

# MIKROKOSMOS



URBAN & FISCHER

Juli 2001  
90. Jahrgang  
Heft 4  
ISSN 0026-3680



# MIKROKOSMOS Zeitschrift für Mikroskopie

Herausgegeben von Klaus Hausmann (Berlin)  
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

- 193** Die Gelenkzellen im Blatt der Gräser – Motor oder Knautschzone?  
*Erich Lüthje*
- 197** Der Wasserschlauch *Utricularia ochroleuca*  
*Peter Pavlicek*
- 205** Beleuchtungsverstärkung bei der Frilux-Leuchtröhren-Mikroskopbeleuchtung  
*Werner Nachtigall*
- 207** Protozoen auf Briefmarken  
*Wolfgang Schneider*
- 213** Beobachtungen an den parasitär lebenden Arten der Suktoria-Gattung *Podophrya*  
*Philipp Mayer und Martin Kreutz*
- 221** Ein Fläschchen Immersionsöl – Immersionsöfläschchen  
*Gerhard Teichert und Klaus Hausmann*
- 225** Hemmung des Wurzelwachstums und Nährstoffmangel-Symptome einer Pflanze in einer durch Elektrolyse beeinflussten Hydrokultur  
*Oskar R. Weber*
- 235** Untersuchung metallischer Bruchflächen mit Lackabdruck und Lichtmikroskop  
*Dieter Pohl*
- 239** Einsatz der Digitalkamera Nikon Coolpix 990 in der Mikroskopie  
*Eckart Hillenkamp*
- 243** Mobile Mikroskopie – der Einsatz von weißen Leuchtdioden an Exkursions- und Reisemikroskopen  
*Hans-Jürgen Voß*
- 248** Über mikroskopisches Zeichnen  
*Werner Nachtigall*

### Rubriken

- 206, 211, 223, 238**  
Kurze Mitteilungen
- 212, 233, 250**  
Nachrichten
- 220**  
Neue Medien
- 251**  
Aus der Industrie
- 252**  
Buchbesprechungen
- 254**  
Aus den Arbeitsgemeinschaften
- 255**  
Mikro-Markt
- 256**  
Impressum

---

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

---

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

---

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

---

**Umschlagabbildung:** Historische Immersionsöflaschen verschiedener Herkunft. Siehe Artikel G. Teichert und K. Hausmann, Seite 221–223.

## Die Gelenkzellen im Blatt der Gräser – Motor oder Knautschzone?

Erich Lühje

Gräser haben, wie der MIKROKOSMOS unlängst wieder einmal vor Augen führte (Hoc, 2000), oftmals attraktive Blattquerschnitte. Besonders fallen in der Epidermis sogenannte Gelenkzellen auf, welche mit der Einrollung der Blätter im Zusammenhang stehen.

Vor einigen Jahren befasste sich Markstahler (1995) bei einer Konstruktionsanalyse des Strandhaferblattes mit diesem Thema. Entfaltung und Einrollung der *Ammophila*-Blattspreite könnten, so seine Überlegung, durch die Arbeit der Gelenkzellen bewirkt werden: „Die betreffenden Zellen sind sehr dünnwandig, unverholzt und folglich leicht verformbar – sie sind groß und wären als hydraulische Schließ- bzw. Öffnungsapparate gut geeignet. Sie besitzen kein Chlorophyll, sind dort angeordnet, wo die vom mechanischen Aspekt her günstigste Stelle für eine Scharnierwirkung läge, und grenzen an diejenigen Orte (Zylinderlumen – Feuchtigkeit; Assimilationsparenchym – Licht), aus denen sie Licht- und Feuchtigkeitsdaten über einen kurzen Signalweg direkt beziehen können. Diese Hypothese müsste allerdings noch durch eingehende Untersuchungen verifiziert werden.“

### Es geht um Tod oder Leben

Im Biologieunterricht habe ich dieses Musterbeispiel einer einleuchtenden Abstimmung zwischen Konstruktion und Funktion gern behandelt. Als ich in diesem Zusammenhang weitere Strandpflanzen mikroskopisch untersuchte (Lühje und Kock, 2001), konnte ich solche Gelenkzellen zum Beispiel auch bei der Strandquecke (*Agropyron junceum*; Abb. 1) und der Sandsegge (*Carex arenaria*, Abb. 2) fotografieren. Damals wusste ich noch nicht, dass dieser Zelltypus im MIKROKOSMOS bereits eine lange Geschichte hat.

Binsfeld (1924/25) spricht von „Gelenkzellgruppen, die bei genügender Feuchtigkeit durch ihren Turgor die Ausbreitung der Blattspreite und bei Trockenheit durch ihr Zusammensinken die Faltung oder Einrollung des Blattes bewirken“. Gelenkzellen als turgorge-

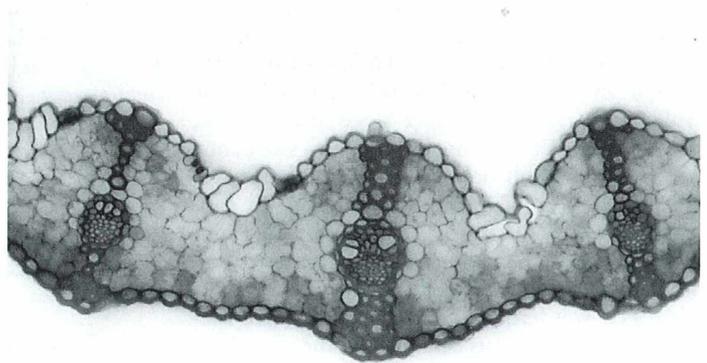
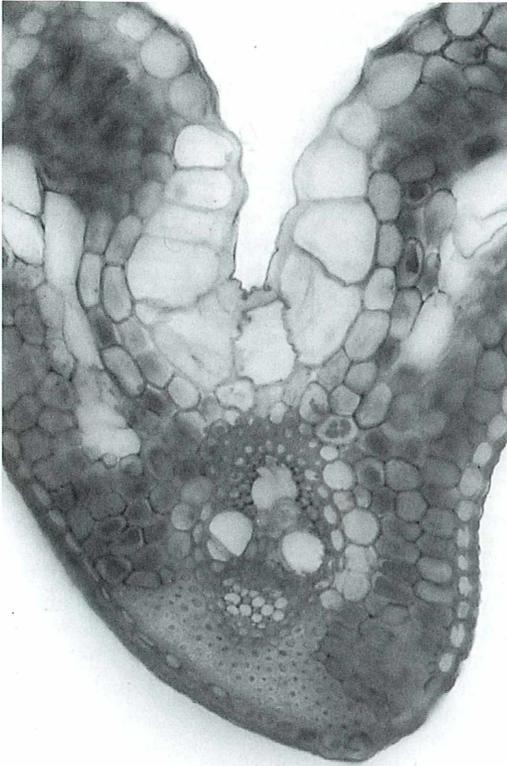


