen sie mittels des Legeapparates zwischen die Spinneneier in die Kokons (Abb. 4a und b).

Von der *Hemiteles*-Art wurden aus den Kokons die bis dahin noch unbeschriebenen Männchen gezogen (Schwarz und Shaw, 2000). Durch die-

sen Nachweis in einem *Ero*-Kokon wurde zudem erstmalig ein Wirt dieser Schlupfwespe festgestellt. Es bleibt vorerst dahingestellt, ob diese Schlupfwespe auf die Eikokons dieser Spinnengattung spezialisiert ist.

Alle Schlupfwespen überwintern im Puppenstadium in den Spinneneikokons und legen dazu ihrerseits einen Kokon an (Abb. 5c).

### **Hyperparasitismus**

In einer Larve dieser Schlupfwespen, die als spinneneierfressende Primärparasitode in einem *Ero*-Kokon auftreten, wurde als Sekundärparasitoid eine weitere Wespenart festgestellt (dabei handelt es sich um das Phänomen des sogenannten Überparasitismus beziehungsweise des Hyperparasitoidismus).

### **Hohe Mortalität**

Insgesamt können nach den jetzt erstmalig vorliegenden quantitativen Untersuchungen bis zu 40% der *Ero*-Kokons parasitiert sein. Der Verlust an Eiern in den parasitierten Kokons beträgt stets nahezu 100%, so dass der Anteil der durch Parasitoiden verursachten Mortalität bei *Ero*-Arten im Mittel ebenfalls etwa 40% be-

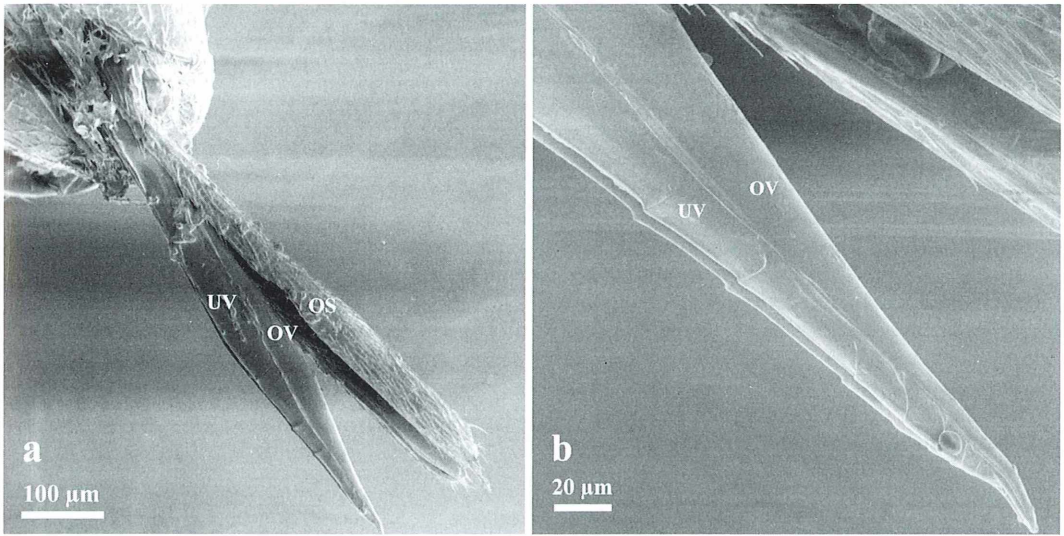


Abb. 4: Eilegeapparat von *Gelis rufogaster*. a Bohrer; b Lateralansicht der Bohrerspitze (OS Ovipositor-Scheide, OV obere Valvula, UV untere Valvula) (REM).

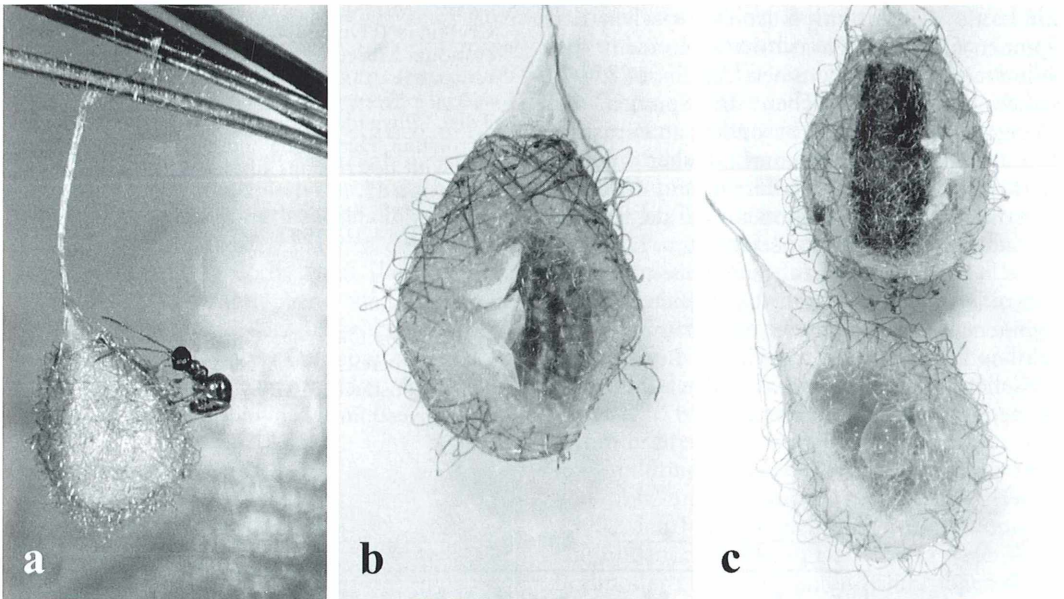


Abb. 5: a *Gelis* spp. bei der Parasitierung eines Eikokons von *Ero*. b Parasitoiden-Larve in einem *Ero*-Kokon. Neben der Larve sind die weißen Hüllen der leeresogenen Spinneneier zu sehen. c *Ero*-Kokon mit dem Puppen-Kokon eines Parasitoiden (oben) und intakter *Ero*-Kokon mit Spinneneiern (unten).

trägt. Damit ist die Parasitierung durch Schlupfwesen ein bedeutender Mortalitätsfaktor bei den Spinnenfressern. Von allen Parasitoiden-Arten entwickelte sich stets nur ein Individuum je Spinneneikokon.

Somit werden von jeder Larve im Mittel sechs bis sieben Eier während ihrer Entwicklung verzehrt. Am Ende ihrer Fraßphase sind die Schlupfwespen-Larven von weißen Hüllen der leeresogenen Spinneneier umgeben (Abb. 5b).



## Spezialisierung und Wechselspiel

Die mit Spinnen assoziierten Schlupfwespen-Arten sind regelmäßig ausschließlich bei diesen zu finden und nicht bei Insekten (Fitton et al., 1987). Schon früh wurden von verschiedenen Autoren Parasitoide, hier besonders die Kokonparasitoiden, als mögliche Regulatoren der Populationsdichten von Spinnen eingestuft. So vermutet Bristowe (1958) unter den Hymenopteren die bedeutendsten Spinnenfeinde, die nur noch von den Spinnen selbst übertroffen werden. Bei einzelnen Spinnenarten verursachen die Parasitoide der Eigelege sicher eine erhebliche Mortalität und wirken möglicherweise als Schlüsselfaktoren auf die Überlebensrate ein (Austin, 1985). Wenn, wie beispielsweise bei *Ero*-Arten, bis zu 40% der Kokons parasitiert werden und eine solche Parasitierung nur wenige oder keine Jungspinnen überleben, so ist dies als eine erhebliche Mortalitätsursache einzustufen.

Im Laufe der Evolution ist es zwischen den Spinnen und ihren Parasitoiden zu einem koevolutiven Prozess gekommen (Austin, 1985). In diesem Prozess versuchen die Spinnen, die Menge an Räubern und besonders an Parasitoiden durch artspezifisch immer stärker differenzierte Kokonformen zu verringern, während sich die Parasitoide zunehmend auf die Kokons einzelner Spinnenarten spezialisieren. Dass einzelne bei den Spinnen auftretende Sekundärparasitoide obligatorisch an die Parasitoiden der Spinneneikokons gebunden sind, kann auf stabile und seit langem etablierte Beziehungen zwischen den Primärparasitoiden und ihren Wirten hindeuten (Fitton et al., 1987).

## Danksagung

Ich danke Herrn Dr. M. Schwarz, Kirschlag (Österreich), für die Hilfen bei der Bestimmung der Parasitoiden.

## Literaturhinweise

- Austin, A. D.: The function of spider egg sacs in relation to parasitoids and predators, with special reference to the Australian fauna. *J. Nat. Hist.* 19, 359-376 (1985).
- Bristowe, W. S.: The world of spiders. Collins, London 1958.
- Finch, O.-D.: Zöologische und parasitologische Untersuchungen an Spinnen (Arachnida, Araneae) niedersächsischer Waldstandorte. *Archiv zool. Publikationen* 4, 1-199 und Anhang (2001).
- Fitton, M. G., Shaw, M. R., Austin, A. D.: The Hymenoptera associated with spiders in Europe. *Zool. J. Linn. Soc.* 90, 65-93 (1987).
- Hieber, C. S.: Spider cocoons and their suspension barriers to generalist and specialist predators. *Oecologia* 91, 530-535 (1992).
- Pötsch, J.: Von der Brutfürsorge heimischer Spinnen. Neue Brehm Bücherei, Wittenberg 1963.
- Schwarz, M., Shaw, M. R.: Western Palaearctic Cryptinae (Hymenoptera: Ichneumonidae) in the National Museums of Scotland, with nomenclatural changes, taxonomic notes, rearing records and special reference to the British check list. Part 3. Tribe Phygadeuontini, subtribes Chirocticina, Acrolytina, Hemitelina and Gelina (excluding *Gelis*), with descriptions of new species. *Entomologist's Gaz.* 51, 147-186 (2000).
- Wunderlich, J.: Spinnenfressende Spinnen. *Neue Ent. Nachr.* 3, 14-16 (1982).

*Verfasser:* Dr. Oliver-D. Finch, Universität Oldenburg, Fachbereich 7/Arbeitsgruppe Terrestrische Ökologie, Postfach 2503, D-26111 Oldenburg, e-mail: [oliver.d.finch@uni-oldenburg.de](mailto:oliver.d.finch@uni-oldenburg.de)

## Anzeige

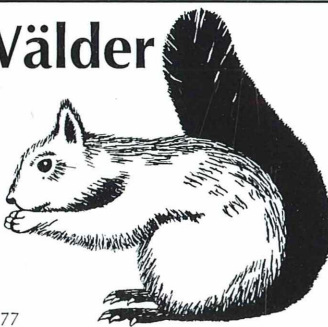
### Lebendige Wälder

Wir brauchen Lebendige Wälder für Mensch und Natur. Helfen Sie uns, Wälder zu schützen.



Deutsche Umwelthilfe

Güttinger Str. 19, 78315 Radolfzell  
Tel. 07732/99 95-0, Fax 07732/99 95 77



## Hot Spot – ein heißes Thema

Klaus Henkel

Der berühmt-berüchtigte Hot Spot der Mikrofotografie – sehr störende, helle Lichtreflexionen im Zentrum der Bilder – wird immer wieder gerne in Berichten aufgegriffen. Klaus Henkel hat in dem von ihm herausgegebenen Mitgliederheft „ $\mu$ “-Mitteilungen der Mikrobiologischen Vereinigung München mehrfach Artikel, in denen Abhilfemöglichkeiten diskutiert werden, publiziert. Hier werden einige dieser Beiträge und zusätzliche Anmerkungen von Herrn Dr. Ulrich Poggensee aus Werder zum Thema Hot Spot zusammengestellt.

Einmal aufgegriffene Themen werden in  $\mu$  erschöpfend behandelt – bis zur Erschöpfung des Themas und der Leser. Deshalb nochmals Hot Spot – zur Verwunderung aller, die ihn nicht kennen, und zur Erbauung derer, die unter ihm leiden. Abbildung 1 zeigt einen deutlichen Hot Spot in einem Katzenflohpräparat. Gerhard Göke hat spontan für  $\mu$  einen Beitrag zum Hot Spot geschrieben und Dr. Friedrich Karl Möllring aus Aalen ergänzt mit den Erfahrungen im früheren Mikrolabor von Carl Zeiss in Oberkochen. Auch den Noch-Nichtfotografen unter den Lesern sei die Lektüre empfohlen, denn die meisten machen doch irgendwann einmal Mikrofotos. Tritt dann ein Hot Spot auf, so ist es gut, wenn man vorbereitet ist, sich erinnert und den entsprechenden Artikel herauskramen kann. Offenbar ist nach uns zugegangenen Mitteilungen das Übel doch recht weit verbreitet.

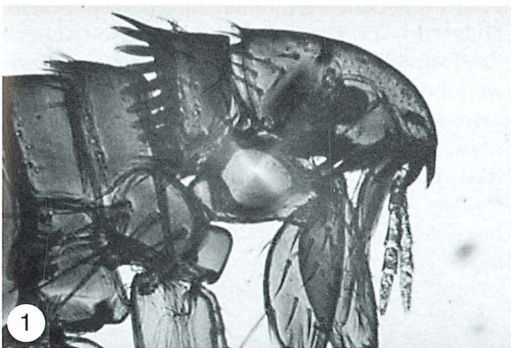


Abb. 1: Hot Spot in einem Katzenflohpräparat (*Ctenocephalides felis*) (Abbildung: Ulrich Poggensee, Werder).

### Versuch einer Erklärung des Hot Spot von Gerhard Göke

Der ärgerliche helle Fleck in der Bildmitte von Mikroaufnahmen wurde zuerst in England diskutiert und erhielt dort seinen Namen Hot Spot. Unser verstorbener Freund Dr. C. van Duijn aus Zeist in den Niederlanden brachte das Thema 1992 zur Diskussion mit nach Hagen zu den 4. Internationalen Mikroskopie-Tagen. Von den Tagungsteilnehmern hatten einige ebenfalls mit dem Hot Spot zu kämpfen. In seinem Lichtbildervortrag stellte van Duijn ein sogenanntes Schlierenfilter vor, das eigentlich für einen anderen Eingriff in den Beleuchtungsstrahlengang vorgesehen ist, bei der Beseitigung des Hot Spot aber gute Dienste leistet. Es handelt sich um eine runde Klarglasscheibe, die so mit weißmattem Tesaband oder Scotch Tape abgedeckt ist, dass ein Balkenkreuz mit 1 bis 2 mm breiten klaren Balken stehen bleibt. Das in Abbildung 2 abgebildete Filter wurde 1993 von mir noch einmal beschrieben (Göke, 1993). Ich habe es mehreren Mikroskopikern empfohlen, auch Herrn Dr. Ulrich Poggensee in Berlin, der über seine guten Erfahrungen damit berichtet hat (Poggensee, 1999).

Das Schlierenfilter lässt durch die klaren Balken ein größtenteils kohärentes Licht passieren, während die matten Flächen das Licht weitgehend inkohärent streuen. Bei seinem Einsatz ist der Hot Spot in der Regel verschwunden.

Es gibt aber auch andere, vielleicht sogar bessere Methoden, den Hot Spot zu unterdrücken oder zu beseitigen. Bei Verwendung einer ringförmigen anstelle einer zentralen Hellfeld-Beleuchtung wird kein Hot Spot erzeugt. Man kann zum Bei-



spiel normale Hellfeldobjektive in Kombination mit einem Phasenkontrastkondensor verwenden. Jedes Hellfeldobjektiv wird mit einer seiner numerischen Apertur entsprechenden Ringblende benutzt. Für das Hellfeld Objektiv 60:1/0,85 n. A. kann man recht gut die Ringblende des Phasenobjektivs 40:1/0,65, weniger gut die für das Ph-Objektiv 100:1/1,30 benutzen. Die ringförmige Beleuchtung hat gegenüber der zentralen noch weitere Vorzüge, auf die van Duijn (1990) hingewiesen hat. Die Vorzüge der spatiellen Filterung durch Ringblenden, die eine optische Spaltung zwischen den Beugungsspektren der feineren und einem Teil der größeren Struktureinheiten bewirkt, habe ich im MIKROKOSMOS ausführlich beschrieben (Göke, 1991). Meine Mikroaufnahmen im Hellfeld, auch bei Beleuchtung mit dem Mikroblitz nach Stahlschmidt, mache ich meistens bei ringförmiger Beleuchtung. Im Hagerer Mikro-Heft Nr. 5 (März 1994) hat Prof. Dr. Werner Nachtigall eine andere Methode vorgestellt: Er hat alle metallischen Innenflächen im Bereich des mikroskopischen Strahlengangs, also alle Tuben, selbst die Ränder der Objektiv- und Okularfassungen und so weiter mit käuflichem schwarzen Samtpapier ausgeklebt. Der Effekt war verblüffend. Mindestens 90% der Hot Spots waren verschwunden. Der Rest störte nicht mehr. Prof. Nachtigall schreibt dazu: *Mit dem schwarzen Samtpapier wird nicht die Entstehung der störenden Strahlen, sondern einfach deren Auswirkung durch Reflexunterdrückung verhindert. Bei langen fotografischen Zwischentuben gibt es manchmal das gleiche Problem. Auch hier hilft schwarze, selbstklebende Mattsamtfolie auf verblüffende Weise.*

Wir wissen jetzt, wie man den Hot Spot unterdrücken kann, aber wodurch entsteht er überhaupt? Die Helligkeit des mikroskopischen Bildes in der Filmebene wird hauptsächlich durch die Art der Beleuchtungseinrichtung und die verwendete Lichtquelle bestimmt, in zweiter Linie beeinflusst durch das Transmissionsverhalten der abbildenden Optik und durch die in den Strahlengang eingeführten Filter, planparallelen Platten und Prismen. Aufgrund des Energieerhaltungssatzes ist für ein nicht abgeblendetes optisches System der Lichtstrom eine konstante Größe. Das gilt jedoch nur für den Fall, dass keine Absorptions- oder Streuverluste auftreten. Die Beleuchtungsstärke wird durch die in der Filmebene auftretende Dichte des Lichtstromes bestimmt. Ich verzichte hier auf die zu dieser Aussage gehörenden Formeln, die besagen,

dass unter idealen Bedingungen die Helligkeit des Bildes in der Filmebene, wenn kein Präparat unter dem Objektiv liegt, in allen Punkten gleich groß ist.

Die Bedingungen sind aber nicht immer ideal. Durch Reflexionen im beleuchtenden und abbildenden Strahlengang kommt es zu Helligkeitsgradienten in der Filmebene, die besonders bei langen Belichtungszeiten von der fotografischen Emulsion gnadenlos registriert werden. Beim Hot Spot handelt es sich um eine größere Helligkeit des Bildes in der Bildmitte. Im abbildenden Strahlengang des Mikroskops, besonders im Prismensystem der trinokularen Tuben und den nachgeschalteten Linsen werden manchmal Reflexbilder der zentrischen Aperturblende erzeugt, die als helle Flecken in der Mitte des Bildes erscheinen. Beim Verstellen des beweglichen Strahlenteilers 100:100 oder 30:70 eines trinokularen Tubus sind sie plötzlich verschwunden, nach mehreren Aufnahmen durch unbeabsichtigtes Verstellen der Strahlenteiler aber wieder vorhanden.

Sehen wir uns einen trinokularen Tubus mit verstellbarem Strahlenteiler einmal genau an. In seiner Lichteintrittsöffnung befindet sich meistens eine Linse. Es folgt das verstellbare Prismensystem (100% Licht in die Okulare oder 100% Licht zur Filmebene oder 30% in die Okulare und 70% zur Filmebene). Oberhalb des Prismensystems befindet sich beim Strahlengang 100% zur Filmebene eine Korrektionslinse, bei den anderen Strahlengängen eine planparallele Platte. Das sind viele Glas/Luft-Flächen. Das nächste optische Glied ist das Projektiv beziehungsweise das dafür berechnete Foto-Okular, eventuell gefolgt von einer Großfeldlinse, die das reelle Zwischenbild in der Filmebene verkleinert und dadurch mehr Fläche des Präparates abbildet, also weitere Glas/Luft-Flächen. In diesem System stecken zweifellos die meisten Ursachen für die Entstehung des Hot Spot. Das ist übrigens identisch mit dem, was Altmeister Kurt Michel bereits 1957 über die Verwendung einer Kamera mit Objektiv bei der Mikrofotografie beschreibt:

*Durch die meist zahlreichen Glas-Luftflächen des Kameraobjektivs werden unter Umständen Reflexbilder der Aperturblende erzeugt, die als mehr oder weniger große, je nach den Verhältnissen scharf oder unscharf begrenzte helle Flecken in der Mitte des Bildes erscheinen. [...] Ein in die Einstellebene fallendes Blendenfleckchen kann schon auf der Mattscheibe erkannt werden, be-*

*sonders gut dann, wenn man in die Mitte des Gesichtsfeldes eine dunkle Partie des Objektbildes bringt. Unter Umständen kann man es dadurch unschädlich machen, daß man die Entfernung zwischen Kameraobjektiv und Okular des Mikroskops um kleine Beträge variiert. Oft findet man dabei eine Stellung, bei der ein Blendenfleck gerade nicht in der Einstellebene liegt.*

Im beschriebenen Falle sind es die Glas/Luft-Flächen des Systems Teilerprismen + Korrektionslinsen + Projektiv beziehungsweise Okular + Großfeldlinse + Umlenkspiegel der Kleinbild-Spiegelreflexkamera. Während die Optik des abbildenden Strahlenganges meistens mehrschichtig vergütet ist, wird das bei der Optik des beleuchtenden Strahlenganges in der Regel vernachlässigt. Auch das kann eine, wenn auch nicht alleinige Ursache des Hot Spot sein, die sich mit der von Werner Nachtigall beschriebenen Samtauskleidung beseitigen lässt.

#### **Jan Kros aus Holland schreibt dazu:**

Mir ist das ... auch mal passiert, und niemand konnte die Ursache feststellen. Mein ganzes Trinokular wurde auseinander genommen, aber es wurde nichts gefunden. Da kam ein alter Mikroskopiker und sagte zu mir, ich solle den Tubus mal neu mit Farbe mattieren, dann werde das Problem gelöst. Ich habe das gemacht, und tatsächlich war der Hot Spot danach verschwunden.

#### **Anmerkungen von Ulrich Poggensee**

In den Mitteilungen des Berliner Betriebs für zentrale gesundheitliche Aufgaben (1999) gibt Ulrich Poggensee ebenfalls Lösungsvorschläge zur Bekämpfung des Hot Spots an. Neben dem oben beschriebenen, modifizierten Schlierenfilter von Gerhard Göke erwähnt er einen Vor-

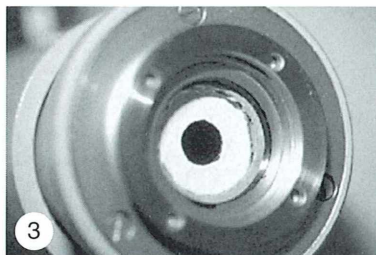
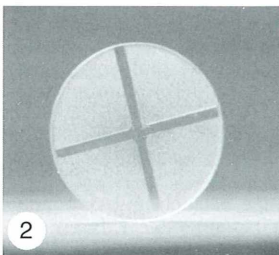
schlag von Dr. Michael Zöllffel (Firma Zeiss), nämlich zusätzliche Lochblenden in den Aufsetztubus einzufügen. Dazu kommen zwei Möglichkeiten in Frage:

1. Der Tubusfuß. Hier wird eine Blende mit dem lichten Durchmesser von 8 mm eingesetzt (Abb. 3). Es ist notwendig, darunter einen weiteren Distanzring von 3 mm hinzuzufügen, da sonst der zusätzlich eingebaute Vergrößerungswechsler beim Einklappen in den Strahlengang die Blende berührt.
2. Zusätzliche Einfügung einer weiteren Blende oberhalb des Strahlteilers (Abb. 4). Hier ist werksseitig schon eine Metallblende mit 19 mm Durchmesser vorhanden. Der kritische Lochdurchmesser (bei dem keine Beschneidung des Bildfeldes eintritt) der zusätzlichen oberen Blende liegt bei 16 mm. Die vorhandene Metallblende wird in situ belassen; sie dient hervorragend als Halter für die zusätzliche neue Blende. Die Blenden können aus Karteikastenpapier gefertigt und mit Filzstift geschwärzt werden.

Beide Lösungsvorschläge können nachweislich dazu beitragen, den Hot Spot zu beseitigen. Das Schlierenfilter nach Göke erwies sich jedoch als wirkungsvoller. Da die Lochblenden nicht stören, kann man sie zusätzlich verwenden.

#### **Spotting the Hot Spot von Dr. Friedrich Karl Möllring**

Ein Hot Spot, eine zentrale, mehr oder weniger scharf umgrenzte Bildaufhellung, kommt ja daher, dass an dieser Stelle mehr Licht in die Bildebene gelangt als in der übrigen Bildfläche. Den Ursprung dieses „Zusatzlichts“ gilt es herauszufinden. Im Falle der Mikrofotografie ist das z. B. dadurch möglich, dass man die leere Kamera öffnet, mit einem Auge möglichst nah an die Bildebene (= spätere Filmebene) herangeht und



**Abb. 2: Schlierenfilter. – Abb. 3: Blende unten am Tubus. – Abb. 4: Blende über dem Strahlteiler (Abbildungen 2–4: Ulrich Poggensee, Werder).**



in Richtung Austrittspupille blickt. Von außerhalb der Bildmitte in die Kamertiefe blickend, wird man zunächst lediglich den hellen Fleck der Austrittspupille sehen, aber sobald man sich – es ist eine Art von Abscannen der Bildebene – der Bildmitte nähert, wird vielleicht irgendwo in der Umgebung der Austrittspupille ein Reflex auftauchen (ein Fassungs- oder Tubusinnenreflex?), der meistens ringförmig, nur von der Bildmitte aus betrachtet ein vollständiger Ring ist, also besonders viel Zusatzlicht liefert. Doch schon wenig außerhalb dieser Bildmitte erscheint er nur als Teil-Ring, liefert also bereits viel weniger Zusatzlicht und wird deshalb kaum noch Ärger in Sachen Hot Spot machen.

Durch sorgfältiges Köhlern wird man solche Fehler immer beseitigen können! Übrigens führt das mehrfach von anderen vorgeschlagene Auspinseln von Tuben mit Mattlack oder Auskleiden mit selbstklebendem Samtpapier nur dann zu auffälligen Verbesserungen, wenn die Strahlenführung noch *nicht* optimal ist!

Viel schwieriger sind solche Hot Spots zu beseitigen, wie sie Herr Göke in  $\mu$  22, beschreibt und dazu Kurt Michel (1957) zitiert. Diese Reflexbilder der Aperturblende sind natürlich besonders gut zu demonstrieren bei einem optischen Aufbau, bei dem sich – wenigstens teilweise – die Linsenabstände kontinuierlich ändern lassen – wie das bei den Zoomobjektiven in Camcordern üblich ist. Zurzeit dient mir zur Demonstration dieser Störung folgender Aufbau: Zeiss Standard 16, Neofluar 40/0,75 Ph 2, (leerer) Geradtubus, Wild Spezialokular 2,5 $\times$  für Filmkameras mit Zoomoptik (extrem hohe Austrittspupille), Camcorder Mitsubishi C 35 mit Objektiv 9 bis 54 mm. Bei einem bestimmten mittleren Zoombereich erscheinen zwei Hot Spots verschiedener Größe: Die Bilder der ringförmigen Aperturblende. Sie sind schnell als solche identifiziert, denn beim leichten Drehen der Blendenscheibe des Ph-Kondensors beginnen die Blendenbilder gegenläufig auszuwandern.

Falls diese Reflexbilder der Aperturblende auftreten und auch sorgfältiges Köhlern keine Verbesserung bringt, muss eine genaue Untersuchung einer zugänglichen Aperturebene Aufklärung bringen, z. B. der Austrittspupille in der Tiefe der Kamera, von der Bildebene aus (siehe oben). Dabei ergibt sich aber ein so kleiner Betrachtungsabstand, dass ein Normalsichtiger doch Akkommodationsschwierigkeiten haben dürfte. Abhilfe schafft dann entweder eine schwache Lupe oder das Hilfsmittel, das ja

speziell zur Inspektion der Pupille geschaffen wurde, nämlich das (fokussierbare!) Hilfsmikroskop zum Zentrieren der Phasenringe. Anstatt es in einen Tubus zu stecken, kann man es z. B. auf einer Glasplatte abstützen, die das Bildfenster der Kamera überdeckt und, unter Umständen leicht gekippt, auf die AP richten. Wenn man kein Ph-Hilfsmikroskop hat, aber trotzdem jederzeit die Aperturebene kontrollieren möchte, tut den (fast) gleichen Dienst eine starke Lupe (ca. 16 $\times$ ), die man parallel zur optischen Achse auf den Lichtfleck der Austrittspupille über dem Beobachtungsookular richtet – etwas mühsam, aber es funktioniert. Bei einem schwachen Okular geht es besser, weil dann die Austrittspupille größer ist.

Jetzt hat man beste Voraussetzungen, die Ursache eines Hot Spots „der zweiten Art“ zu finden – sie kann nur Zusatzlicht (siehe oben) innerhalb der Fläche der Austrittspupille sein, gewöhnlich in Form eines Reflexes, der eventuell bereits durch geringe Abstandsänderungen von Glas/Luft-Flächen zum Verschwinden gebracht werden kann. Probieren erscheint mir unerlässlich, und das kann mühsam werden, aber die Herausforderung unserer kriminalistischen Ader ist immer auch mit schönen Erfolgserlebnissen verbunden. Denken Sie dabei an alles, auch an Unwahrscheinliches oder Banales, z. B. auch daran, dass die unbedeckten Okulare Ihres Einstellubus zufällig genau auf die Deckenleuchte Ihres Labors zielen könnten – wie ich es selbst erlebt habe, als ich einmal der Reklamation eines Zeiss Ultraphot II bei einer der größten Fotofirmen in den USA auf den Grund ging.

### Literaturhinweise

- Göke, G.: Kontrastmodulation und Superresolution mit Ringblenden. *Mikrokosmos* 80, 356–390 (1991).
- Göke, G.: Neues vom Hot Spot. *Hagener Mikroheft* Nr. 1, September 1993.
- Nachtigall, W.: Eine simple, verblüffend effiziente Methode zur Beseitigung von „Hot Spots“. *Hagener Mikro-Heft* Nr. 5, März 1994.
- Michel, K.: Die wissenschaftliche und angewandte Photographie. Band 10: Die Mikrophotographie. Wien 1957.
- Poggensee, U.: Der Hot Spot. *Berliner Betrieb für zentrale gesundheitliche Aufgaben (BBGes.)*. Mitteilung 1999.
- Van Duijn, C.: Ringförmige Beleuchtungssysteme in der Mikroskopie. Arbeitsmappe der 3. Internationalen Mikroskopie-Tage in Hagen 1990.

*Verfasser:* Klaus Henkel, Auf der Scheierlwiese 13, D-85221 Dachau

## *Tropidoatractus acuminatus* – Ein Ciliat mit vielen Formenvarianten

Philipp Mayer und Martin Kreutz

Die Faulschlammzonen von Tümpeln und Weihern sind Lebensraum von interessanten und manchmal abstrakt geformten Lebensformen. Besonders unter den Ciliaten finden sich viele speziell an dieses anaerobe Milieu angepasste Arten wie beispielsweise Vertreter aus den Gattungen *Metopus* (Mayer, 1995), aber auch *Caenomorphia* oder *Loxodes*.

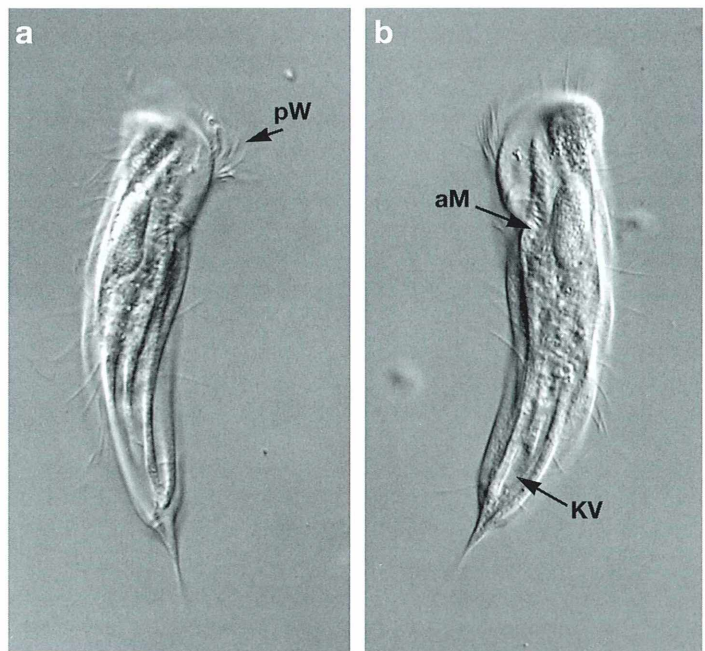
Den seltsam spiralförmigen Ciliaten *Tropidoatractus acuminatus* (Baumeister, 1932; Kahl, 1935; Foissner, 1992) findet man jedoch nicht in jeder Probe aus abgestorbenen Blättern oder Pflanzenmaterialien. Er ist nur selten zu finden, uns sind nur wenige Fundorte bekannt. Nur in einem Braunwassertümpel, westlich von Konstanz gelegen, kommt er regelmäßig vor.

### Die Probennahme

Die einfachste Art und Weise aus der Faulschlammzone eine repräsentative Probe zu zie-

hen, ist einen Becher oder ein Glas an einem Stab zu befestigen und diesen einfach in die Benthossschicht am Gewässerboden rasch hineinzustoßen. Dort füllt sich das Gefäß recht selektiv mit Wasser und festem Material aus der gewählten Tiefe. Ist auf dem Stab noch eine Skalierung markiert, kann man die Eintauchtiefe bequem steuern und dokumentieren. Die so gezogenen Proben sollten mindestens 30% abgestorbenes und zersetztes Material enthalten. Man bewahrt sie am besten in circa 15 cm hohen Gefäßen auf, damit sich unten am Boden eine sauerstofffreie Zone ausbilden kann. Hier sammeln sich alle anaeroben Lebensformen und konzentrieren sich regelrecht auf dem

Abb. 1a, b: *Tropidoatractus acuminatus* (forma gracilis). a dorsale Ansicht. Das Exemplar ist  $100 \times 25 \mu\text{m}$  groß. Die Pelli-cula ist durch 7–8 Rippen stark spiralförmig gefurcht, welche den Zellkörper stets rechtsdrehend umlaufen. pW perizonales Wimperband. b Das gleiche Exemplar ventral gesehen. Hier wird die adorale Membranellenzone (aM) sichtbar. KV kontraktile Vakuole.





Grund. Nach einem Tag ist der Separationsprozess abgeschlossen. Man findet in solchen Proben oft sehr artenreiche Lebensgemeinschaften.

### Rechts- oder linksdrehend?

*T. acuminatus* ist ein Ciliat, der bei der Beobachtung von Faulschlammproben sofort durch seine spiralig geformte Pellicula auffällt (Abb. 1a und 1b). Die Pellicula ist durch 7–8 hohe Rippen sehr

stark gefurcht. Der Ciliat ist deshalb leicht zu bestimmen und kann mit keiner anderen Ciliatenart verwechselt werden. Interessant ist, dass die Drehrichtung der spiralig verlaufenden Rippen stets rechtsdrehend ist, also im Uhrzeigersinn. Dies erkennt man, wenn man den Ciliaten gedanklich vom Vorderende her betrachtet und den Verlauf der Rippen zum Hinterende verfolgt. Nie konnten wir Exemplare finden, die linksdrehende Rippen hatten und auch in der Literatur sind alle Exemplare rechtsdrehend abgebildet.