Abb. 1: Rollblatt der Binsenquecke (*Agropyron junceum* L.), quer. In der oberen Epidermis liegen Gruppen großer Gelenkzellen zwischen den Riefen. Circa 155 $\times$ .



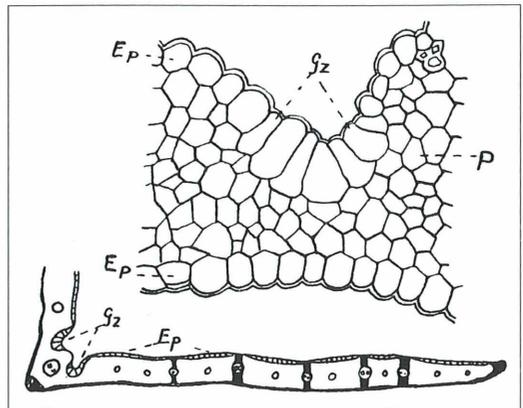
**Abb. 2: Rinnenblatt der Sandsege (*Carex arenaria* L.), quer. Eine mediane Gruppe von Gelenkzellen dient als Scharnier zwischen den zwei Hälften der rinnenförmigen Blattspreite. Circa 350 $\times$ .**

triebener Motor in der Blattspreite – das liest sich wie eine vorweggenommene Bestätigung der Hypothese Markstahlers. Voraussetzung für die erwogenen Turgorkräfte ist freilich das lebende Plasma mit seinen Membranen. Diese halten in der Vakuole osmotisch wirksame Substanzen (Salze, Zucker oder andere) fest, lassen aber Wasser ungehindert ein- oder ausströmen. So kann sich eine Zelle dank der Osmotica in ihrem Zellsafttraum voll Wasser saugen und ihren Innendruck erhöhen. Wird hingegen das Wasser im umgebenden Gewebe knapp, kann es der Zelle von außen wieder entzogen werden. Mit dem Zelltod bricht dieses Kräftespiel zusammen. Daher welken schließlich auch die Blätter der Schnittblumen, obwohl noch Wasser in der Vase ist. Sollen die Gelenkzellen als aktive Motoren der Blatt-

spreitenbewegung infrage kommen, könnten sie diese Aufgabe nur lebend, nicht aber im abgestorbenen Zustand ausüben.

### **Und sie bewegt sich doch!**

Im MIKROKOSMOS 25 (1931/2) befasst sich Thaler mit den Blatttypen der Trockenpflanzen. Als Beispiel für die fragliche Bewegung der Blattspreite wählt er das Rispengras *Poa compressa* (Abb. 3). „Der Querschnitt ist V-förmig (...) und zeigt an der Innenseite des Winkels (also an der Oberfläche des Blattes!) rechts und links von der Mittelrippe je eine Gruppe auffallend großer Epidermiszellen. Das sind die Zellen, durch die die Faltbewegung zustandekommt, die Gelenkzellen (...). Was die wirkliche Ursache der Bewegung ist, wissen wir nicht genau. Wahrscheinlich wirken Quellungsvorgänge in der Zellmembran und Druckänderungen in den Zellen (Turgorschwankungen) zusammen. Die Gelenkzellen wirken aber nicht selbst aktiv mit. Man hat beobachtet, dass sich das Falten auch nach Zerstörung der Gelenkzellen vollzog. Ihre Aufgabe ist wohl, das Zusammenknicken in der Mitte zu erleichtern“. Fazit: Die Blattspreite bewegt sich ohne Zutun der Gelenkzellen. Ein einfacher Versuch veranschaulicht dies: Alkoholfixierte (also abgetötete) Querschnitte des Strandhafer- oder Sandsegeblattes rollen be-



**Abb. 3: Gelenkzellen des Zusammgedrückten Rispengrases (*Poa compressa*), quer. Ep Epidermis, Gz Gelenkzellen, P Parenchym. Aus Thaler (1931/32).**

ziehungsweise falten sich bei Austrocknung ein und werden durch Vernässung wieder zur Entfaltung gebracht. Als „amtliches Endergebnis“ dieser ein dreiviertel Jahrhundert umspannenden Diskussion im MIKROKOSMOS möchte ich Esau (1969) zitieren: „Poaceen und andere Monocotylen besitzen einen weiteren eigenartigen Typ von Epidermiszellen, die bulliformen oder Gelenkzellen. (...) Nach einer Ansicht sind die Gelenkzellen an der Entfaltung der jungen Blätter beteiligt. Man nimmt an, daß ihre plötzliche und schnelle Ausdehnung während eines bestimmten Stadiums der Blattentwicklung das Entfalten der Blattspreite bewirkt; deshalb hat man sie auch Expansionszellen genannt. Nach einer anderen Vorstellung sollen diese Zellen durch Turgoränderung an den hygroskopischen Öffnungs- und Schließbewegungen der ausgewachsenen Blattspreite beteiligt sein; der Ausdruck Motorzellen wurde hierfür vorgeschlagen. Andere Autoren bezweifeln wiederum, daß diese Zellen eine andere Funktion haben als die der Wasserspeicherung (...).