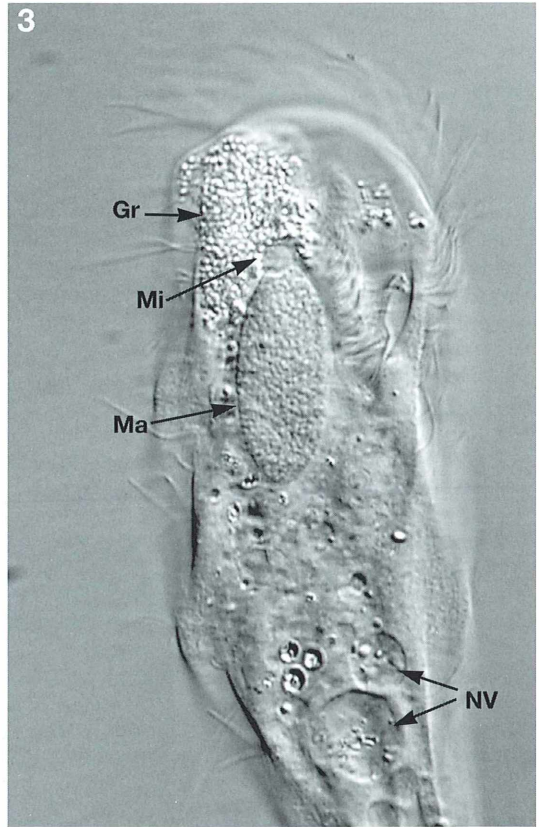
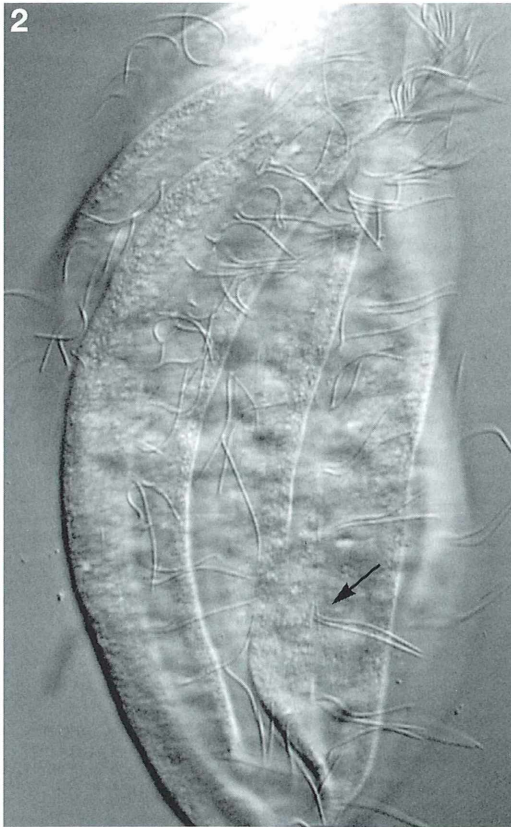
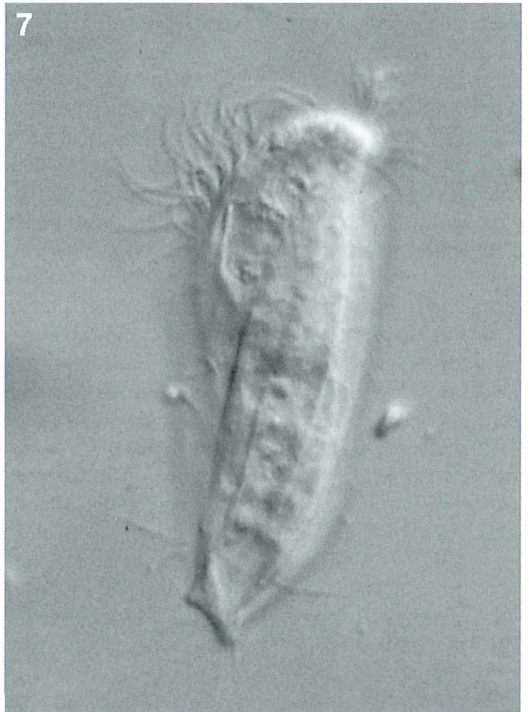
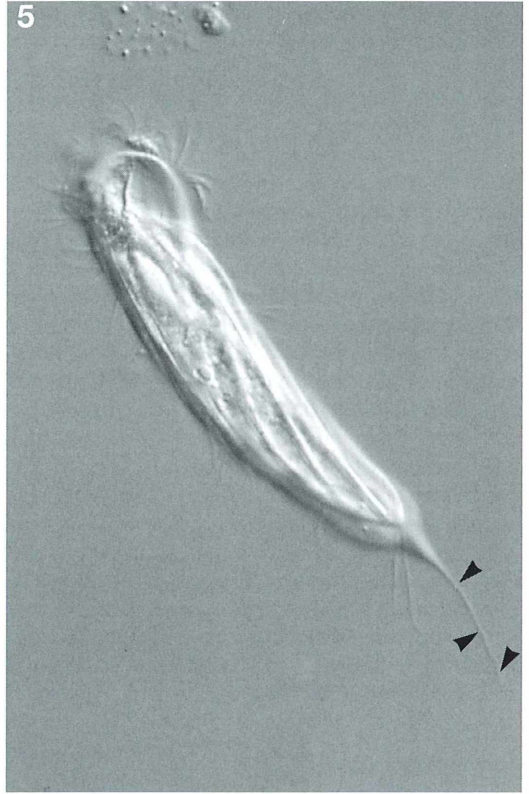
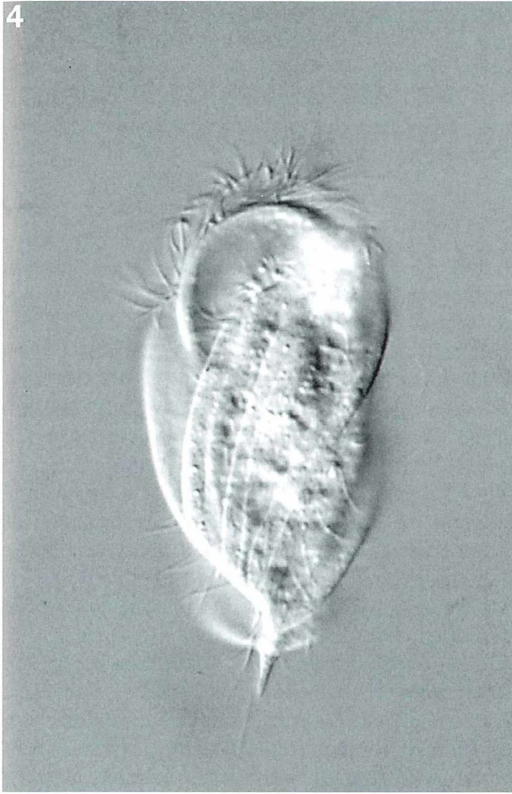


Abb. 2: Bei starker Vergrößerung erkennt man deutlich die paarig angeordneten Cilien (Pfeil), welche zwischen den Rippen angeordnet sind. – Abb. 3: Der ellipsoide Makronucleus (Ma) von *T. acuminatus* mit dem anliegenden kugelförmigen Mikronucleus (Mi). Im Vorderende häufen sich farblose oder violettbraune Granula (Gr) an. In den Nahrungsvakuolen (NV) finden sich meistens Rhodobakterien.

Abb. 4: Die gedrungene forma lata von *T. acuminatus* ist deutlich kleiner als die forma gracilis und hat nur einen sehr kurzen Dornfortsatz. Dieses Exemplar ist 81  $\mu\text{m}$  lang. – Abb. 5: Die seltene forma caudata von *T. acuminatus* zeichnet sich durch einen mitunter enorm verlängerten Dornfortsatz aus (Pfeilköpfe), der körperlang sein kann. Dieses Exemplar ist 135  $\mu\text{m}$  lang, wovon der Dornfortsatz 40  $\mu\text{m}$  einnimmt. – Abb. 6 und 7: Eine weitere Formenvariante von *T. acuminatus* besitzt keinen Dornfortsatz. Stattdessen besitzt sie ein abgestutztes Hinterende. Dieses Exemplar, gezeigt aus lateraler (Abb. 6) und dorsaler Sicht (Abb. 7), war 65  $\mu\text{m}$  lang.





Durch den spiraligen Verlauf der Rippen schwimmt *T. acuminatus* stets linksdrehend um die eigene Achse rotierend. Er ist dabei recht träge. Der Körper ist nur spärlich bewimpert, mit 7–8 Wimpernreihen, die in den Spiralfurchen der Pellicula verlaufen und aus paarig angeordneten Wimpern bestehen (Abb. 2). Am abgeflachten vorderen Körperende sind mehrere Reihen dicht stehender perizonaler Wimpernreihen zu erkennen, die eine auffallende Mähne bilden (Abb. 1a). Sehr viel schwieriger ist die adonale Membranellenzone zu erkennen (Abb. 1b), die relativ kurz und leicht gebogen ist. Die undulierende Membran ist sehr unauffällig und war auf den Bildern nicht darzustellen. Im Vorderende war fast immer eine Anhäufung violettbrauner oder farbloser Granula vorhanden (Abb. 3). Im vorderen Drittel des Zellkörpers liegt der Makronucleus. Er ist ellipsoid geformt und war überwiegend  $20\text{--}23 \times 8\text{--}10 \mu\text{m}$  groß. Ihm angelagert befindet sich der fast kugelförmige Mikronucleus (Abb. 1a und 3). Die kontraktile Vakuole liegt terminal an der Basis des ausgezogenen Hinterendes, das man in diesem Falle auch als Dornfortsatz bezeichnet (Abb. 1b).

### Formenvarianten

Hat man das Glück, *T. acuminatus* öfters zu finden, fallen einem schnell diverse Formenvarianten auf. So gibt es schlanke und gedrungene Formen mit langen und kurzen Dornfortsätzen, oder auch solche, die hinten eher schräg abgestutzt erscheinen. Dieser Sachverhalt wurde schon von Baumeister (1932) genauestens untersucht; er unterscheidet die Formen caudata, lata und gracilis. Wir konnten alle drei Formen finden. In unseren Proben war die Form gracilis am häufigsten, welche sich durch eine schlanke Körperform mit fast parallelen Seiten und einem mittellangen Dornfortsatz auszeichnet (Abb. 1a und 1b). Unsere Exemplare waren durchschnittlich  $100\text{--}130 \mu\text{m}$  lang und  $25\text{--}30 \mu\text{m}$  breit. Die von Baumeister beschriebene Form lata war wesentlich seltener und stellt eine stark gedrungene Form von *T. acuminatus* dar mit einem reduzierten Dornfortsatz (Abb. 4). Ihre Größe beträgt nur etwa  $80 \times 40 \mu\text{m}$ . Die Körperform ist eher keilförmig und im vorderen Körperdrittel am breitesten. Von der dritten von Baumeister beschriebenen Form (caudata) fanden wir nur wenige Exemplare (Abb. 5). Ihr Merkmal ist ein verlängerter Dornfortsatz bei sonst identischen Körperproportionen wie die der gracilis-Form. Baumeister gibt Funde an, bei

denen der Dornfortsatz so lang wie der Zellkörper ist. Eine solche extreme Verlängerung des Dornfortsatzes fanden wir zwar nicht, jedoch war durch stark verlängerte Dornfortsätze mit bis zu  $50 \mu\text{m}$  auch aus unserer Sicht eine caudata-Form zu unterscheiden.

### Eine neue Form von *T. acuminatus*

Neben diesen drei von Baumeister beschriebenen Formvarianten, die wir alle auch an unserem Fundort finden konnten, begegneten wir auch einer weiteren Variante, die durch keine der drei oben beschriebenen Formen abgedeckt wird. Es handelt sich um eine kleine, nur  $56\text{--}65 \times 15\text{--}20 \mu\text{m}$  große Form ohne jeglichem Dornfortsatz (Abb. 6 und 7). Stattdessen waren diese Exemplare hinten schräg abgestutzt, und es waren höchstens leichte Kuppen zu erkennen, die man als auslaufende Rippen interpretieren kann. Auffällig war auch, dass diese Form nur schwach ausgebildete Rippen hatte. Am inneren Aufbau gab es keine Besonderheiten. Diese Variante fanden wir zwar sehr selten, jedoch regelmäßig. Wie diese Form von *T. acuminatus* einzustufen ist, bleibt unklar. Es könnte sich unserer Ansicht nach zum Beispiel um kleinere Exkonjuganten handeln, da wir *T. acuminatus* häufiger in Konjugation fanden. Möglich wäre auch, dass es sich um das Resultat einer inäqualen oder fehlgeschlagenen Teilung handelt. Wir konnten jedoch nie eine Teilung beobachten, um dies beurteilen zu können. Vielleicht handelt es sich aber auch tatsächlich um eine vierte Formvariante von *T. acuminatus*, was möglicherweise durch unabhängige Untersuchungen von anderen Fundorten belegt werden kann.

### Literaturhinweise

- Baumeister, W.: Der Infusor *Tropidotractus acuminatus* Levander. Arch. Protistenkd. 77, 360–378 (1932).  
 Foissner, W., Berger, H., Kohmann, F.: Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobienindexsystems. Band II: Peritricha, Heterotrichida, Odontostomatida. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, München 1992.  
 Kahl, A.: Urtiere oder Protozoa (Infusoria). In: Dahl, F. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands, Gustav Fischer Verlag, Jena 1935.  
 Mayer, P.: Leben im Faulschlamm. Mikrokosmos 84, 211–217 (1995).

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

# Ein Fall für den Hammer – Wie seinerzeit Carl Zeiss mit mangelhaft gefertigten Mikroskopen zu verfahren wusste

Klaus Hausmann

**Man hört es mal hier, mal dort, dass Carl Zeiss soeben fertiggestellte Mikroskope, die seinen Qualitätsstandards nicht entsprachen, mit einem Hammer zerschlagen haben soll, um den Verkauf minderwertiger Ware zu verhindern und somit den hohen Qualitätsstandard seiner Produkte zu wahren. Was ist Wahres daran? Der folgende Bericht geht dieser Geschichte auf den Grund.**

**A**ls ich zum ersten Mal hörte, dass Carl Zeiss absolut neuwertige, aber seinen Qualitätsansprüchen nicht genügende Mikroskope mit einem schweren Hammer zerschlagen haben soll, und dass dieses routinemäßig an jedem Wochenende in seiner Werkstatt stattgefunden habe, wollte und konnte ich dem Gehörten nicht glauben. Da ich die Geschichte aber immer wieder aus ganz verschiedenen Quellen vernahm, ging ich der Sache auf den Grund. Ein ehemaliger Diplomand, unterdessen seit einigen Jahren Zeiss-Außendienstmitarbeiter und dazu noch vielfacher MIKROKOSMOS-Autor, Dr. Michael Zöllfel, verwies mich mit meiner Frage an Herrn Dr. Wolfgang Wimmer, wissenschaftlicher Archivar des Zeiss-Archivs in Jena.

## Quellensuche und Quellenstudium

Der erste Anruf dorthin erbrachte zwar nicht den direkten Kontakt zu ihm, sondern zunächst zu seiner Sekretärin. Als ich ihr mein Anliegen schilderte, konnte sie mir zu dieser speziellen Nachfrage verständlicherweise spontan keine Auskünfte geben. Sie äußerte sich zwar etwas erstaunt über diesen Sachzusammenhang, hielt aber andererseits die Geschichte nicht für grundsätzlich ausgeschlossen, da ihr die Zerstörung minderwertiger Ware aus der Porzellanherstellungsbranche, in der sie zuvor beruflich tätig war, als Routinemaßnahme bekannt war. Sie versprach mir, sich um diese Angelegenheit zu kümmern.

Erfreut war ich, als sich nach kurzer Zeit Archivar Dr. Wimmer bei mir meldete und mir, nachdem ich ihm mein Anliegen darlegte, bestätigte, dass es derartige Berichte gebe und Entsprechendes möglicherweise in der Zeiß-Werkzeitung zu finden sei (ursprünglich wurde der Familienname von Carl Zeiss am Ende mit einem „ß“ geschrieben, was im Laufe der Zeit in „ss“ geändert wurde, warum auch immer).

Wenige Tage später erhielt ich dann mit der Post die gewünschten Unterlagen. Es waren Fotokopien aus der besagten Zeiß-Werkzeitung (Abb. 1). Dort konnte ich nun unter der Überschrift *Erinnerungen an Carl Zeiß*, welche von einem langjährigen Zeiß-Mitarbeiter aufgeschrieben waren, lesen:

*... Aber Carl Zeiß war durchaus nicht etwa nur auf Wohlwollen und Harmonie bedacht; er wusste auch unbefriedigende Zustände mit männlicher Entschlossenheit zu beseitigen. Davon bietet folgendes Vorkommnis einen Beweis: Ein Gehilfe hatte eine Reihe fertiger Mikroskope abgeliefert. Carl Zeiß besah sie von allen Seiten, erprobte die Prismenführungen, die Triebbewegungen, die Tubusauszüge - und sagte kein Wort. Er deutete dem Gehilfen die Mikroskope in die Werkstatt zu schaffen, zum Amboß. Dort ergriff er den größten Hammer, nahm ein Mikroskop nach dem anderen und hieb sie mit mächtigen Schlägen zu unförmigen Metallmassen zusammen. „So nun sind wir miteinander fertig!“ ...*



### Der Hammer-Akt fand statt

Offenbar hat es in der Tat die Hammer-Aktion gegeben, zwar möglicherweise nicht allwöchentlich, aber zumindest einmal. Heutzutage mag man vielleicht denken, dass diese harsche Reaktion von Carl Zeiss auf für ihn nicht zufriedenstellende Produkte übertrieben war.

Aber hätte diese Firma jemals ihren Weltruf für höchste Mikroskop-Qualität erlangt, wenn sie sich mit der Produktion minderwertiger oder auch nur mittelmäßiger Instrumente zufrieden gegeben hätte? Wohl kaum!

Verfasser: Prof. Dr. Klaus Hausmann,  
Redaktion MIKROKOSMOS

## Kurze Mitteilung

### Noch ein „Torfgespenst“: Erneuter Fund der Amöbe *Gymnophrys cometa*

Über diese retikulären, das heißt, netzartigen Amöben wurde bereits mehrfach im Mikrokosmos berichtet (Brantner, 1999; Hippe, 1998, 1999). Mein Zufallsfund scheint insofern interessant zu sein, als es sich dabei um eine wesentlich kleinere Version handelt als die bisher beschriebenen.

Die Spannweite der eben noch im Phasenkontrast erkennbaren Pseudopodien betrug etwa nur 80 µm, der Zentralkörper maß etwa 8 µm. Das Objekt war sehr kontrastarm. Es war ein in unregelmäßigen Abständen erfolgreiches Pulsieren bis in die Pseudopodien hinein festzustellen. Zu einer Fortbewegung kam es dabei nicht. Leider konnte ich den Organismus nur relativ kurze Zeit beobachten. Das Objekt befand sich nämlich dicht am Deckglasrand und wurde durch eindringendes Immersionsöl zerstört.

Das Exemplar stammt aus dem Wasseransatz von Laubmoosbüscheln der Rasenfläche eines Hausgartens. Ich habe danach noch einige Frischpräparate aus verschiedenen Moosansätzen ohne Erfolg durchmustert; diese Amöbe scheint wirklich selten zu sein.

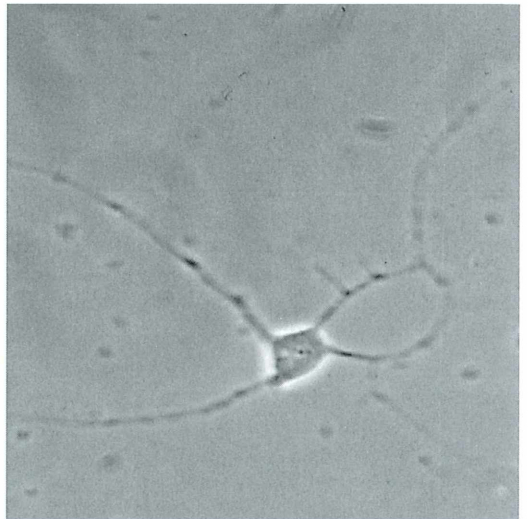


Abb. 1: *Gymnophrys cometa*. Vergr. ca. 1000fach.

Hippe, E.: *Gymnophrys cometa* – drei Gespenster. Mikrokosmos 87, 177 (1998).

Hippe, E.: Viel Verkehr im Netz – Eine erstaunliche retikuläre Amöbe. Mikrokosmos 88, 39 (1999).

Streble, H., Krauter, D.: Das Leben im Wassertropfen. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1973.

P. Hippe, Pilsting

### Literaturhinweise

Brantner, K.: Weitere Beobachtungen an *Gymnophrys cometa*. Mikrokosmos 88, 297 (1999).

# Zur Bewegung von Diatomeen

Peter Hippe

**Als naturkundlich interessierter Schüler habe ich mir seinerzeit kleine Holzschiffchen geschnitzt, mit einer Mulde am Heck. Da hinein etwas Borax gegeben, trieben die Boote in flotter Fahrt durch die Wasserschüssel. An diese irgendwie typische Bewegung werde ich erinnert, wenn ich sich bewegende Kieselalgen im Mikroskop sehe.**

**D**er Antrieb meiner Spielzeugschiffe ist klar: Das Borax (Natriumtetraborat), ein Stoff zur Wasserenthärtung, stört einseitig die Oberflächenspannung des Wassers, was eine Reaktionskraft nach vorn zur Folge hat.

Der Antrieb der Kieselalgen ist noch immer ungeklärt. Als gesichert gilt lediglich, dass nur pennate, das heißt, längliche Arten und zwar mit Raphen – in den Längsachsen der Schalen verlaufenden Spaltsystemen – zur Bewegung befähigt sind. Zur Betrachtung kommen hier Diatomeen der Gattung *Nitzschia*.

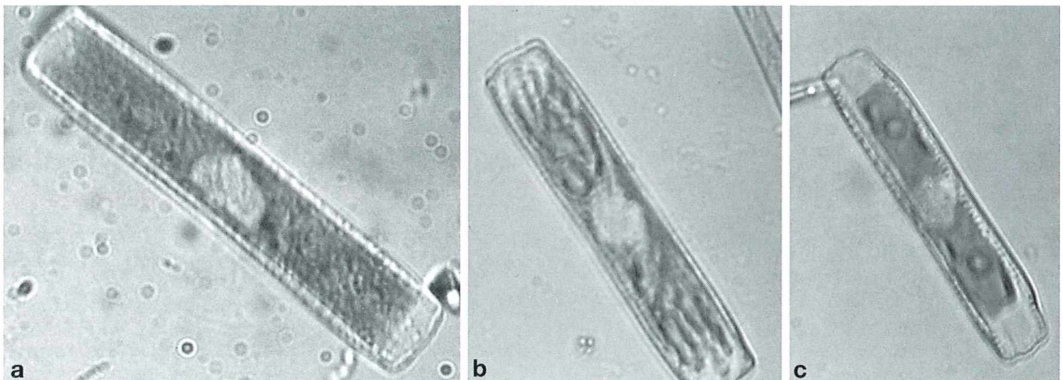
## Aufbau und Inhalt der Zellen

*Nitzschia*-Zellen, im Frischpräparat meist in der rechteckigen Gürtelbandansicht vorliegend, fallen durch zwei große, beidseitig vom Zellkern symmetrisch angeordnete Chromatophoren von kräftiger Gelbfärbung (im Phasenkontrast braun) und unterschiedlicher Strukturierung auf. Es gibt granulöse, gefurchte und

glattflächige Formen, häufig mit einem auffälligen Zentralfleck. Dieser erweist sich beim Nachfokussieren als eine in das Zellinnere reichende Struktur (Abb. 1a–c).

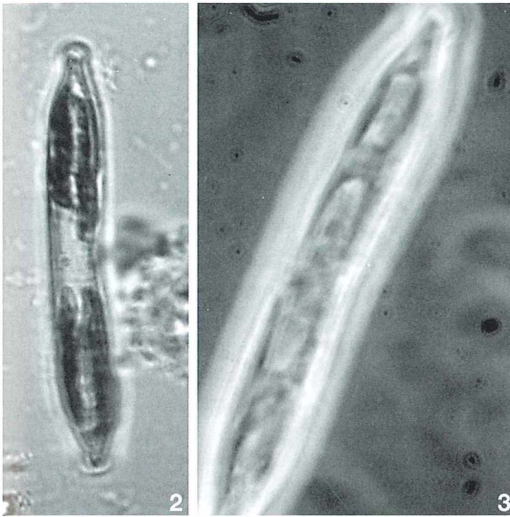
In der Schalenaufricht sind die Zellen schwach gekrümmt, mit köpfchenförmigen Enden. Man kann sehen, dass die Chromatophoren paarweise, jeweils an den Gürtelbandflächen anliegend, vorhanden sind (Abb. 2). Aus Abbildung 3 wird ersichtlich, dass es sich bei dem vorerwähnten Zentralfleck um eine schlauchartige Verbindung zwischen den Chromatophoren handelt.

Der sehr große, mittig angeordnete Zellkern füllt fast den gesamten Querschnitt aus. Er liegt in einer zwischen den Zellwänden gespannten Plasmabrücke; die Zelle scheint dadurch aus zwei von einander getrennten Räumen zu bestehen. Schalenstrukturen sind bei lebenden Zellen infolge der Zellinhalte nur undeutlich und meist nur in Kantenlage zu erkennen. Die Zellen haben eine Länge von etwa 60 µm und einen größten Querschnitt von etwa 12 × 8 µm.



**Abb. 1:** *Nitzschia*-Zellen in Gürtelbandansicht, verschieden strukturierte Chromatophoren: a granulös, b gefurcht, c glattflächig mit Zentralfleck.





**Abb. 2:** *Nitzschia* in Schalenaufricht; zwei Chromatophoren-Paare sind erkennbar. – **Abb. 3:** Algenzelle in Schalenaufricht, mit schlauchartiger Verbindung zwischen den Chromatophoren, das heißt, Seitenansicht des Zentralflecks.

### Bewegungsstudien und Hypothesen

Über die Bewegungsfähigkeit der Diatomeen gibt es viele Hypothesen. In der mir vorliegenden Literatur wird allgemein kriechende Bewegung durch Stoffausscheidung, beispielsweise von Schleimen oder Gallerten konstatiert. Vergleiche mit Blaualgen scheinen danach nicht ganz abwegig. Es wurde auch angenommen, dass Schleim an einem Ende der Raphe austritt, daran entlang fließt und danach wieder aufgenommen wird. Die Reibung des Schleimes am Untergrund sollte danach die Kriechbewegung erzeugen – das Beispiel eines Raupenfahrzeugs wurde angeführt.

Bei der Suche nach lokomotorisch wirksamen Substanzen wurden kontraktile Fibrillen in den Rapheschlitzen (Krammer, 1986), aber auch in den Zellwänden von Blaualgen (Schlegel, 1992) gefunden. Ob es in den letzten Jahren in dieser Richtung aus der Mikro- beziehungsweise Molekularbiologie neue Erkenntnisse gibt, ist mir nicht bekannt.

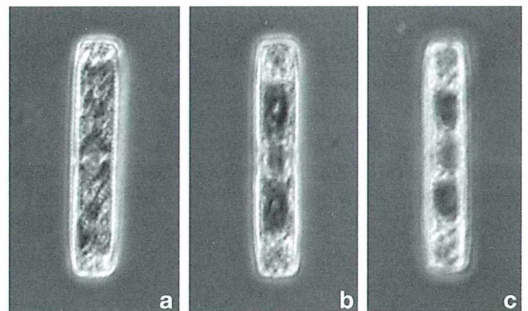
Bei meinen *Nitzschia*-Probanden habe ich in den Frischpräparaten zweifelsfrei einen freien Schwimmvorgang festgestellt. Die Bewegung erfolgt meist geradlinig mit häufigen Richtungswechseln. Auch Schwenkbewegungen kommen vor.

Als Geschwindigkeit habe ich maximal 8  $\mu\text{m/s}$  ermittelt. Die von den Zellen aufgebrachtene Schubkräfte sind beachtlich. Andere Zellen werden zur Seite geschoben und Detritusansammlungen durchdrungen. Es wirkt sehr beeindruckend, wenn dazu mehrere Anläufe unternommen werden, mit einem Vor und Zurück um jeweils Zellenlänge. Während solcher Manöver kommt es auch zu Drehungen um die Längsachse.

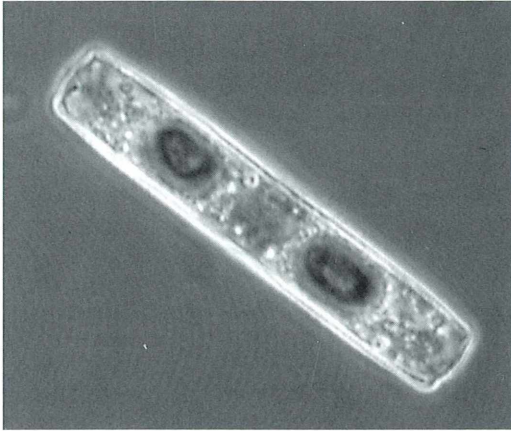
Ich habe viele, mehrstündige Beobachtungen einzelner Zellen durchgeführt und dabei ununterbrochene Bewegungsphasen von über drei Stunden festgestellt. Dabei kam es häufig zu verschiedenartigen Veränderungen der Zellinhalte. So entfärbten sich die Chromatophoren besonders dann, wenn im Präparat viele Hindernisse zu überwinden waren, also offensichtlich hoher Energieverbrauch vorlag (Abb. 4a–c). Das Maximum der Entfärbung und gleichzeitig jeweils das Ende der Schwimmphasen waren erreicht, wenn die Länge der noch farbigen Fläche etwa nur noch Zellbreite hatte (Abb. 5).

Eine Ausnahme machte ein nach Teilung verbunden gebliebenes Zellpaar (Abb. 6a–c). Hier endete die Bewegung erst lange nach maximaler Entfärbung, nach fast vier Stunden in einer unüberwindbaren Detritusflocke.

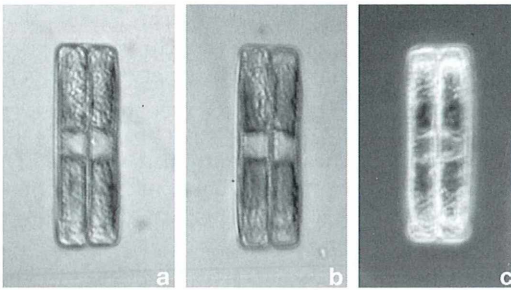
In Einzelfällen ergab sich neben der Entfärbung noch eine Verkürzung der Organellen selbst, mit sich am Ende der Bewegungsphase spontan ausbildenden Vakuolen an den Zellenden (Abb. 7a und b). Wahrscheinlich handelt es sich dabei um Ansammlungen von sonst im Zellplasma verteilten Ölen. Ein misslungenes Quetschpräparat scheint dies zu bestätigen (Abb. 8).



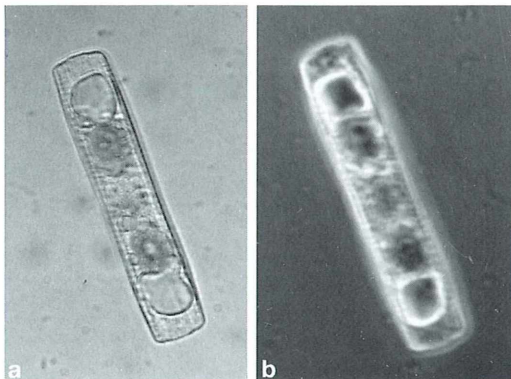
**Abb. 4:** Bewegungsaufnahmen einer Alge mit fortschreitender Entfärbung der Chromatophoren. Die drei Aufnahmen (a, b, c) erfolgten im Abstand von je etwa 80 Minuten.



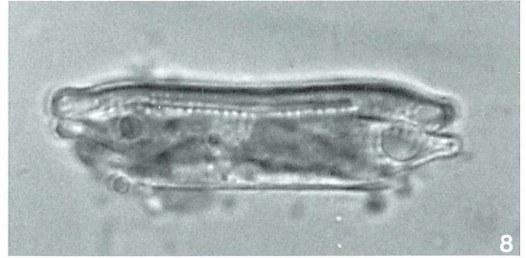
**Abb. 5:** Algenzelle am Ende der Bewegungsphase mit maximaler Entfärbung der Chromatophoren.



**Abb. 6:** Drei Bewegungsaufnahmen (a, b, c) eines nach Zellteilung verbunden gebliebenen Algenpaares; Entfärbung der Chromatophoren sichtbar.



**Abb. 7:** Algenzelle mit sich am Ende der Bewegungsphase ausbildenden Vakuolen an den Zellenden, wahrscheinlich Ansammlungen von Öl. a Hellfeld, b Phasenkontrast.



**Abb. 8:** Misslungenes Quetschpräparat einer Alge: Am Zellende sowie neben der Zelle sichtbare Tropfen sind wahrscheinlich Öl.

### Ein Deutungsversuch

Analog zu den eingangs angeführten Schiffchenspielen erscheint es denkbar, dass jeweils ein Ende der Algenzellen auf irgendeine Weise zum umgebenden Medium Wasser reaktiv wird und daraus eine entgegengesetzte Bewegung resultiert. Der Literatur ist zu entnehmen, dass die Chromatophoren Chlorophyll a und c,  $\beta$ -Carotin sowie viel Fucoxanthin enthalten. Letzteres ist für die Farbgebung verantwortlich und wird offensichtlich während der Zellbewegung abgebaut.

Im Zellplasma ist zudem Öl tropfenförmig abgelagert. Der Pigmentstoff Fucoxanthin gehört zur Gruppe der Carotinoide und wird wie das Carotin den Lipoiden zugeordnet, mit deren fettähnlichen Löslichkeitseigenschaften.

Sollte das Fucoxanthin jeweils aus den Raphespalten nur einer Zellhälfte austreten, oder auch nur in deren Spaltkammern anstehen, könnte es zu einer hydrophoben Konditionierung eines Zellendes kommen, mit entgegengesetzter Reaktionsbewegung.

Dann wären aber immer noch die auslösenden Faktoren, besonders auch für die schnell erfolgende Umsteuerung der Schwimmrichtung, ein großes Rätsel. Phototaktische Reaktionen waren nicht erkennbar.

### Fundort und Verfahrensweise

Die Kieselalgen stammen aus dem Moosbewuchs der Rasenfläche eines Hausgartens. Die Moospflanzen wurden büschelweise in Kunststoffdosen mit Klarsichtdeckeln verbracht und etwa 2 cm hoch mit Leitungswasser befüllt. Das Moos wurde zur Probenentnahme etwas



ausgedrückt und dann Wasser auf den Objektträger pipettiert.

Für die Bewegungsstudien wurden die Deckgläser an zwei Seiten mit schmalen Streifen doppelseitigen Klebandes (Tesa Nr. 5338) unterlegt, was eine Kammertiefe von 100 µm ergab. An den freien Seiten wurde durch rechtzeitige Zugabe ein Wasserüberstand erhalten. Durch Nachfokussieren war zu erkennen, dass sich die Algen in der gesamten Wassertiefe bewegten, also frei schwammen. Zumindest bei Regennässe dürfte auch am Moos des Fundortes Schwimmen möglich sein.

Die Langzeitbeobachtungen über bis zu vier Stunden wurden durch Videoübertragung ermöglicht. Mit einem 20fach-Objektiv war es so einigermaßen erträglich, die Präparate über diese Zeiträume mit dem Kreutztisch nachzuführen.

### Schlussbetrachtung

Mit Moos in dicht schließenden Kunststoffdosens erhält der Hobbymikroskopiker ohne besonderes Zutun monatelang, ganzjährig hochinteressantes Untersuchungsmaterial. Es finden

sich darin jeweils verschiedene Kieselalgen, Grün- und Blaualgen, Nacktamoeben, Schalenamoeben, Rädertiere, Nematoden, Bakterien und anderes mehr, wie zum Beispiel auch die Moospflanzen selbst mit ihrer interessanten Biologie.

Es lebe das Moos – was kümmert mich der Englische Rasen!

### Literaturhinweise

- Braune, W., Leman, A., Taubert, H.: Praktikum zur Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Pflanzen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1976.  
 Krammer, K.: Kieselalgen. Franckh'sche Verlags-handlung, W. Keller und Co., Stuttgart 1986.  
 Neubert, W.: *Navicula lanceolata* – Eine Kieselalge teilt sich. Mikrokosmos 81, 129–133 (1992).  
 Schlegel, H. G.: Allgemeine Mikrobiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1992.  
 Strasburger, E. (Hrsg.): Lehrbuch der Botanik, 34. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1998.  
 Wartenberg, A.: Systematik der niederen Pflanzen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1972.  
 Weberling, F., Schwantes, O.: Pflanzensystematik. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1975.

Verfasser: Peter Hippe, Zur alten Säge 7, D-94431 Pilsting

## Neue Medien

### Rund um die Mikroskopie: Die Mikrofibel von Klaus Henkel.

Vor kurzem hat Klaus Henkel, Mitglied der *Mikroskopischen Vereinigung München*, ein umfangreiches, von ihm zusammengestelltes Skript zur Mikroskopie ins Internet gestellt – Die *Mikrofibel*. Unter: [www.weihenstephan.org/~fsrklauhenk/Fibel/download.html](http://www.weihenstephan.org/~fsrklauhenk/Fibel/download.html) oder einem Link auf der Homepage der MVM ([www.mikroskopie-muenchen.de](http://www.mikroskopie-muenchen.de)) kann die Fibel angeschaut und herunter geladen werden. Zur besseren Handhabung wurde der Text in acht Dateien beziehungsweise Kapitel untergliedert: Über die Mikrofibel, Inhaltsver-

zeichnis, Kauf eines Mikroskops, Technik und Ausstattung des Mikroskops, Grundlagen der mikroskopischen Abbildung, Anwendung des Mikroskops, Mikroskopische Technik und mikroskopische Literatur. Detailliert widmet sich Klaus Henkel den verschiedensten Aspekten, gibt Tipps, beantwortet häufige Fragen, erklärt Techniken. Ein großer Pluspunkt der Fibel ist, dass hinausgehend über Fachwissen, wie es in relevanten Büchern zu finden ist, die jahrelange Erfahrung des Autors mit der Mikroskopie in die Erläuterungen und Bewertungen mit eingeht. So können böse Überraschungen, beispielsweise beim Kauf gebrauchter Mikroskope, oder Fehler beim Anfertigen von Präparaten vermieden werden.