Untersuchungen über den Entfaltungsvorgang und die hygroskopischen Bewegungen bei Blättern bestimmter Poaceen zeigten, daß die Gelenkzellen nicht aktiv oder spezifisch an diesen Vorgängen beteiligt sind (...).

### **Warum kompliziert, wenn es auch billig geht?**

Ein hydraulischer Antrieb der Blattbewegung durch Gelenkzellen, wie ihn Binsfeld unterstellt und Markstahler erwägt, hätte ein Vorbild in den Schließzellen epidermaler Spaltöffnungsapparate. „Bei allen Stomaapparaten wird die Öffnungsbewegung durch ein Absinken des Wasserpotentials in den Schließzellen relativ zur Umgebung ausgelöst, was einen passiven Einstrom von Wasser, und damit einen Turgoranstieg, zur Folge hat. (...) Heute

weiß man, daß hier (...) Ionen eine entscheidende Rolle (...) spielen. (...) Dies hat zu der Vorstellung geführt, daß am Anfang der Wirkkette für die Öffnungsbewegung die Aktivierung einer Protonenpumpe steht, welche ein elektrochemisches Potential für den passiven Einstrom von  $K^+$  durch die gleichzeitig geöffneten Kanäle der Plasmamembran aufbaut“ (Mohr und Schopfer, 1992). Eine solche hydroaktive Bewegung bringt Betriebskosten mit sich. Die Energie für die Ionenpumpen kann aus der Photosynthese oder aus der Atmung stammen (Strasburger, 1983). Auch der Aufbau derartiger Membranpumpen ist für das wachsende Organ nicht zum Nulltarif zu haben. Die Evolution fand offenbar in der hygroskopischen Bewegung der Blattspreite eine kostengünstigere Lösung. Die (lebenden) Gelenkzellen fungieren dabei durch Wasserabgabe und -aufnahme als Knautschzone, ohne durch den Ionen transport mittels spezieller Membranpumpen zusätzlich Bau- und Betriebskosten zu verursachen.

### **Literaturhinweise**

- Binsfeld, R., Auer, A.: Über die Bestimmung von Gräsern auf Grund der Anatomie der Blattspreitenquerschnitte. *Mikrokosmos* 18, 205–211 und 222–224 (1924/25).
- Esau, K.: Pflanzenanatomie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1969.
- Lüthje, E., Kock, K.: Der Sandstrand und seine Pflanzenwelt. *MNU* 54, 96–102 (2001).
- Markstahler, U.: Der Strandhafter (*Ammophila arenaria*) – ein Beispiel für eine optimierte Konstruktionsform. *Mikrokosmos* 84, 225–234 (1995).
- Mohr, H., Schopfer, P.: Pflanzenphysiologie, 4. Auflage. Springer Verlag, Berlin 1992.
- Strasburger, E. (Hrsg.): Lehrbuch der Botanik, 32. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1983.
- Thaler, H.: Die Blattyphen der Trockenpflanzen. *Mikrokosmos* 25, 173–176 (1931/32).

Verfasser: Dr. Erich Lüthje, Kruppallee 13, D - 24146 Kiel



*Da kann man nichts machen!*

Wenn Möller ihm eine neue Sendung von Mikro-Präparaten geschickt hat, vergiftet er das Abendbrot, sein Frauchen und die ganze Umwelt. Wer selbst sammelt, wird das verstehen.

**MÖLLER MIKRO-PRÄPARATE**

Aus unserem Sammlungskatalog: **Pflanzenanatomie.** 50 Präparate zur Einführung in die mikroskopische Anatomie der Pflanze. Charakteristische Einzelheiten sind durch Präparation u. Färbung besonders herausgearbeitet. **Best.Zeichen: PA.Preis DM 60 minus 20%**



**J · D · MÖLLER · OPTISCHE WERKE · GMBH · WEDEL / HOLST.**

**Radiolarien**

Eine interessante Beschäftigung für die kommenden Monate!

Sie erhalten von mir Rein-Material. Zur Bestimmung eine Bildtafel mit 100 der häufigsten Radiolarien und den Text dazu, sowie ein bewährtes Einschlusmittel.

Verlangen Sie kostenlos die Bildtafel und den Prospekt.

**A. ELGER, (24) EUTIN (Holstein)**  
Laboratorium für Mikroskopie  
Friedrichstraße 26

**Deckgläschen  
Objektträger**

liefert preiswert u. in best. Ausführung nach Ihren Wünschen. G. Menzel, Braunschweig, Olperberg 2.

**PHOTO-SORGEN!**  
Dann wenden Sie sich an den Photoberater  
**WALTER MAAS**  
Lübeck / Postfach 252  
Großes Lager in  
Kameras, Zubehör und  
Photomaterial  
Verlangen Sie Preisliste

**Erstklassige  
Forschungs-Mikroskope**  
für höchste Ansprüche, Prismen- u. Jagdläser zur Ansicht. Ratenz. Präzis.-Optik  
**E. Froelich,  
Kassel-Wilhelmshöhe.**



Halbkugel-Refraktometer m. Analysator f. doppelbrechende Subst., m. Okularskala, Meßbereich nD 1,45..1,75, insbes. f. Kristalluntersuchungen geeignet, zu verk. Anfrag. unter 64.

**DÜNNSCHLIFFE**



von Gesteinen und Mineralien  
**VOIGT & HOCHGESANG**  
Göttingen 1

Gut erhaltenes Arbeits- und Aertzemikroskop, Fabrikat Zeiß, zu verk. Angeb. unt. Mikro 65.

**Leitz-Mikroskop,** 3teil. Revolver, Oelimmersion  $\frac{1}{16}$  Ap., Messing-Stativ, Mahagoni-Schr., einwandfr., DM 175.-. Leitz-Mikrotom u. Zubeh., neu, DM 35.- Huber, München-Pasing, Bierbaumstr. 1.