Das umfangreichste Kapitel ist der Mikroskopausstattung und -technik gewidmet. Wichtig für ein gutes Bild ist die richtige Einstellung und Pflege des Gerätes; ein eigenes Kapitel erklärt Schritt für Schritt die notwendigen Maßnahmen. Weitere Ergänzungen sind geplant (vorerst als *Baustelle* gekennzeichnet); Anregungen werden vom Autor gerne entgegengenommen. Ein ausführliches Literaturverzeichnis mit Preisangaben und zum Teil Kurzbeschreibungen des Inhaltes beschließen die *Mikrofibel*, ein Werk, das sicher bald mehr als ein Geheimtipp unter Mikroskopikern werden wird.

Renate Radek, Berlin

## Kurze Mitteilung

### Flagellaten fressen Bakterien

Für die Berechnung des Kohlenstoffumsatzes in der mikrobiellen Nahrungskette ist die Kenntnis der Aufnahme von Bakterien durch Flagellaten von großer Bedeutung. Dabei bedient man sich in Fütterungsexperimenten solcher Bakterienzellen, welche durch Fluoreszenzfarbstoffe markiert sind, so dass die Verdauungsrate mikroskopisch bestimmt werden kann. Es bleibt natürlich die Frage offen, ob die Flagellaten die fluoreszierenden Bakterien genau so gerne aufnehmen, wie ungefärbte Bakterien.

Linnologen der Universität Köln haben nun neue Versuche beschrieben, die dieser Frage nachgehen. Sie bedienten sich des Flagellaten *Spumella*, der sich an der Oberfläche eines Deckglases festgesetzt hat. Für die Beobachtung im Auflichtmikroskop wurde in der Mitte des Unterteils einer Petri-Schale von 5,5 cm Durchmesser ein Loch von 2 cm Durchmesser gebohrt, das mit einem Deckglas abgeschlossen wurde. Zum Versuch wurde die Petrischale zunächst mit etwa 6 ml Kulturflüssigkeit gefüllt, so dass diese etwa 0,5 cm tief stand; sie enthielt die Süßwasser-Flagellaten einer *Spumella*-Art. Diese hefteten sich nach kurzer Zeit an die Deckglasoberfläche an. Nach etwa 30 Minuten hatten sich die Flagellaten an die neuen Bedingungen gewöhnt. Kurz vor Beginn der Fütterungsexperimente wurde das Kulturmedium bis auf einen kleinen Rest von circa 0,2 ml dekantiert und nach etwa drei Minuten mit einem bakterienfreien Medium ausgetauscht. Diese Waschprozedur wurde 3–5-mal wiederholt. Nach dem letzten Waschschrift blieben etwa 5 ml Flüssigkeit in der Petrischale. Durch den Waschvorgang wurde nicht nur der größte Teil der Bakterien aus der axenischen Kultur entfernt, sondern auch deren Stoffwechselprodukte. Die nun hungernden, festsitzenden Flagellaten wurden in der Petrischale auf den Objektisch des Umkehrmikroskopes (z. B. Zeiss Axiovert S 100 mit einem Plan-Neofluar 100×/1,3 Objektiv) gebracht. Die einzelnen Flagellaten-Zellen konnten nun während des Fütterungsprozesses individuell beobachtet werden. Die Dokumentation erfolgte mit einem Zoom-Adapter und einer Video-Kamera.

Die Zeitdauer für die Bakterienaufnahme, für den Verbleib in der Vakuole, sowie der Zeitpunkt der Ausstoßung konnten ermittelt wer-

den. Es ergab sich, dass von den hungernden Flagellaten pro Stunde  $30 \pm 10$  ungefärbte Bakterien aufgenommen wurden; sie verblieben in der Vakuole. Hingegen wurden von den mit einem Fluoreszenzfarbstoff angefärbten Bakterien pro Stunde  $19 \pm 7$  Zellen aufgenommen; diese wurden aber bereits nach 3,2 Minuten wieder aus der Vakuole ausgestoßen. Anders verlief die Aufnahme bei den nicht hungernden Flagellaten, die auf dem Deckglas fixiert waren: Von den ungefärbten Bakterien wurden  $17 \pm 5$  Zellen pro Stunde aufgenommen. Sie verblieben in der Vakuole, während von den fluoreszierenden Bakterienzellen etwa die gleiche Anzahl,  $18 \pm 12$  Zellen pro Stunde, aufgenommen wurden, die aber bereits nach  $3 \pm 1,9$  Minuten wieder aus der Vakuole ausgestoßen wurden.

Während also die gesättigten, festsitzenden Flagellaten gefärbte und ungefärbte Bakterien in etwa der gleichen Menge aufnehmen, gab es bei den hungernden Flagellaten eine signifikant höhere Aufnahme der ungefärbten Bakterienzellen. Diese verblieben auch länger in der Vakuole als die mit einem Fluorochrom angefärbten Bakterienzellen, welche schnell wieder aus der Vakuole ausgestoßen wurden. Während also die satten Flagellaten keine Diskriminierung von gefärbten und ungefärbten Bakterien vornahmen, waren die hungernden Flagellaten durchaus in der Lage, dieses zu unterscheiden. Diese Beobachtungen sind insofern von Bedeutung, als sie zeigen, dass bei Fütterungsexperimenten von Flagellaten mit Bakterien, die mit Fluoreszenzfarbstoffen markiert worden sind, die Verbleibzeit in den Vakuolen falsch eingeschätzt wird. Die Annahme, dass gefärbte und ungefärbte Bakterien durch die Flagellaten gleich gern aufgenommen werden, besteht nicht zurecht.

#### Literaturhinweis

Boenigk, J., Arndt, H., Cleven, E.-J.: The problematic nature of fluorescently labeled bacteria (FLB) in *Spumella* feeding experiments – an explanation by using video microscopy. Archiv für Hydrobiologie 152, 329–338 (2001).

H. F. Linskens, Nijmegen



# Nelson- und Köhler-Beleuchtung und davon abgeleitete Beleuchtungsverfahren

Gerhard Göke

Die volle Nutzung des abbildenden optischen Systems eines Mikroskops ist von der richtigen Beleuchtung des Objekts abhängig.

Zwei Verfahren haben sich besonders gut bewährt. Bei dem älteren der beiden wird eine flächenhafte, ausgedehnte Lichtquelle vom Kondensor in der Objektebene abgebildet. Man spricht hier von der kritischen oder besser von der Nelson-Beleuchtung. Bei dem anderen Verfahren, der Köhler-Beleuchtung, werden zunächst die Eintrittspupille und die Objektebene des Mikroskops sehr gleichmäßig ausgeleuchtet und dann die Beleuchtungsapertur und die Größe des beleuchteten Feldes unabhängig voneinander an die günstigsten Beobachtungsbedingungen angepasst. Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile und wurden deshalb mehrfach modifiziert.

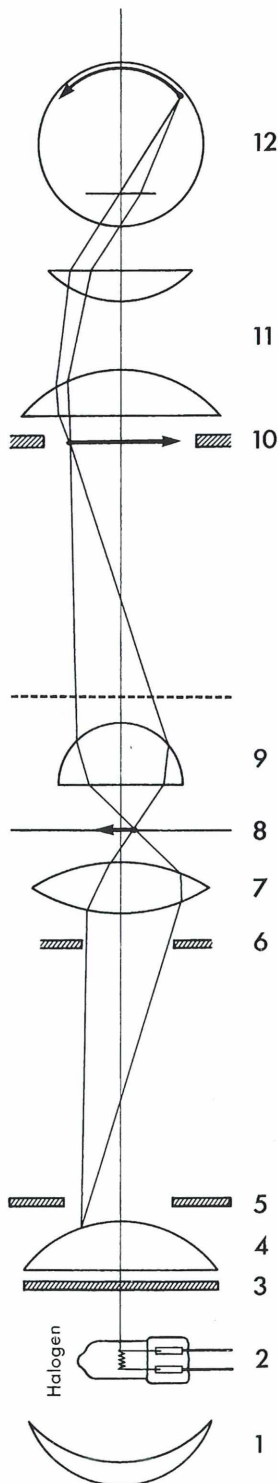
**M**an kann eine flächenhafte Lichtquelle, zum Beispiel den Himmel, eine weiße Wolke, die Oberfläche einer matten Glühbirne oder eine strahlende, weiße Matt beziehungsweise Opalglasscheibe direkt mit dem Kondensor im Präparat abbilden.

## Die Nelson-Beleuchtung

Viele Mikroskopiker haben hierfür in der Literatur die etwas unglückliche Bezeichnung kritische Beleuchtung (*critical illumination*) verwendet. Besser ist es, nach dem britischen Mikroskopiker Edward Miles Nelson (Pluta, 1988) von der Nelson-Beleuchtung zu sprechen. Bei dieser Beleuchtung (Abb. 1) wird das Bild der Lichtquelle (2 + 3) in die Objektebene (8) projiziert. Einen ausreichenden Strahlenkegel in der Objektebene erhält man, wenn der Kondensor möglichst hoch eingestellt ist und seine Aperturbende die richtige Größe hat. Zufriedenstellende Resultate erzielt man bereits bei Verwendung einer matten Glühbirne oder einer gleichmäßig beleuchteten Mattscheibe, deren Oberfläche in die Objektebene projiziert wird. Deshalb nennt man das Verfahren im englischen Sprachraum auch *source-focus illumination*. Wenn die Struktur des Lampenkolbens oder die Körnung der Mattscheibe zusammen mit dem Bild des Objekts zu sehen sind, muss der Kondensor ein wenig gesenkt werden, so dass eine Ebene knapp unterhalb der eigentlichen Objektebene beleuchtet wird.

Bei der Nelson-Beleuchtung braucht man keine großen Anforderungen an die optische Qualität des Kondensors zu stellen. Wenn alles gut justiert ist, kann man auf eine Feldblende verzichten. Unter nicht optimalen Bedingungen ist sie manchmal nützlich. Viele der heute hergestellten Kurs- und Labormikroskope mit in den Stativfuß eingebauter Nelson-Beleuchtung haben keine Feldblende. Am besten konstruiert man diese Beleuchtungseinrichtung so (Abb. 1), dass man unter einer großen feinkörnigen Mattscheibe ( $\varnothing$  max. 5 cm) eine 12 V/20 W-Halogen-Glühbirne anordnet, die unterstützt von einem Hohlspiegel die Scheibe möglichst gleichmäßig beleuchtet. Der Stativfuß enthält einen abgesicherten Regeltransformator. Schalter und Regelknopf befinden sich auf der Oberfläche des Stativfußes. Auf der Mattscheibe (matte Seite nach oben) liegt eine entsprechend große plankonvexe Sammellinse. Vom Kondensor wird bei scharf eingestelltem Präparat nicht die Oberfläche der leuchtenden Mattscheibe in der Objektebene abgebildet, sondern die Oberfläche der leuchtenden Sammellinse. Wenn man eine Nadel auf die Sammellinse legt, kann man diese zur Kontrolle der richtigen Einstellung im Präparat scharf abbilden. Durch die auf der Mattseite der Scheibe liegende Sammellinse wird die Körnung des Glases nicht im Präparat abgebildet.

Der Bildkontrast steht dem bei Köhler-Beleuchtung nicht nach, was natürlich auch an der hohen Kontrastübertragungsfunktion der heute mehrschichtig vergüteten Objektive und Oku-



lare liegt. Abbildung 2 zeigt ein Labormikroskop mit dieser Art der Nelson-Beleuchtung. Der Vorteil dieser recht einfachen Beleuchtungsart ist hauptsächlich darin zu sehen, dass damit auch ungeübte Mikroskopiker nach dem Einschalten und Regeln der Beleuchtung sofort arbeiten können und nur beim Objektwechsel mit der Aperturblende des Kondensor den optimalen Kontrast einzustellen brauchen. Für Hellfeld, Phasenkontrast, die Mikrofotografie unbewegter Objekte und für die heute sehr lichtstarken Video- oder Digitalkameras reicht die Lichtleistung der Beleuchtung aus.

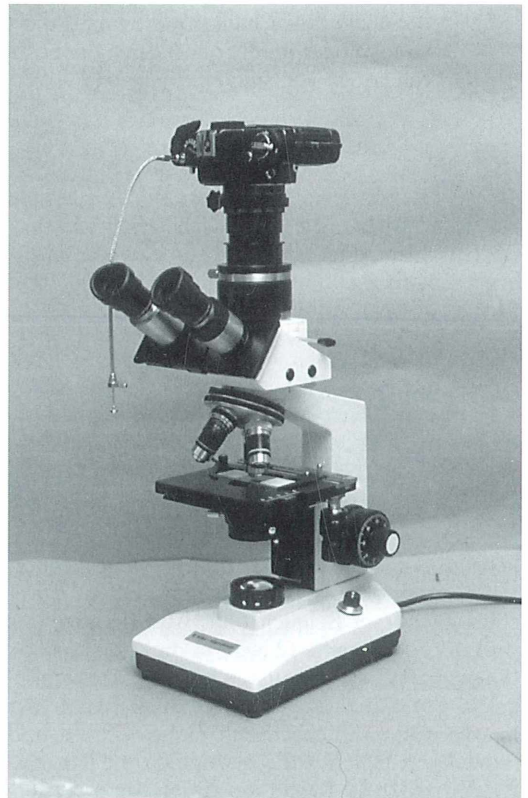
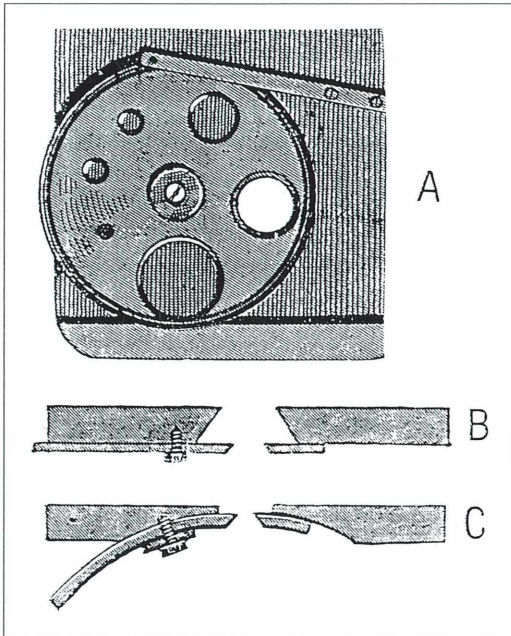


Abb. 2: Labormikroskop mit Nelson-Beleuchtung aus Abbildung 1.

◀  
Abb. 1: Modifizierte Nelson-Beleuchtung.  
1 Spiegel, 2 Halogenlampe, 3 Mattscheibe, 4 Plankonkavlinse, 5 Leuchtfeldblende, 6 Aperturblende, 7 Kondensor, 8 Objektebene, 9 Objektiv, 10 reelles Zwischenbild, 11 Okular, 12 Auge.



Obgleich grundsätzlich keine Leuchtfeldblende (Abb. 1; 5) erforderlich ist, kann diese trotzdem oberhalb der Lichtquelle angeordnet werden und manchmal nützlich sein. Weil die Lichtquelle mit der Objektebene konjugiert ist, wird die Feldblende auch hier wie bei der Köhler-Beleuchtung im Präparat abgebildet. Man kann die Feldblende auch direkt in der Objektebene oder knapp darunter anbringen. Das ist bei Verwendung eines Brillenglaskondensors in Kombination mit schwachen Objektiven oder bei einer Beleuchtung ganz ohne Kondensor besonders zu empfehlen. Bei Objektiven mit runder Tischöffnung wird hier eine Platte aus schwarzer Pappe, Kunststoff oder Metall eingesetzt, in deren Mitte sich ein Loch mit dem ungefähren Durchmesser des vom Objektiv erfassten Sehfeldes befindet. Der Vorteil einer Abblendung des Leuchtfeldes unter dem Präparat wurde schon sehr früh erkannt. Abbildung 3 zeigt einen Lochblendenrevolver unter dem Objektisch, wie er früher bei einfachen Mikroskopen üblich war. Eine variable Abblendung unterhalb des Präparates wurde mit der Iriszylinderblende erreicht (Abb. 4A).



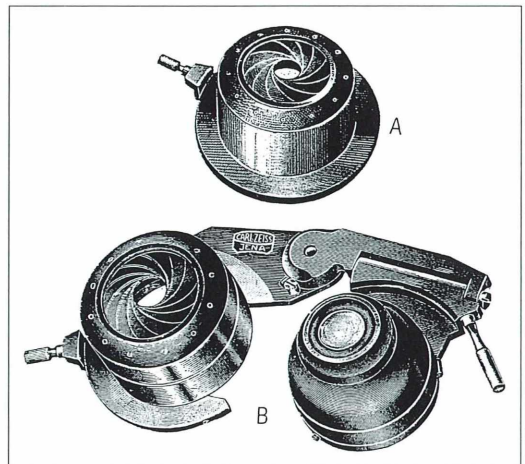
**Abb. 3:** Lochblenden. A Lochblendenrevolver unter dem Objektisch. B Flache Revolverblende. C Gewölbte Revolverblende.

Die Abbildung des Leuchtfeldes direkt unter der Objektebene mit Hilfe einer Irisblende wurde schon vor 1914 realisiert. Abbildung 4B zeigt einen Gelenkkondensor, der wahlweise eine Abbildung des Leuchtfeldes mit der Iriszylinderblende oder der Beleuchtungsapertur mit der Irisblende des Kondensors ermöglichte. Heute müssen wir diese Hilfsmittel improvisieren.

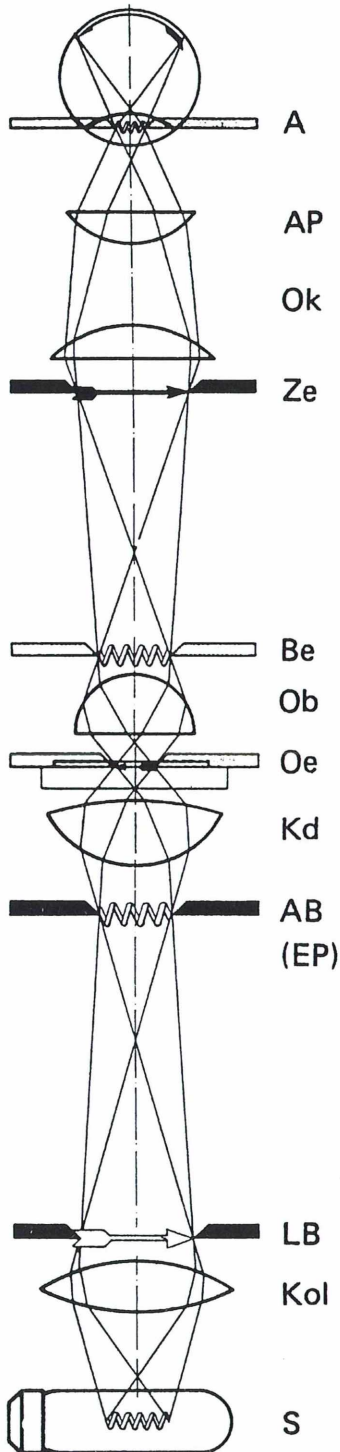
Bei stärkeren Vergrößerungen ist die Verwendung eines Zweiblendenkondensors, zum Beispiel der von M. Berek (früher von Leitz hergestellt) zu empfehlen. Die Effektivität einer wie auch immer realisierten Abbildung in der Objektebene ist wesentlich besser als bei der Köhler-Methode, wo die unmittelbar vor dem Lampenkollektor vorhandene Leuchtfeldblende in die Objektebene projiziert wird (Abb. 5). Selbst mit einem aplanatischen Kondensor ist der Bildkontrast bei der Köhler-Beleuchtung geringer als bei der direkten Abbildung in der Objektebene. Ursache ist die Lichtstreuung zwischen den Linsen des Beleuchtungsstrahlenganges (Van Duijn, 1990).