**Für den Ausbau Ihres Mikroskopes**

Huyghens-Okulare 5x, 6x, 8x, 10x, 12x, 14x je DM 6.-  
Achromatische Objektive

5x	10x	18x	30x	50x
DM 15.-	19.-	21.-	32.-	32.-

3-teiliges Objektiv „Virator“ mit 4 verschiedenen Vergrößerungen 4x, 8x, 10x und 14x . . . DM. 28.50

1/12 Oel-Immersion 100x, mit Immersionsöl, DM. 60.-

Büchse aus Plexiglas mit Schraubdeckel für die Objektive . . . . . DM. 1.50

Objektiv-Revolver für 3 für 4 Objektive  
DM. 25.- 28.-

Kondensoren mit Irisblende, für Steckhülse von 39,5 mm  $\phi$   
2linsig 3linsig  
DM. 36.- 44.-

**Für Ihr Mikro-Labor**

- Apothekerwaage mit Hornschalen . . . . . 22.-
- Gewichtsatz 100 mg — 100 g, in Holzsockel . . 12.-
- Präzisions-Waage für Laboratorien, Höchstlast 100 g, Empfindlichkeit 10 mg, mit Gewichtsatz 10 mg — 50 g und Pinzette . . . . . 64.50
- Handzentrifuge, 2 Taschen mit ungraduierten Gläsern, 10 ccm . . . . . 29.50
- Ersatzglas, graduiert . . . . . 1.30
- Hand-Zylinder-Mikrotom, Tisch 70 mm  $\phi$ , Mikrometerschraube mit Teilung, Einstellung 10 My 38.-
- Kosmos-Mikrotom nach Minot für feinste histologische und embryologische Arbeiten, automatische Einstellung der Schnittdicke von 5—40 My, mit Präparatetisch und Messerbock, in verschleißbarem Schrank . . . . . 215.-
- Weiteres Zubehör, sowie Geräte, Glaswaren und Chemikalien zum Mikroskopieren nach unserer Preisliste L 7.

**FRANCKH'SCHE VERLAGSHANDLUNG STUTTGART**  
Abteilung Kosmos-Lehrmittel

# Der Wasserschlauch *Utricularia ochroleuca*

Peter Pavlicek

Die Art des Wasserschlauches, von der in diesem Artikel die Rede ist, lebt in Moorschlenken und Moortümpeln und wurde im so genannten Schwarzen Moos im nördlichen Waldviertel nahe der Ortschaft Brand, Österreich, im November 1999 in einem ehemaligen Torfstich von Herbert Palme und dem Autor entdeckt. In der älteren Literatur wird diese Art als sehr selten, in der neuesten Literatur sogar als in Österreich vermutlich ausgestorben geführt. Systematisch wird sie der Familie Lentibulariaceae (Wasserschlauchgewächse) zugeordnet, welche fünf Gattungen mit circa 275 Arten umfasst. Nur die rund 200 Arten zählende Gattung *Utricularia* (Wasserschlauch) enthält echte Wasserpflanzen, von denen in Österreich sechs vorkommen, nämlich *Utricularia vulgaris*, *U. australis*, *U. intermedia*, *U. minor*, *U. ochroleuca* und *U. breinii*.

Die Art *Utricularia ochroleuca* (Abb. 1) lebt im Wasser flutend und besitzt dunkle Wassersprossen sowie helle Erdsprossen. Wenn der Wasserschlauch im Wasser treibt - dies ist wegen der Luft, welche sich in den großlumigen Zellen befindet (Abb. 2 und 3), möglich -, zeigt er zwischen Erd- und Wassersprossen unterschiedlich helle Übergangsformen. Die Wassersprossen werden 8 bis 70 cm lang. Die Blätter besitzen bis zu 16 Seitensprossen (Abb. 4), welche sich in fadenförmige, zugespitzte Erdsprossen aufspalten. Diese sind auf jeder Seite mit mehreren, aus mehrzelligen Blattsockeln entspringenden, vom Erdspross deutlich abgesetzten Wimpernstacheln versehen (Artmerkmal) (Abb. 6 und 7). Bei der oft verwechselten Art *U. vulgaris* entspringen die Wimpernstacheln direkt einer Seitensprosszelle (Abb. 8 und 9). Letztgenannte Art ist auch dichter mit Blättern und Fangblasen versehen (Abb. 5). Dadurch entsteht immer der Eindruck, dass die Art *U. ochroleuca* eine magere dünne Pflanze ist (Abb. 4). Dies könnte allerdings auch tatsächlich durch den nährstoffarmen Standort bedingt sein.

## Aufbau der Fangblasen

Der Wasserschlauch zählt zu den carnivor (fleischfressenden) Pflanzen, welche Tiere als zusätzliche Stickstoffquelle nützen. Er besitzt dazu halbrundliche Fangblasen, die neben den

Hauptsprossen auf kurzen Stielen sitzen (Abb. 1). Diese sind bei der Art *U. ochroleuca* zuerst grün durchsichtig, später blau durchscheinend und zum Ende der Vegetationsperiode braun, fast undurchsichtig.

In der Literatur wird immer wieder erwähnt, dass die Fangblasenklappe von den Beutetieren selbst aufgestoßen wird (Hegi, 1906; Meierhofer, 1907) oder durch Berührungsimpulse in Aktion tritt, ohne dass der Fangprozess näher beschrieben wird. In der sonst ausgezeichneten, detaillierten Bearbeitung von Glück (1906) sowie in der Süßwasserflora von Österreich (Heimerl, 1923) wird der Ablauf des Fangprozesses und die Funktionsweise des Fangapparates leider gänzlich ausgespart.

Auf Grund von Beobachtungen unter dem Stereomikroskop sowie an Hand der mikroskopischen Auswertung von Mikrotom-Quer- und Längsschnitten der Fangblase lässt sich die Funktion der Fangblasenklappe und der sie umgebenden Drüsen und Borsten sowie der Ablauf des Fangvorganges wie folgt beschreiben.

Die Fangblasenöffnung ist auf ihrem wulstig verstärkten Rand oben links und rechts von zwei verzweigten Antennen sowie etlichen Sperrborsten rundherum flankiert. Sie wird von einer mit einer dünnen Zellschicht bis zum Antennenaußenrand mit ihr verbundenen Klappe verschlossen. Diese dünnen Zellen haben die Funktion eines Folienscharniers (Abb. 10). Spinnenetzartige Rippen (Abb. 11) dienen der Versteifung der Klappe und verbinden

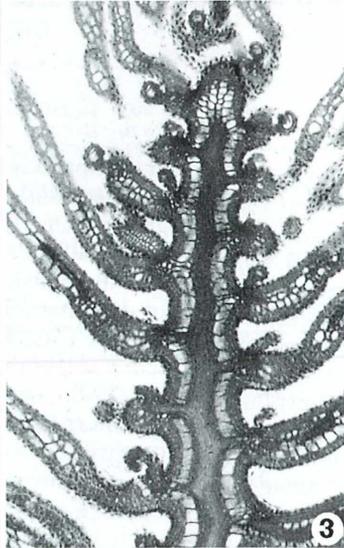
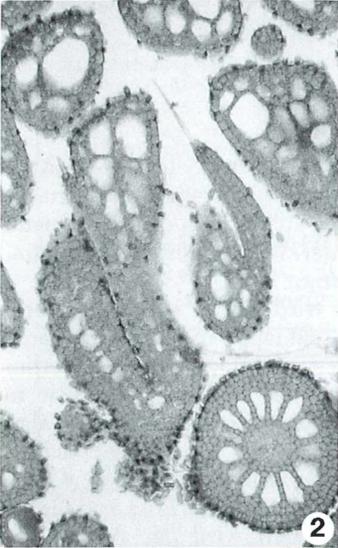
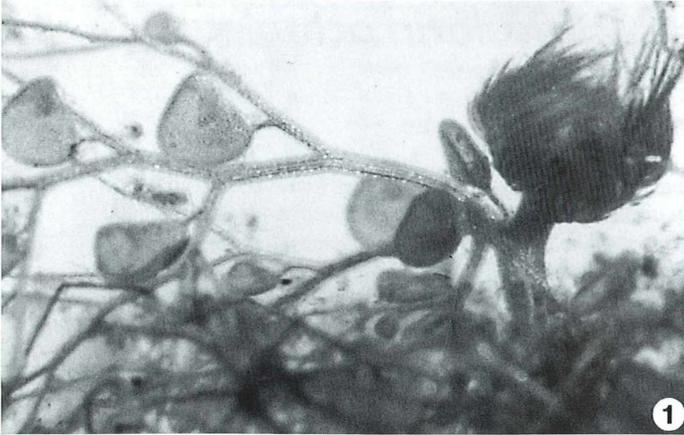


Abb. 1: Hauptspross von *Utricularia ochroleuca* mit Fangblasen und Wachstumsknospe. – Abb. 2: Mikrotomquerschnitt der Turione (Winterknospe). – Abb. 3: Nach Etzold gefärbter Mikrotomlängsschnitt einer Turione mit Hauptspross, Blattanlagen, Seitenend sprossen und Fangblasenanlagen.

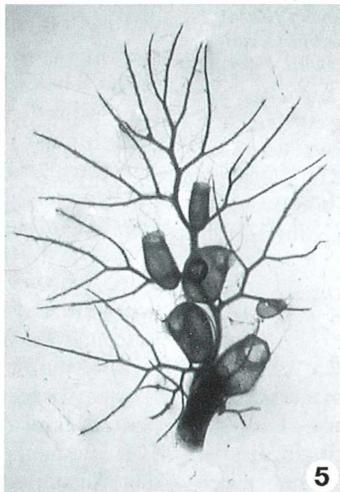
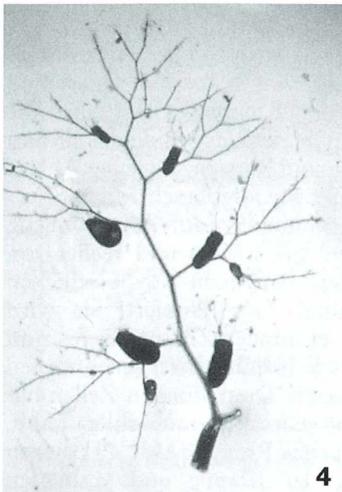


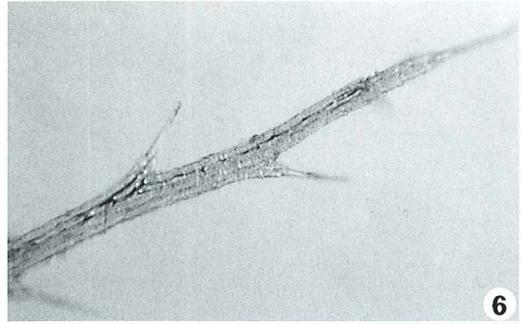
Abb. 4: Blatt mit Seitensprossen und Fangblasen von *U. ochroleuca*. – Abb. 5: Blatt mit Seitensprossen und Fangblasen von *U. vulgaris*.

diese mit den Antennen. Die Fangblase steht vor dem Beutefangprozess unter leichtem Unterdruck, was an den eingedellten Seitenwänden und der nach innen gebogenen Klappe ersichtlich ist (Abb. 12). Der Unterdruck entsteht einerseits durch die nach außen wirkende Spannung der dreischichtigen Fangblasenwand und andererseits durch die Pumpleistung der Zellen, welche bis zu 40% des Füllwassers der geschlossenen Fangblase nach außen pumpen können.