### Das Köhlersche Beleuchtungsverfahren

Über dieses Verfahren wurde im Mikrokosmos schon so viel geschrieben, dass der nachfolgende Abschnitt eigentlich überflüssig ist. Nur



**Abb. 4:** Iriszylinderblenden von 1918. A Wechselselektierbare Iriszylinderblende für die Kondensorfassung. B Gelenkkondensor mit Iriszylinderblende.



auf die wichtigsten Besonderheiten der Köhler-Beleuchtung soll hingewiesen werden. A. Köhler verfolgte 1893 mit seinem Beleuchtungsverfahren den Zweck, bei optimaler Ausnutzung der Leistung einer Lichtquelle die gleichmäßige Ausleuchtung der Eintrittspupille des Mikroskops und des Objektfeldes zu erreichen, um sowohl die Größe des ausgeleuchteten Feldes (= Schutz vor Überstrahlung) als auch die Größe der Beleuchtungsapertur *unabhängig voneinander* variieren und an die günstigsten Beobachtungsbedingungen anpassen zu können. Zu diesem Zeitpunkt gab es die modernen Niedervolt-Flachkernwendelglühlampen und die Oberflächenvergütung (Entspiegelung) von Linsen noch nicht. Abbildung 5 zeigt das Verfahren schematisch. Erforderlich sind eine möglichst flächenhaft strahlende Lichtquelle (S), der ein- bis mehrlinsige Kollektor (Kol), die Leuchtfeldblende (LB) und die Aperturblende (AB) des Hellfeldkondensors (Kd).

Der Kollektor (Kol) bildet die Lichtquelle (S) in der Ebene der Aperturblende (AB) ab, die gleichzeitig Eintrittspupille des Mikroskops ist. Hier wird manchmal unbeabsichtigt ein Fehler gemacht, besonders beim Arbeiten mit freistehenden Mikroskopierleuchten. Das Lichtquellenbild muss mindestens die gleiche Größe haben wie die Eintrittspupille des Mikroskops, also die zugezogene Aperturblende voll bedecken. Wenn das nicht der Fall ist, kann die Kondensorapertur nicht voll genutzt werden. Die Aperturblende wird vom Kondensor und dem Objektiv (Ob) in die hintere Brennebene (Be) des Objektivs abgebildet. Hierdurch ist es möglich, durch Ändern der Aperturblende die Beleuchtungsapertur zu variieren, ohne dabei die Größe des ausgeleuchteten Objektfeldes zu ändern. Mit Hilfe der Leuchtfeldblende, die vom Kondensor in der Objektebene (Oe), also im Präparat scharf abgebildet wird, kann man den Durchmesser des ausgeleuchteten Objektfeldes variieren, ohne dabei die Beleuchtungsapertur zu beeinflussen. Die Aperturblende wird gleichzeitig vom Kondensor, dem Objektiv und

◀  
Abb. 5: Köhler-Beleuchtung. Verflochtener Strahlengang. S Lichtquelle, Kol Kollektor, LB Leuchtfeldblende, AB Aperturblende (EP Eintrittspupille), Kd Kondensor, Oe Objektebene, Ob Objektiv, Be Brennebene, Ze Zwischenbildebene, Ok Okular, AP Austrittspupille, A Auge.



dem Okular (Ok) in der Austrittspupille des Mikroskops abgebildet. Diese strenge Köhler-Beleuchtung hat manchmal Nachteile. Man beobachtet bei scharf eingestellter Leuchtfeldblende farbige Säume an deren Lamellen und muss sie weiter öffnen, als das nach Köhler zulässig ist, es sei denn, man benutzt einen achromatisch-aplanatischen Kondensor oder ein Foto-Objektiv als Kondensor (Göke, 1999). Im Sehfeld sieht man nicht selten schwarze oder schwarzbraune Punkte, das sind Lunker im oder am Lampenkolben, Einschlüsse in den nicht besonders hochwertigen Linsen des Kollektors, Schmutz auf den Linsenoberflächen und so weiter. Diese als physikalisches Rauschen im Bild bezeichneten Erscheinungen stören bei der Mikrofotografie und müssen durch leichtes Absenken des Kondensors beseitigt werden, wodurch die Köhler-Beleuchtung nicht mehr so streng ist. Die höchste Auflösung des Mikroskops wird theoretisch bei hoher Kondensorapertur erreicht. Praktisch nimmt dabei jedoch der Kontrast ab. Man muss deshalb einen Kompromiss zwischen erreichbarer Auflösung und gutem Kontrast schließen und die Beleuchtungsapertur auf ein von den Objektiveigenschaften abhängiges Maß reduzieren. Die schrittweise Einstellung der Köhler'schen Beleuchtung wird in allen Handbüchern der Mikroskopie beschrieben.

### **Modifizierung der Köhler'schen Beleuchtung**

Üblicherweise wird die Aperturblende des Mikroskops in der Ebene der Eintrittspupille des Kondensors angeordnet. Bei einigen Mikroskopen (Leica) ist sie jedoch in einer speziell hierfür geschaffenen konjugierten Ebene im Stativfuß untergebracht worden, wo sich auch die Leuchtfeldblende befindet. Durch ein synchron mit dem Ausfahren des Kondensorkopfes in den Strahlengang einschwenkendes optisches Korrekturglied wird sichergestellt, dass die einmal vorgenommene Fokussierung der Leuchtfeldblende über den Vergrößerungsbereich der Objektive 2,5× bis 100× erhalten bleibt und ein Absenken des Kondensors entfallen kann. Gleichzeitig behält die Aperturblende über den gesamten Vergrößerungsbereich ihre volle optische Wirksamkeit. In das Zwischenbild der Lampenwendel können Streuscheiben eingeführt werden, die Inhomogenitäten des beleuchteten Objektfeldes ausgleichen.

Wenn Inhomogenitäten einer Lichtquelle (Glühwendel) beseitigt werden sollen, kann man zum Beispiel eine Niedervoltleuchte mit mattiertem Glaskolben verwenden oder eine Linse des Kollektors mattieren. Beides wurde von einigen Herstellern gemacht.

Nachteilig ist dabei, dass man diese Mattierung nicht ausschalten kann. Sie verschluckt viel Licht und bewirkt eine inkohärente Lichtstreuung. Meistens wird die Mattscheibe auf die Lichtaustrittsöffnung des Mikroskopfußes gelegt. Damit hat man aber wieder die oben beschriebene Nelson-Beleuchtung realisiert, denn jetzt wird die hell leuchtende Mattscheibe in der Nähe der Objektebene abgebildet. Es wäre viel besser, *zwischen Kollektor und Leuchtfeldblende* eine sehr feinkörnige Mattscheibe mit der Mattierung zur Lichtquelle so einzusetzen, dass sie leicht zu entfernen ist. Die Leuchtfeldblende würde dann ihre volle Funktion behalten. Diese Anordnung läuft wieder auf die Nelson-Beleuchtung mit Leuchtfeldblende hinaus, weshalb die Mattscheibe nur bei Bedarf eingesetzt werden sollte. Leider ist das bei fast allen Mikroskopen mit eingebauter Köhlerbeleuchtung nur dem geschickten Mechaniker oder Bastler möglich.

Normalerweise soll das Bild der Lichtquelle (Glühwendel) den vollen Durchmesser der Aperturblende des Kondensors ausfüllen, damit dessen Apertur voll genutzt werden kann. Beim zentralen Dunkelfeld und Dispersion Staining kann man davon abweichen. Bei diesen Verfahren befindet sich in der hinteren Brennebene des Objektivs eine Zentralblende, die mit der stark eingeeengten Aperturblende konjugiert ist (Göke, 1990). Bei normaler Köhler-Beleuchtung fällt durch die kleine Aperturblende nur ein geringer Teil des von der Lampe emittierten Lichtes. Wenn man durch eine zusätzliche Sammellinse die Glühwendel der Lampe stark verkleinert in der Mitte der Aperturblende abbildet, geht durch die starke Abblendung kaum Licht verloren (Goldberg, 1975).

### **Grundsätzliches zur Verwendung von Mattscheiben**

Die Mattscheibe bewirkt eine inkohärente Beleuchtung. Sie vermindert das physikalische Rauschen, das von Abbildungsfehlern der optischen Elemente und Schmutz auf den Linsenflächen hervorgerufen wird. Sie bewirkt außer-

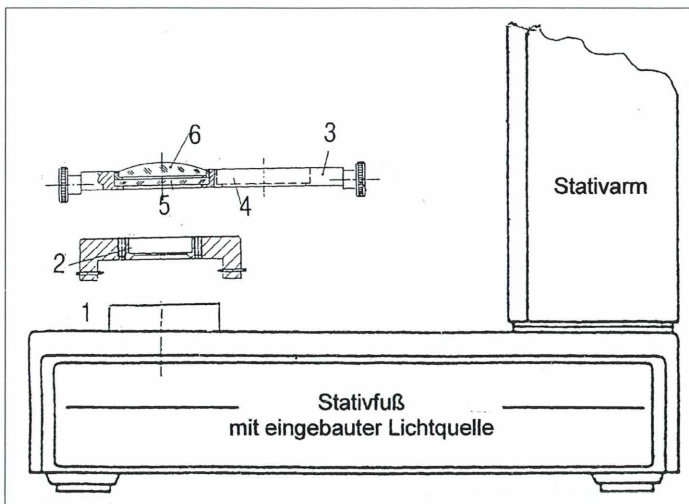
dem eine Streuung des Lichtes und dadurch eine Erweiterung des brauchbaren Sehfeldes sowie eine Vergrößerung der Einstelltoleranz im Objektraum. Der Bildkontrast wird jedoch verringert. Man kann einen Kompromiss finden, wenn man eine Mattscheibe mit klarem, etwa 2 bis 3 mm breiten, kreuzförmigen Spalt verwendet. Aus einer Klarglasscheibe und matten weißen Klebeband kann man diesen Schlierenfilter leicht herstellen. Die mattierte Flächen dieser Scheibe zerstören die Kohärenz des Lichtes, während sie im Bereich des Spaltes erhalten bleibt. Durch diesen Kunstgriff wird auch der manchmal auf Mikroaufnahmen vorhandene unerwünschte helle Fleck in der Bildmitte ausgeschaltet, der als Hot Spot bekannt ist und von Reflexionen an Linsenflächen und anderem verursacht wird (Göke, 2001).

### **Schneller Wechsel von der Nelson- zur Köhler-Beleuchtung**

Wenn man auf der Lichtaustrittsöffnung von Mikroskopen mit eingebauter Köhler-Beleuchtung, besonders bei solchen mit angesetzter 12 V/100 W-Halogenleuchte, ein Schieberlager montiert und einen Filterschieber für zwei Filter mit einem Durchmesser von 32 mm einsetzt, kann man die Nelson- und Köhler-Beleuchtung nacheinander einsetzen. Die eine Öffnung des Filterschiebers bleibt frei oder wird mit einem blauen Konversionsfilter besetzt, in die zweite Öffnung legt man eine sehr feinkörnige Mattscheibe mit der matten Seite

nach oben und darauf eine gleichgroße Plankonvexlinse mit ihrer planen Seite nach unten. Man kann diese beiden Bauteile auch einkleben. Zuerst wird die Öffnung des Filterschiebers mit Mattscheibe und Linse in den Strahlengang geschoben. Die Leuchtfeldblende wird fast geschlossen und der Kollektor so eingestellt, dass Haupt- und Nebenbild der Glühwendel auf der Mattscheibe scharf zu sehen sind. Mit Hilfe der Zentrierschrauben am Lampenhaus werden sie wie gewohnt in die Mitte der Mattscheibe gebracht. Dann öffnet man die Leuchtfeldblende und stellt den Kollektor so ein, dass die Wendelbilder verschwinden und die ganze Mattscheibe homogen hell leuchtet. Der Kondensor wird so hoch eingestellt, dass die Oberfläche der Sammellinse in der Objektebene abgebildet wird. Das Bild einer dort aufgelegten Nadel soll im Präparat scharf zu sehen sein. Das ist die Nelson-Beleuchtung.

Wenn man die freie Öffnung des Filterschiebers in den Strahlengang bringt, kann man in gewohnter Weise die Köhler'sche Beleuchtung einstellen und die Leuchtfeldblende im Präparat scharf abbilden. Auf diese einfache Weise ist immer die für das jeweilige Präparat günstigste Beleuchtungsart verfügbar. Bei schwächeren Objektiven wird man wegen des besser ausgeleuchteten und größeren Sehfeldes die Nelson-Beleuchtung bevorzugen, manchmal vielleicht auch bei stärkeren Objektiven, weil durch die inkohärente Lichtstreuung die Einstelltoleranz im Objektraum größer wird. Abbildung 6 zeigt einen Schieber mit freier Öffnung für die Köhler-Beleuchtung und Mattscheibe mit Sam-



**Abb. 6:** Stativfuß mit eingebauter Köhler-Beleuchtung, Schieberlager und Schieber. 1 Lichtaustrittsöffnung, 2 Schieberlager, 3 Schieber, 4 freie Öffnung 32 mm Ø, 5 Mattscheibe, 6 Plankonvexlinse.



mellinse für die Nelson-Beleuchtung auf dem Stativfuß eines Mikroskops mit 12 V/100 W-Halogenleuchte.

Die bei der Nelson-Beleuchtung beschriebene Ablendung in der Objektebene ist auch bei der Köhler'schen Beleuchtung möglich, wenn Leuchtfeld- und Aperturblende voll geöffnet bleiben und ein schwacher oder halbiertes Kondensor eingesetzt wird.

### **Literaturhinweise**

Bradbury, S.: An introduction to the optical microscope. Oxford University Press. Roy. Micr. Soc., Oxford 1989.

Bradbury, S.: Edward Miles Nelson, a pioneer of modern microscopy. Proc. Roy. Micr. Soc. 17, 188–190 (1982).

Göke, G.: Das zentrale Dunkelfeld. Mikrokosmos 79, 346–349 (1990).

Göke, G.: Das Foto-Objektiv als Kondensor. Mikrokosmos 88, 167–168 (1999).

Göke, G.: Versuch einer Erklärung des Hot Spot. Mitteilungen der Mikrobiologischen Vereinigung München. Heft 22, 14–17 (2001).

Goldberg, O.: Darkfield and dispersion staining. The Microscope 23, 110–117 (1975).

Goldberg, O.: Köhler illumination. The Microscope 28, 15–21 (1980).

Köhler, A.: Ein neues Beleuchtungsverfahren für mikrophotographische Zwecke. Microscopica Acta 10, 433–440 (1893).

Van Duijn, C.: Optische Filterung. Grundlagen der Methoden. Arbeitsmappe der 3. Internationalen Mikroskopie-Tage in Hagen. Seiten 1–17 (1990).

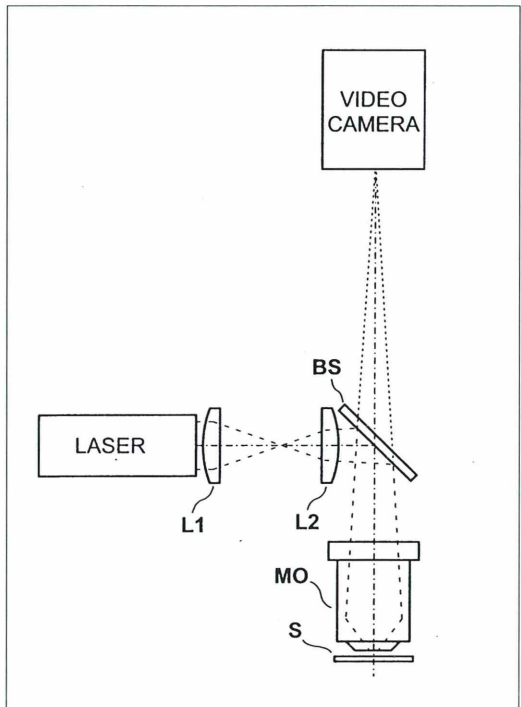
Verfasser: Gerhard Göke, Am Widey 7, 58095 Hagen

## *Kurze Mitteilung*

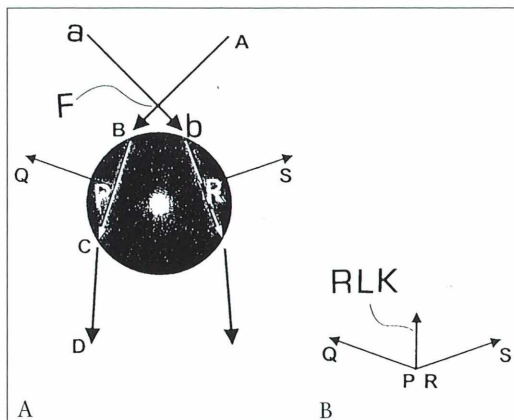
### **Die Licht-Pinzette**

Eine der wichtigsten Erfindungen der letzten beiden Dekaden für die Mikroskopie war die Pinzette, die sich des Lichtes bedient. Eigentlich müsste man diese Erfindung die Einzelstrahl-Optische-Falle nennen. Sie ist von steigender Bedeutung als eine Methode für die kontaktlose Manipulation von Mikropartikeln. Sie bedient sich eines streng fokussierten Laserstrahls und wurde als Prinzip von Ashkin und Mitarbeitern im Jahr 1986 entdeckt. In der Nähe des Fokus des Laserstrahls ent-

►  
**Abb. 1:** Schematische Darstellung des Strahlen-  
ganges einer optischen Pinzette. Der Laserstrahl  
wird durch die Linsen L1 und L2 gebündelt und  
parallelisiert und so auf den halbdurchlässigen  
Spiegel (BS) geworfen. Dieses Licht wird durch  
das mikroskopische Objektiv (MO) auf das Ob-  
jekt gelenkt, das sich auf dem Objektträger (S)  
befindet. Das reflektierte Licht aus dem Objekt  
wird durch den halbdurchlässigen Spiegel in das  
Objektiv der Videokamera geschickt (nach Ula-  
nowski, 2001).



wickelt sich ein Strahlungsdruck. Wenn man das fokussierte Laserlicht auf einen kleinen Punkt richtet, entsteht unter einem mikroskopischen Immersionsobjektiv eine Falle (Abb. 1). So kann unter dem optischen Mikroskop ein einzelnes Partikel festgehalten werden (Abb. 2, A). Der Strahlungsdruck, über den bereits Kepler spekuliert hat und auf dem die optische Pinzette beruht, kann sowohl Partikel in Richtung des Lichtes abstoßen aber auch anziehen. Für ein Partikel, das unter dem Fokuspunkt positioniert ist, ergibt sich ein Gleichgewicht der Vektorkräfte (Abb. 2), deren Resultate (RLK) der longitudinalen Kräfte (Abb. 2, B) das Partikel in Richtung des einfallenden Lichtes zieht. Das überraschende Ergebnis ist also, dass das Teilchen entgegen dem Strahlungsdruck auf die Lichtquelle zu bewegt wird; es wird festgehalten oder angezogen. Durch Ausschalten des Laserstrahls wird die bewegende Kraft abgestellt. Auch kann durch Bewegung des Objekttisches der Ort der Ablage des Partikels gesteuert werden. Der Falleneffekt kann sich nur an Partikeln auswirken, die in einer Flüssigkeit wie beispielsweise Wasser suspendiert sind, nicht aber



**Abb. 2:** A Das Gleichgewicht der Vektor-Kräfte für ein kugelförmiges Partikel, das unterhalb des Fokus (F) eines nach unten gerichteten fokussierten Laserstrahls lokalisiert ist. Die beiden Strahlen sind durch die Linien AB und ab angedeutet. Die Kräfte, welche durch das Momentum von den Strahlen auf das kugelförmige Partikel übertragen werden, sind PQ und RS. B Die resultierenden Kräfte (RLK) ziehen das Partikel aufwärts, in Richtung auf die Einstrahlungsrichtung (nach Ulanowski, 2001).

an Partikeln in Luft. Die aufwärts ziehenden Kräfte (Abb. 2) werden natürlich durch die Schwerkraft vermindert. Wenn Gravität und die Resultante der aufwärts ziehenden Kräfte im Gleichgewicht sind, dann kommt es zu dem Phänomen der optischen Levitation (ein Begriff aus dem Spiritismus, nach dem Gegenstände durch Psychokinese angehoben werden können).