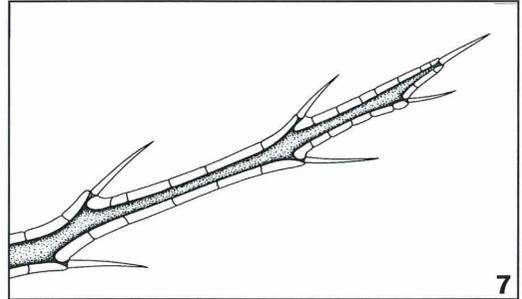
Durch den Wasserdruck wird die Klappe an die Ränder der Fangblasenöffnung angepresst und biegt sich – sowie auch die Seitenwände der Fangblase – etwas nach innen (Abb. 12). Die spinnennetzartig angeordneten Rippen (Abb. 11 und 13) verhindern durch ihre Steifigkeit ein zu starkes Durchbiegen der Klappe und somit ein frühzeitiges Hineinrutschen der Klappe in die Fangblase. Die Unterlippe der Fangblase setzt sich nach innen fort und ist mit einem kleinen erhabenen Wulst versehen, welcher der Klappe als Anschlag dient. Zur Erhöhung der Steifigkeit ist die Unterlippe nach innen unten eingerollt (Abb. 14). An diesem Wulst wird der untere Klappenrand vom Wasserdruck angepresst. Knapp oberhalb des unteren Randes der Fangblasenklappe befinden sich zwei längere und dickere Borsten, welche ich als Öffnungsborsten bezeichne (Abb. 10 und 15). Des weiteren befinden sich auf der Klappenaußenfläche Knöpfchendrüsen (Abb. 16). Diese locken durch Ausscheiden eines Sekretes die Beutetiere an.

### Beutefangmechanismus

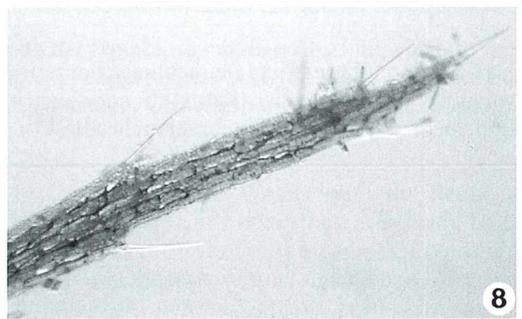
Schwimmt nun ein Beutetier unter die beiden astartig verzweigten Antennen und beißt oder streift die mit Sollbruchstellen ausgestatteten Köpfe der Drüsenhaare ab (Abb. 17), löst dies einen Reiz aus, welcher den Pumpvorgang der Fangblasenzellen verstärkt in Gang setzt. Durch das jetzt größere Vakuum im Innenraum biegt sich die Klappe stärker nach innen und dadurch neigen sich die über die Versteifungsrippen verbundenen Antennen nach unten. Das Beutetier kann nun wegen den verzweigten Antennen-Enden und den aufgestellten Randborsten nicht mehr nach oben oder zur Seite entweichen. Das Aufstellen der Randborsten erfolgt durch den Wasserdruck, der den Fangöffnungsrand nach innen dreht. Dieses stärkere



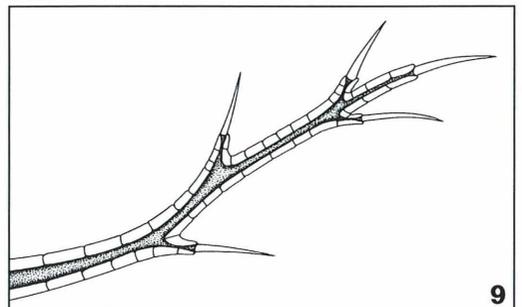
6



7



8



9

Abb. 6 und 7: Seitenspross von *U. ochroleuca* mit den aus mehrzelligen Sockeln entspringenden Wimpernstacheln (Artmerkmal). – Abb. 8 und 9: Seitenspross von *U. vulgaris* mit den direkt einer Seitensprosszelle entspringenden Wimpernstacheln.

Durchbiegen der Klappe bewirkt auch ein Aufrichten der Öffnungsborsten (Abb. 10), und so wird das Beutetier immer enger eingeschlossen.

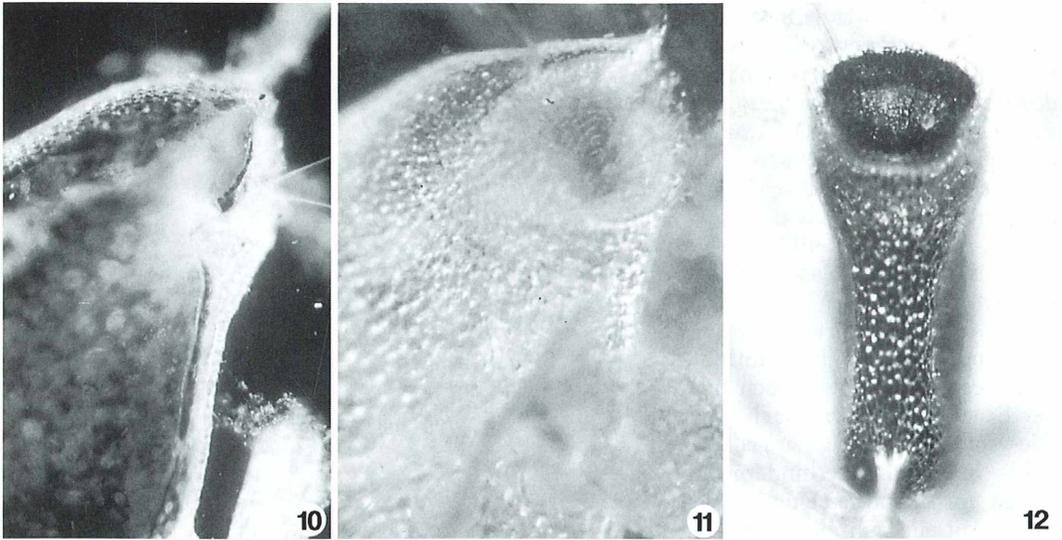


Abb. 10: Seitenansicht einer aufgeschnittenen Fangblase. – Abb. 11: Blick auf die geschlossene Fangblase mit den Antennen, den Randborsten und den Öffnungsborsten sowie den spinnennetzartigen Deckelrippen. – Abb. 12: Unter Unterdruck stehende, fangbereite Fangblase.

Das durch die Einengung beunruhigte Beutetier versucht nun, mit aller Kraft zu entweichen und biegt durch seine Fluchtversuche die Öff-

nungsborsten nach unten. Durch die Steifigkeit der Öffnungsborsten wird mittels der Hebelwirkung des um die Flucht bemühten Tieres der

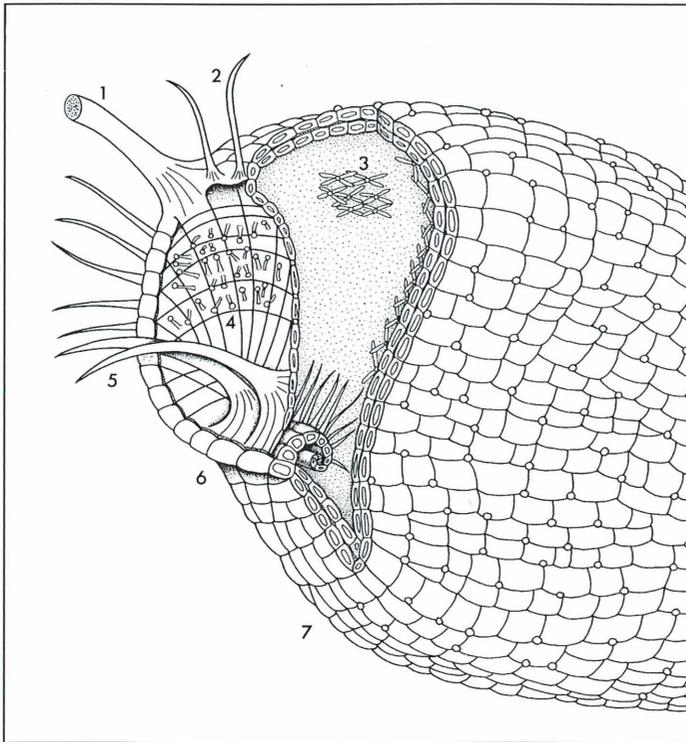
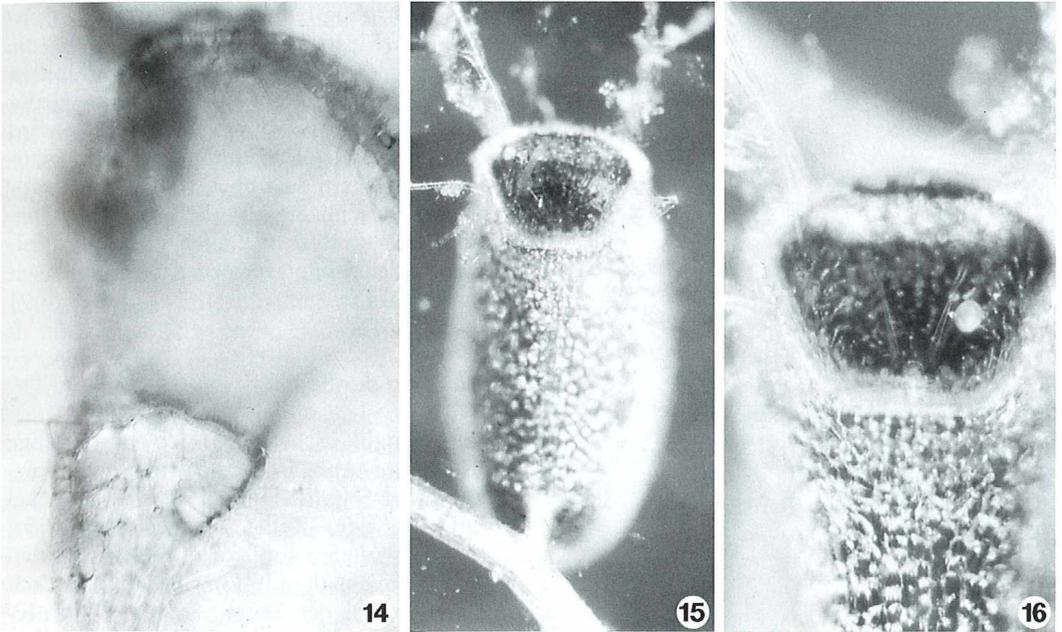


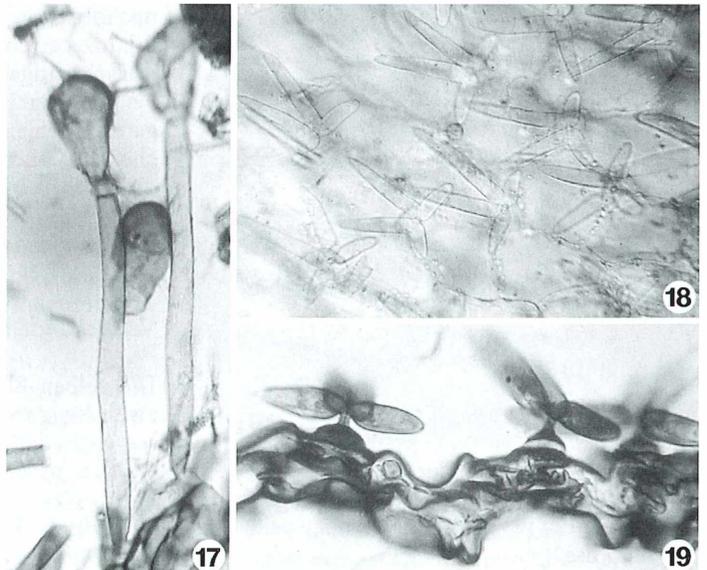
Abb. 13: Dreidimensionale Rekonstruktion des Fangblasenvorderteils. 1 Antenne, 2 Randborsten, 3 Verdauungsdrüsen, 4 Deckel mit Knöpfchendrüsen, 5 Öffnungsborsten, 6 Unterlippe mit Wulst und Borsten, 7 äußere Zellschicht mit Schleimdrüsen.



**Abb. 14:** Blick auf die nach unten eingerollte Unterlippe der Fangblase mit dem Anschlagwulst für den unteren Deckelrand. – **Abb. 15:** Fangblase nach erfolgtem Fangprozess. – **Abb. 16:** Blick von unten auf die geschlossene Fangblasenöffnung mit Randborsten, Antennen, Öffnungsborsten und Knöpfchendrüsen.