Apparativ kann die Licht-Pinzette in jedes gute Mikroskop eingebaut werden (Abb. 1). Ein Laser von einigen wenigen bis einigen hundert Milliwatt Stärke wird durch einen halbdurchlässigen Spiegel geteilt (Abb. 1, BS). Der Strahlenfleck und das eingefangene Partikel kann mit Hilfe einer Videokamera beobachtet werden. Der Laser sollte im Infrarot-Bereich arbeiten bei einer Wellenlänge, die vorzugsweise zwischen 820 und 850 nm liegt. Geeignet sind die Laser SDL-5300 und SDL-5400 (Lieferant SDL, Santa Barbara, CA, USA). Das mikroskopische Objektiv sollte ein Wasser-Immersionsobjektiv von hoher numerischer Apertur sein. Wenn man ohne Deckglas arbeiten will, dann ist ein Arbeitsabstand von etwa 200 µm gewünscht.

Die Anwendung der optischen Pinzette ist vielseitig. Partikel können nicht nur in flüssigem Medium auf dem Objektträger bewegt und positioniert werden. Auch Partikel (beispielsweise Organellen) innerhalb der Zelle können erfasst werden. Dies ist auch bei pflanzlichen Zellen möglich, da die Licht-Pinzette an der intakten, lebenden Zelle durch die Zellwand hindurch angewandt werden kann. Das Studium der Elastizität des Plasmas, der Zellmotilität und der Plasmaströmung erhält durch die optische Pinzette neue Möglichkeiten. Vor allem auch die Wechselwirkung von spezifischen, in die Zelle eingebrachten Molekülen mit dem Zytoskelett sowie mit Motor-Molekülen können studiert werden. Besonders interessante Perspektiven ergeben sich für die in-vitro Befruchtung. Auch lassen sich Mikroorganismen isolieren, die bislang als nicht kultivierbar galten.

### Literaturhinweis

Ulanowski, Z.: Optical tweezers – principles and applications. *Proceedings of the Royal Microscopical Society* 36, 7–14 (2001).

H. F. Linskens, Nijmegen



# Die Xerox-Vergrößerungs-Mikroskopie (XVM)\*

David P. Cann und Phillip Pruna

Ein revolutionäres neues Mikroskopieverfahren erlaubt es, mit handelsüblichen Kopierern sub-atomare Auflösungen zu erreichen. Früher bemühte man sich mittels eingeführter Verfahren wie etwa der Transmissions-Elektronen-Mikroskopie (TEM) oder der Atomic-Force-Microscopy (AFM) um eine hohe Auflösung. Es war ein regelrecht revolutionäres Umdenken nötig, um die von diesen archaischen Methoden gesetzten Grenzen zu durchbrechen. Die Autoren stellen hiermit die Xerox-Vergrößerungs-Mikroskopie (XVM) vor, ein Verfahren, das der hochauflösenden Mikroskopie ein neues, faszinierendes Betätigungsfeld erschließen wird (Abb. 1).

**D**ieses Verfahren hat eine Reihe gewichtiger Vorteile. Zuerst und vor allem ist es extrem einfach anzuwenden. Abbildung 2 stellt das Verfahren in Form eines Flussdiagramms dar. Da in den meisten Labors bereits Kopierer vorhanden sind, bringt das neue Verfahren keine zusätzlichen Kosten mit sich. Bei

den meisten Kopierern entstehen nur Kosten von etwa neun Pfennig pro Seite, was signifikant unter den gegenwärtigen Betriebskosten eines TEM, REM oder AFM liegt.

Es ist ferner keinerlei Probenvorbereitung vonnöten. Abbildung 3 zeigt eine XV-mikroskopische Aufnahme von ferroelektrischem Bariumtitanat ( $\text{BaTiO}_3$ ) in 15.392facher Vergrößerung. Diese Aufnahme von  $\text{BaTiO}_3$  in Pulverform wurde angefertigt mit einem Xerox-Kopierer der Reihe 1090 im Betriebsmodus Sortieren/Heften. Die größtmögliche Vergrößerung des Xerox 1090 beträgt 155%, so dass 22 Vergrößerungsschritte nötig waren, um eine 15.392fache Vergrößerung ( $1,5^{22} = 15.392$ ) zu erzielen.

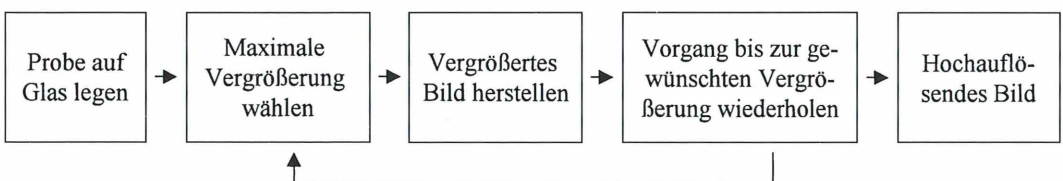


**Abb. 1:** Laboranten beim Xerox-Vergrößerungs-Mikroskopieren mit handelsüblichem Kopierer. Die Schutzbrillen werden auf Grund einer (überflüssigen) Auflage des Sicherheitsbeauftragten getragen.

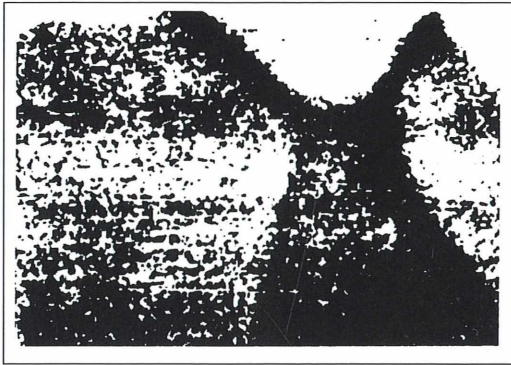
## XVM mit Sortieren/Heften

Die fortgeschritteneren XVM-Instrumente bieten zuweilen die Option Sortieren/Heften. Dies ist eine leistungsfähige Zusatzfunktion, die

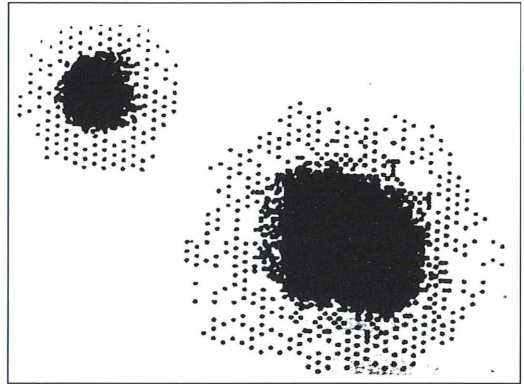
\*Dieser Beitrag erscheint mit freundlicher Genehmigung des Birkhäuser Verlags in Basel, Schweiz. [Quelle: Der Einfluss von Erdnussbutter auf die Evolution (Hrsg.: Marc Abrahams, 1999)]



**Abb. 2:** Flussdiagramm des experimentellen XVM-Verfahrens.



**Abb. 3:** XV-Mikroskopische Aufnahme von  $\text{BaTiO}_3$ .



**Abb. 4:** XV-Mikroskopische Aufnahme eines Deuteriumatoms.

nach Wissen der Autoren keine Parallele bei den anderen hochauflösenden bildgebenden Verfahren besitzt.

### **Ultrahochauflösende XVM: Bilder atomaren Wasserstoffs**

Durch 48-maliges Vergrößern ließ sich bei Proben von deuteriertem Ammoniumhydrogenphosphat ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) eine unglaubliche, 1.367.481fache Vergrößerung erzielen. Zum ersten Mal konnte ein einzelnes Deuteriumatom abgebildet werden (Abb. 4). Zu sehen ist auch ein bemerkenswerter Beleg für die Heisenberg'sche Unschärferelation; man sieht die quantenmechanisch bedingte Unschärfe des Kerns und der Elektronen.

### **Schlussfolgerungen/Zukünftige Arbeiten**

Eine einfache, kosteneffektive hochauflösende Technik wurde vorgestellt. Weitere, gegenwärtig laufende Arbeiten lassen sich zwei Bereichen

zuordnen. Zum einen untersuchen Theoretiker die Möglichkeit, röntgenstrukturanalytische Daten aus den XVM-Bildern zu gewinnen. Zum anderen versuchen unsere experimentell arbeitenden Kollegen, den Atomkern mit XVM zu untersuchen und die Existenz von Quarks nachzuweisen.

### **Literaturhinweise**

Isaac Newton, Opticks, 1704.  
Xerox 1090 Handbuch.  
Mongolisches Patent Nummer 4, 1993.  
Persönliches Gespräch mit Dr. Clive A. Randall.

*Verfasser:* David P. Cann und Phillip Pruna, Labor für Werkstoffforschung, Staatliche Universität von Pennsylvania, University Park, Pennsylvania, USA

Dieser Artikel erschien in ähnlicher Form bereits in *Annals of Irreproducible Results* 1:2 (März/April 1995).

## **Nachricht**

### **9. Internationale Mikroskopie-Tage in Hagen vom 8. bis 10. November 2002**

Unter der Leitung von Gerhard Göke und Jürgen Stahlschmidt finden in der Südwestfälischen Industrie- und Handelskammer zu Hagen die 9. Internationalen Mikroskopie-Tage statt. Alle Berufs- und Hobby-Mikroskopiker sind eingeladen. Die bisherigen Tagungsteilnehmer erhalten die Einladung mit

Programm per Post. Neue Interessenten können die Unterlagen anfordern.

Kontaktadresse: Andreas Koch, Seestraße 34, D-68089 Hagen, Tel./Fax: 0 23 31/6 54 02; e-mail: A-Koch@ping.de

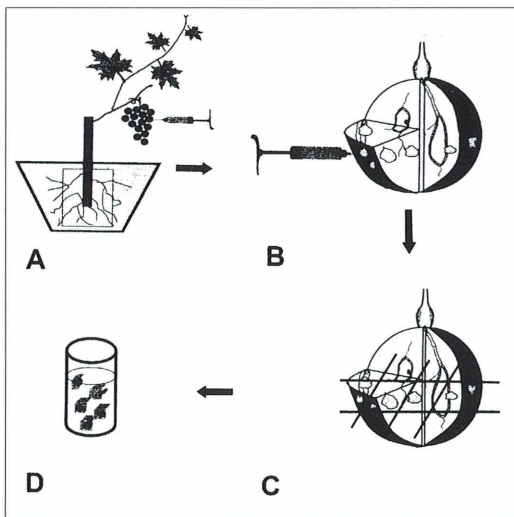


## Kurze Mitteilung

### Fixierung von Weinbeeren

Das Eintauchen von fleischigen Früchten für die mikroskopische Untersuchung in eine Fixierflüssigkeit ist problematisch: Die Diffusion der Fixierflüssigkeit wird meist durch die Zellwände und das reichlich vorhandene Reservematerial so behindert, dass eine optimale Fixierung vor allem für elektronenmikroskopische Untersuchungen nur selten erreicht wird. Die strukturelle Organisation und die besonderen

Stoffwechselbedingungen in der reifenden Weinbeere haben bisher verhindert, dass detaillierte Informationen über die Ultrastruktur zugänglich sind. Französische Forscher haben nun eine neue Methode entwickelt, wobei das Fixiermittel durch das dickwandige Exokarp in das aus dünnwandigen Zellen bestehende Mesokarp eingespritzt wird (Abb. 1). Dabei bleiben die Beeren in der Traube an der Pflanze hängen. Das Fixiermittel (z. B. 2,5% Glutaraldehyd in 100 mM Natriumphosphatpuffer, pH 7,2, oder 25% ungepuffertes Glutaraldehyd, oder 4% Paraformaldehyd und 0,5% Glutaraldehyd in 10 mM Natriumphosphatpuffer, pH 7,2) wird mit einer 1 ml Injektionspritze mit einer Nadel von 0,45 mm Durchmesser in die Beere eingespritzt, bis die Flüssigkeit aus der Beere austritt. Bis zu 10 Injektionen werden auf diese Weise in einem 1 mm breiten Band rund um die Beere gemacht. Nach 2 Stunden bei 25 °C wird die äquatoriale Scheibe herausgeschnitten und in 200–300 µm dicke Scheibchen zerlegt, die in frischer Fixierflüssigkeit für weitere drei Stunden bei 25 °C verbleiben. Nach Entwässerung in einer Äthanol-Epoxydpropan-Reihe werden die Gewebestückchen in Epon eingebettet. Nach Färbung mit 7%iger äthanolischer Uranylacetat-Lösung für 20 Minuten und 5 Minuten in 1%iger wässriger Bleizitrat-Lösung sind die Schnitte bereit für die Untersuchung im Elektronenmikroskop.



**Abb. 1:** A–D Schematische Darstellung des Protokolls für die *in situ* Fixierung einer Weinbeere. **A.** Injektion des Fixierungsmittels in eine einzelne Beere an der getopften Rebe. **B.** Diffusion der Tropfen des Fixiermittels in das Gewebe der Beere. **C.** Herausschneiden einer äquatorialen Gewebescheibe aus der Weinbeere. **D.** Weitere Fixierung eines Gewebezylinders durch Immersion (nach Diakon und Carde, 2001).

#### Literaturhinweis

Diakon, F., Carde, J.-P.: *In situ* fixation of grape berries. *Protolasma* 218, 225–235 (2001).

H. F. Linskens, Nijmegen

## Buchbesprechungen

**Ax, P.: Das System der Metazoa III.** Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2001, 283 Seiten, 110 Abbildungen, gebunden, 39,95 € (Bd. I–III im Paket 99,95 €), ISBN 3-8274-1179-3.

Mit dem vorliegenden Band wird das Lehrbuch der phylogenetischen Systematik von Peter Ax *Das System der Metazoa* komplettiert. Es zeigt, wie zu erwarten war, die gleichen Qualitätsmerkmale wie die beiden vorangegangenen Bände von 1995 und 1999. Somit liegt nun ein Grundlagenwerk vor, das derzeit in seiner Konzeption sicherlich einzigartig dasteht. Es wird sich zeigen, wie lange es dauert, bis dieser Ansatz eine allgemeine Akzeptanz im zoologischen Lehrbuchangebot erfährt. Schade ist es nach wie vor, dass dieses Lehrbuch „erst“ bei den Metazoa beginnt und die Einzelarten außen vor lässt.

Thomas Gross, Heidelberg

**Knippers, R.: Molekulare Genetik, 8. Auflage.** Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2001, 586 Seiten, 592 farbige Abbildungen, 66 Tabellen, kartoniert, 50,11 €, ISBN 3-13-477008-3.

Wenn nach relativ kurzer Zeit seit dem letzten Erscheinen eine Publikation erneut aufgelegt wird und dieses als nunmehr 8. Auflage erfolgt, erübrigt sich eine Evaluation der Akzeptanz des entsprechenden Buchs. Genau diese Situation liegt bei der neuen Auflage von Rolf Knippers *Molekulare Genetik* vor. Diejenigen der MIKROKOSMOS-LeserInnen, die seinerzeit vielleicht die erste oder eine der ursprünglichen Auflagen erstanden haben, sind gut beraten, sich diese brandneue Auflage zuzulegen.

Das gilt erst recht für die Novizen in dieser Disziplin. Spiegelt doch dieses Lehrbuch einen ganz aktuellen Wissensstand wider. Das – von jeher – didaktisch hervorragend aufbereitete Buch animiert bereits beim ersten Durchblättern zum nicht geplanten Verweilen bei der einen und anderen Thematik, kurzum zum Schmökern. Was könnte sich ein Buchautor mehr wünschen als das?

Erika Tenge, Hildesheim

**Technische Universität Dresden (Hrsg.): Fachwörterbuch Kompakt Chemie, Englisch-Deutsch / Deutsch-Englisch.** Langenscheidt, Berlin 2001, 940 Seiten, Taschenbuch, 35,90 €, ISBN 3-86117-150-3.

Das im traditionsreichen Langenscheidt Verlag erschienene Wörterbuch Chemie (Englisch-Deutsch / Deutsch-Englisch) ist genauso hilfreich wie sein vor kurzem in unserer Zeitschrift besprochener biologischer Counterpart. Es kann also nur jedem empfohlen werden, der professionelle und zuverlässige Unterstützung bei entsprechenden Übersetzungen nutzen möchte.

Wilhelm Wagner, Essen

**Lodish, H., Berk, A., Zipursky, S. L., Matsudaira, P., Baltimore, D., Darnell, J. E.: Molekulare Zellbiologie, 4. Auflage.** Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2001, 1251 Seiten, zahlreiche Abbildungen und Tabellen, gebunden, 79,75 €, ISBN 3-8274-1077-0.

Dieses amerikanische Lehrbuch, das sich auf die molekulare Zellbiologie konzentriert, ist seit Ende 2001 nun in der vierten Auflage in deutscher Übersetzung in unseren Buchläden verfügbar.

Das ursprüngliche Konzept ist beibehalten worden. Natürlich wurde der Inhalt aktualisiert und überarbeitet. Gerade auf dem Gebiet der Zellbiologie werden in den letzten Jahren so viele Fortschritte erarbeitet, dass die relativ schnell erscheinende Herausgabe von Neuaufgaben etablierter Lehrbücher in kurzen Abständen unabdinglich ist. Das ist auch die Situation bei der *Molekularen Zellbiologie*.

Natürlich versuchen sich die verschiedenen, beim groben Hinsehen immer das gleiche Sujet behandelnden Lehrbücher, den Rang abzulaufen. Aber jedes hat seine eigenen Facetten, seine eigenen Nischen und behandelt diese mit ganz besonderer Sorgfalt, sei es nun die biochemische, die molekulare oder die organismische Zellbiologie. Jedes Buch hat seine Daseinsberechtigung und seine speziellen Stärken. Und keines aus den drei genannten Wissensgebieten sollte auf dem Bücherregal eines zellbiologisch interessierten Mikroskopikers fehlen. Alle drei sind Pflichtliteratur!

Thomas Gross, Heidelberg

**Nelson, D., Cox, M.: Lehninger Biochemie, 3. Auflage.** Springer Verlag, Heidelberg 2001, 1342 Seiten, über 1200 Abbildungen, 40 Tabellen, gebunden, 64,95 €, ISBN 3-540-41813-x.

Ein seit nunmehr 30 Jahren seinen Stellenwert auf dem Lehrbuchmarkt behauptender Klassiker der Biochemie, der *Lehninger* (fortgeführt von Nelson und Cox), erlebte im vergangenen Jahr seine 3. (deutschsprachige) Auflage. Der mächtige, 3775 Gramm wiegende Foliant vermittelt auf weit mehr als tausend Seiten das derzeitige Wissen um die Biochemie. Jeder, der sich etwas näher mit der Materie beschäftigt, weiß, wie rasant der Wissenszuwachs gerade in dieser



biologischen Disziplin erfolgt. Man wird zu schätzen wissen, dass sich Wissenschaftler der Mühe unterziehen, den in Original-Artikeln publizierten Erkenntniszuwachs so zusammenzustellen, dass er lehrbuchreif wird, ein Unterfangen, das hinsichtlich seines Energie- und Arbeitsaufwandes oft unterschätzt und unterbewertet wird. Das Buch übernimmt, wie auch in den ersten Auflagen, weitestgehend das amerikanische Didaktikkonzept, das man an der Großzügigkeit in der Art der Illustration (über 1200 überwiegend vierfarbige Abbildungen) sowie an der Lesefreundlichkeit der Typographie und der Seitengestaltung erkennt. Es besteht kein Zweifel, dass auch zukünftig dieses Buch in unserem Sprachraum eine zentrale Rolle spielen wird, da es an ursprünglich deutschsprachigen Werken dieser Art fehlt.

Wilhelm Wagner, Essen

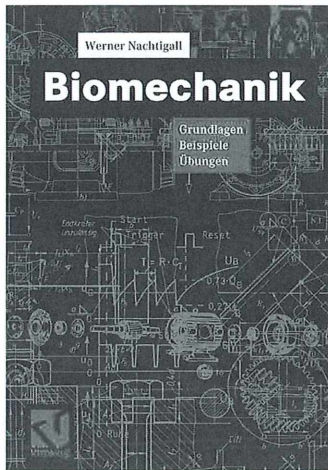
**Kutschera, U.: Evolutionsbiologie.** Parey Buchverlag, Berlin 2001, 273 Seiten, zahlreiche Abbildungen, kartoniert, 29,65 €, ISBN 3-8263-3348-9.

Die Evolution ist das Thema zahlloser Buchveröffentlichungen – und wird es auch wegen des ständig anwachsenden Erkenntniszustandes immer wieder sein. Wenn im MIKROKOSMOS auf das Buch von Ulrich Kutschera hingewiesen wird, dann deshalb, weil es insofern aus dem gewohnten Rahmen einschlägiger Publikationen herausragt, als es sich über mehr als 30 Seiten hinaus mit dem Thema Kreationismus auseinandersetzt. Dem, was dem einen und anderen vielleicht eher als lustige Eskapade erscheinen mag, wird hier gerechtfertigterweise ernsthaft entgegnet und mit wissenschaftlichem Methodenrepertoire pariert. Den derzeitigen, hauptsächlich aus Nordamerika nach Europa überschwappenden Gedankengütern sollte so früh

wie möglich widersprochen werden, damit sie keine weitflächigen Schäden verursachen.

Wilhelm Wagner, Essen

**Nachtigall, W.: Biomechanik – Grundlagen, Beispiele, Übungen, 2. Auflage.** Vieweg Verlag, Braunschweig 2001, 459 Seiten, zahlreiche Abbildungen, kartoniert, 37,00 €, ISBN 3-528-13926-9.



Wenn ein Buch bereits nach einem Jahr eine Neuauflage erfährt, ist dieses Grund genug, festzustellen, dass ganz offenbar ein Bedarf für die behandelte Thematik besteht. So verhält es sich mit dem Biomechanik-Lehrbuch von Werner Nachtigall, den unsere Abonnenten als vielfachen MIKROKOSMOS-Autor kennen. Wer sich für die angesagte Thematik interessiert, ist offenbar gut beraten, sich dieses einführende Standardwerk zuzulegen.

Klaus Hausmann, Berlin

**Gierenz, G., Karmann, W.: Adhesives and adhesive tapes.** Wiley-VCH, Weinheim 2001, 138 Seiten, zahlreiche Abbildungen, gebunden, 79,00 €, ISBN 3-527-30110-0.

Vor einiger Zeit habe ich im MIKROKOSMOS über den raster-

elektronenmikroskopischen Aspekt der Klebetechnologie der unterdessen allgegenwärtigen Klebezettel berichtet (MIKROKOSMOS 88, 257–256, 1999). Damals war es mir abgesehen von einigen, nicht sonderlich aussagekräftigen Internet-Adressen nicht möglich, auf irgendwelche ernsthafte, weiterführende Literatur zu verweisen. Das hat sich mit dem vorliegenden Buch geändert, in dem genau auf die Fragen eingegangen wird, die ich seinerzeit an die entsprechenden Firmen gestellt habe, ohne eine zufriedenstellende Antwort bekommen zu haben. Sollte das Thema Klebetechnologie noch für den einen oder anderen unserer Leser von Interesse sein, so verweise ich auf die nun vorliegende Publikation von Gierenz und Karmann, die wohl in den meisten Fällen eine kompetente Antwort gibt.

Klaus Hausmann, Berlin

**Küppers, U., Tributsch, H.: Verpacktes Leben – Verpackte Technik. Bionik in der Verpackung.** WILEY-VCH, Weinheim 2002, 256 Seiten, gebunden, 99,00 €, ISBN 3-527-30443-6.

Dieses Buch greift bei der Frage nach optimaler Verpackungstechnologie den Bionik-Gedanken auf. Das bedeutet: Biologische Vorbilder werden nicht einfach kopiert, sondern man versucht, das Grundprinzip zu erkennen und auf andere, weniger biologische Bereiche zu übertragen. Die vorliegende Publikation bespricht vielfältige Beispiele aus dem Bereich der natürlichen Verpackungstechnologie, mit der sich biologische Systeme seit Jahrtausenden kontinuierlich verbessernd auseinandersetzen. Die Umsetzung solcher Prinzipien auf nichtbiologisches Terrain ist nicht immer einfach. Das Buch von Küppers und Tributsch gibt bei diesem Unterfangen wertvolle Hilfestellungen.

Thomas Gross, Heidelberg

**Thompson, R. F.: Das Gehirn – Von der Nervenzelle zur Verhaltenssteuerung, 3. Auflage.** Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2001, 573 Seiten, zahlreiche Schwarz-Weiß-Abbildungen, 34,95 €, ISBN 3-8274-1080-0.

Dieses nunmehr in der dritten Auflage erschienene Buch vermittelt den aktuellen Wissensstand über unser Gehirn. Natürlich ist es im Vergleich zur letzten Auflage überarbeitet und auch erweitert worden, wobei diesmal die Revision offenbar besonders gründlich durchgeführt wurde. Etwas schade ist es, dass die Abbildungen wieder ausschließlich in Schwarz-Weiß ausgefallen sind. Etwas Farbe würde dem Lesen und Lernen sicherlich nützen.

Wilhelm Wagner, Essen

**Hofrichter, R. (Hrsg.): Das Mittelmeer – Fauna, Flora, Ökologie. – I. Allgemeiner Teil.** Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2001, 607 Seiten, gebunden, 59,95 € [Band II und III ebenfalls 59,95 €; Subskriptionspreis für alle Bände (bis zum 30.9.2002) 149,85 € = 30,00 € Ersparnis], ISBN 3-8274-1090-8.

Der vorliegende erste *Allgemeine Teil* dieses dreibändig konzipierten Werkes zur Fauna, Flora und Ökologie des Mittelmeeres ist vielversprechend. Der Band strahlt eine große Solidität und Qualität in der Herstellung aus und zeugt inhaltlich von fundiertem Wissen. Insgesamt zehn Kapitel handeln im ersten Buch die allgemeinen Aspekte dieses besonderen Lebensraumes ab: Einführung; Geologie und Entstehungsgeschichte; Geographie und Klima; Vegetationslandschaften und Flora; Ozeanographie und Wasserhaushalt; Lebensräume und Lebensgemeinschaften; Ökologie; Biodiversität und Biogeographie; Umweltsituation; Fischerei und Aquakultur. Die Be-

sonderheiten des Mittelmeers werden durch 49 *Exkurse* zu speziellen Themen (in anderen vergleichbaren Büchern *Boxen* genannt) besonders lebendig. Die durchgängig farbige Bebilderung ist hervorragend, seien es Diagramme, aufwändige Graphiken oder Photographien. Wenn die beiden Folgewerke zur systematischen Übersicht der Flora und Fauna neben den gesetzten Ausstattungsmerkmalen inhaltlich genauso solide sind (und der insgesamt über einhundert Spezialisten umfassende Autorenstab lässt es hoffen), besteht kein Zweifel darüber, dass zum Ende des Jahres ein für einige Dekaden geltendes Standardwerk zur Biologie des Mittelmeeres verfügbar sein wird, das auch für Mikroskopiker von hohem Interesse sein sollte. Man darf auf die Folgebände gespannt sein. Wir werden darüber berichten.

Klaus Hausmann, Berlin

**Storch, V., Welsch, U., Wink, M.: Evolutionsbiologie.** Springer Verlag, Berlin 2001, 449 Seiten, 242 Abbildungen, 25 Tabellen, gebunden, 34,95 €, ISBN 3-540-41880-6.

Dieses Buch ist gewissermaßen der Nachfolger eines rund 200 Seiten umfassenden dtv-Bändchens *Evolution*, das erstmals 1973 von Adolf Remane, Volker Storch und Ulrich Welsch auf den Markt gebracht wurde und letztmalig 1989 (in der 6. Auflage) erschien. Aufgrund des immensen Wissenszuwachses während der letzten Jahre schien es nicht mehr angemessen, eine weitere, lediglich überarbeitete Neuauflage herauszubringen. Daher entschloss man sich, ein ganz neues Buch zu konzipieren. Als weiterer Autor kam Michael Wink hinzu; Adolf Remane ist unterdessen verstorben.

Den Autoren ist es gelungen, ein nicht nur aktuelles, sondern auch sehr ansprechendes Buch zum Thema Evolution zusammenzustellen. Der Stoff wird in fünf

Kapitel mit jeweils eigenem Literaturverzeichnis aufbereitet: Evolutionsbiologie: Geschichte und Fundament (60 Seiten), Entfaltung der Organismen in der Erdgeschichte (121 Seiten), Mechanismen und Ursachen der Evolution (77 Seiten), Molekulare Evolutionsforschung (87 Seiten), Evolution des Menschen und seiner nächsten Verwandten, der nicht-humanen Primaten (88 Seiten). 43 Exkurse zu jeweiligen Sonderthematiken der entsprechenden Kapitel machen den Stoff lebendig. Das Sachverzeichnis ist auf 11 Seiten untergebracht. Illustriert werden die Fakten durch rund 250 instruktive Schwarz-Weiß-Abbildungen. Dieser nüchterne Überschriftenkatalog sowie die Nennung von Zahlen vermitteln die Breite und Intensität, mit der das Thema Evolution behandelt wird. *Das Gedankengebäude der Evolutionsbiologie ist komplex und mit anderen Gebieten wie Geologie, Paläontologie, Astro- und Geophysik, Klimatologie, Ökologie, Biochemie, Botanik, Mikrobiologie, Molekularbiologie und Zoologie eng verknüpft*, stellen die Autoren im Vorwort fest und legen ein Buch vor, das diesen großen Bogen zu spannen versucht. Und das ist ihnen gelungen, soweit dieses in einem 450-seitigen Werk möglich ist. Vielfach wird bei der Auswahl von Exempeln nicht, wie so oft üblich, auf Fälle aus der einschlägigen amerikanischen Literatur zurückgegriffen, sondern es werden Fallbeispiele aus dem europäischen Raum dargelegt, was dem hiesigen Leser die vermittelten Sachzusammenhänge hautnäher werden lässt. Dieses erfreuliche und erfrischend zu lesende Werk erscheint in der seit einiger Zeit vom Springer Verlag herausgegebenen, derzeit fast 20 Titel umfassenden Serie *Springer Lehrbücher* und füllt dort eine bislang klaffende Lücke. Anspruch, Ausstattung und Preis sollten zum Kauf dieses Buches anregen.

Klaus Hausmann, Berlin



1. Der MIKROKOSMOS veröffentlicht Aufsätze, Übersichtsbeiträge, Erfahrungsberichte, Kurzmitteilungen, Hinweise auf interessante neue Arbeitsverfahren oder Präparationsanleitungen sowie technische Innovationen aus allen Teilbereichen der Mikroskopie. Beiträge, die zur Veröffentlichung angeboten werden, dürfen nicht gleichzeitig anderweitig zum Druck eingereicht werden.
2. Die Redaktion bittet, Manuskripte grundsätzlich nur auf einseitig beschriebenen, fortlaufend nummerierten DIN A4-Bögen einzureichen. Jede Manuskriptseite sollte mit doppeltem Zeilenabstand beschrieben werden und jeweils 30 Zeilen mit höchstens 60 Anschlägen pro Zeile umfassen. Bitte am rechten Rand des Manuskriptes die ungefähre Platzierung der Abbildungen und Tabellen angeben. Am Ende des Manuskriptes steht die vollständige Autorenadresse. Soweit möglich sollten die Manuskripte zusätzlich zur Hardcopy als 3,5"-Diskette (nur DOS-Formate) mit der oben angegebenen Formatierung eingereicht werden.
3. Tabellen und Bildlegenden (beide jeweils fortlaufend nummerieren) bitte nicht in den Haupttext einbauen, sondern als Anhang auf eigene Manuskriptseiten schreiben.
4. Bildvorlagen sind Farbdias (für die sw-Reproduktion) jeglicher Größe, kontrastreiche sw-Fotos und druckfertige Strichzeichnungen, Graphiken (vorzugsweise in tiefschwarzer Zeichentusche angelegt oder als Laserprint). Elektronische Abbildungen nur als tiff-Dateien einreichen. Bitte alle Materialien namentlich kennzeichnen. Auf den Originalabbildungen nur professionelle Beschriftungen vornehmen (Endgröße nach Vergrößerung/Verkleinerung der Bildvorlage circa 3 mm); handschriftlich bitte nur auf Kopien oder durchscheinenden Deckblättern kennzeichnen. Die Bilder werden in drei verschiedenen Breiten (1spaltig, 1,5spaltig, 2spaltig) reproduziert. Es können mehrere Bilder zu Tafeln kombiniert werden.
5. Alle Bildvorlagen bleiben Eigentum des Autors und werden mit den Sonderdrucken des Beitrages wieder zurückgesandt.
6. Literaturzitate bitte in alphabetischer Reihenfolge nach folgendem Schema anordnen:  
  
Zitate von Zeitschriftenbeiträgen:  
Kreutz, M., Mayer, Ph.: *Calyptotricha pleuronemoides* – Ein Ciliat in einer Röhre. Mikrokosmos 88, 27–30 (1999).  
  
Buchzitate:  
Fioroni, P.: Evertebratenlarven des marinen Planktons. Verlag Natur und Wissenschaft, Solingen 1998.  
  
Zitate von Buchbeiträgen:  
Hausmann, K., Hülsmann, N.: Einzellige Eukaryota, Einzeller. In: Westheide, W., Rieger, R. (Hrsg.): Einzeller und Wirbellose Tiere, S. 1–72. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1996.
7. Jeder Autor erhält von seinem Beitrag vor dem Druck einen Andruck zum Gegenlesen. Korrekturen müssen sich auf Satzfehler beschränken. Umfangreiche Textnachträge oder Umstellungen sind aus Kostengründen nicht möglich. Bei stärkerer redaktioneller Bearbeitung eines Manuskriptes erhält der Autor zuvor eine Kopie des druckfertigen Manuskriptes zur Freigabe.
8. Jeder Autor erhält von seiner im MIKROKOSMOS veröffentlichten Arbeit kostenlos 25 Sonderdrucke.
9. Der Verlag honoriert jede Druckseite mit € 30,00 und Farbmikrofotos, die auf der Titelseite erscheinen, mit € 60,00.
10. Manuskripte bitte einsenden an  
Prof. Dr. Klaus Hausmann  
Redaktion MIKROKOSMOS  
Institut für Biologie/Zoologie  
der Freien Universität Berlin  
Königin-Luise-Straße 1–3  
14195 Berlin



## Sie werden Augen machen

Mikrokosmos  
3/2002

1 (6)

510543  
Bibliothek des OÖ.  
Landesmuseums

Museumstraße 14  
4020 Linz

300229

Die Welt um uns herum steckt voller Wunder. Das neueste heißt **Stemi DV4** und ist ein modernes kompaktes Stereomikroskop. Und das Wunderbare daran – es kostet wenig, obwohl es viel leistet. So die kompromisslos scharfen und licht-

starken Bilder der neuen patentierten Optik. Oder die raffinierte, einfach per Tastendruck zu bedienende Beleuchtung für Auflicht, Durchlicht oder Mischlicht. **Stemi DV4** – neuer Lichtblick für Lehre und Ausbildung in Kurssälen und Laboratorien.



Carl Zeiss · Mikroskopie · D-07740 Jena  
Tel. (036 41) 64-16 16 · Fax (036 41) 64-31 44  
[mikro@zeiss.de](mailto:mikro@zeiss.de) · [www.zeiss.de/mikro](http://www.zeiss.de/mikro)