Klappenunterrand nach innen und somit über den Wulst der Unterlippe der Fangblasenöffnung geschoben (Abb. 10). Augenblicklich wird der Wasserdruck wirksam und die Klappe dadurch ruckartig nach innen gedrückt. Das

rasch einströmende Wasser reißt die Beute in die Fangblase. Ein Entweichen aus dieser Falle wird durch die - vom nun innen oben anliegenden Deckel - nach unten ragenden Öffnungsborsten und den sich an der Innenseite unter-



**Abb. 17:** Nach Etzold gefärbte Knöpfchendrüsen, welche sich an der Deckelaußenseite befinden. – **Abb. 18:** Innenseite einer Fangblase mit Verdauungsdrüsen. – **Abb. 19:** Nach Etzold gefärbter Querschnitt einer Fangblase mit Verdauungsdrüsen.

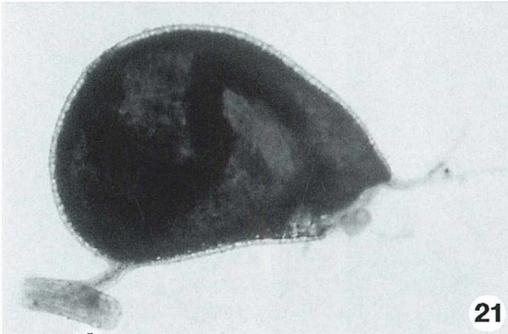
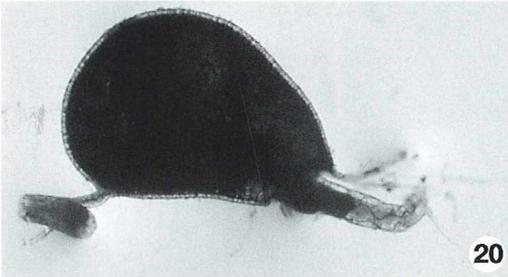


Abb. 20: Erster Fangschritt einer langen Mückenlarve. – Abb. 21: Nach einigen Minuten erfolgte die zweite Fangphase der langen Beute.

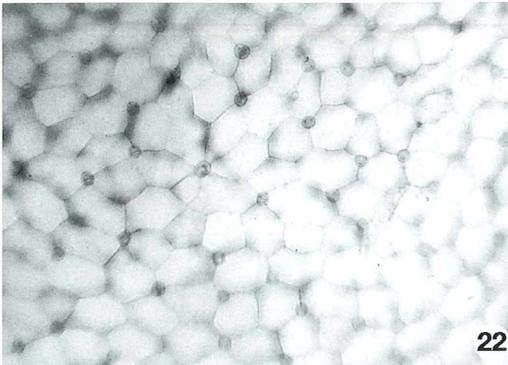


Abb. 22: Außenseite der Fangblase mit den Schleimdrüsen. – Abb. 23: Nach Etszold gefärbter Querschnitt der Fangblasenwand mit zweiteiliger Schleimdrüse.

halb der Öffnung befindlichen Borsten verhindert. Nach Einströmen des Wassers wird die Spannung der gedehnten oberen Randzellen wirksam und die Antennen richten sich wieder auf. Die nun selbst spannungslose Klappe wird mittels der Randzellenspannung und der Spannung der Versteifungsrippen nach vorne gezogen und verschließt neuerlich den Eingang. Nach abgeschlossenem Beutezug sind die Seitenwände der Fangblase wieder nach außen gewölbt (Abb. 15).

### Verdauung der Beute

In der Fangblase befinden sich vierstrahlige Drüsenhaare (Abb. 19), welche mit einem kurzen, hohlen Schaft, der sich zu einem Sockel verbreitert, einer Zelle aufsitzen (Abb. 19). Diese Drüsenhaare sondern durch den hohlen Schaft proteinspaltende Enzyme ab, wodurch der größte Teil der Beute verdaut, Chitin jedoch nicht abgebaut wird. Der so entstandene nährstoffreiche Verdauungssaft wird von den vier Absorptionshaaren aufgenommen und der Pflanze zugeführt. Die unverdauten Chitinreste sammeln sich in der Fangblase, da ein Ausstoßen der Nahrungsreste nicht möglich ist. Diese Falle arbeitet so effizient, dass Beutetiere wie zum Beispiel Insektenlarven (Abb. 20), deren Länge fast doppelt so groß wie die der Fangblase ist, gar auf zwei Raten in diese hineingezogen und dabei gefaltet werden (Abb. 21). Dies funktioniert sogar noch einige Zeit nachdem die Fangblase von der restlichen Pflanze getrennt wurde. An der Außenseite der dreischichtigen Fangblase befinden sich an vielen Zellkreuzungspunkten kugelige, oft zweigeteilte Schleimdrüsen (Abb. 22 und 23), welche der inneren Zellschicht entspringen. Ob diese Schleimdrüsen beim Abpumpen des Fangblasen-Innenwassers eine Rolle spielen, ist nicht geklärt.

### Verlockende Blüten

Die gelben Blüten (Abb. 24) befinden sich zu zweit bis zu viert auf senkrecht aus dem Wasser ragenden, 10-17 cm langen Stielen und werden in der Regel nacheinander geöffnet. Die bis zu 13 mm breite Blüte sitzt in zwei eiförmigen Kelchblättern und ist zweilippig. Das obere Blütenblatt bildet ein Dach über

dem blasenförmig ausgebildeten Teil des unteren Blütenblattes und verschließt so die Blüte. Das untere Blütenblatt bildet einen nach unten ragenden 4-5 mm langen Nektarsporn sowie eine mit rotbraunen Saftmalen ausgestattete blasenförmige Aufwölbung und eine als Landefläche fungierende Ebene aus. Der Nektarsporn ist etwa halb so lang wie das untere Blütenblatt (Artmerkmal).

Das Nahrung suchende Insekt - laut Hegi (1906) sind es ausschließlich Schwebfliegen, ich konnte jedoch verschiedene andere Insekten beim Besuch der Blüten beobachten - landet auf der vom unteren Blütenblatt gebildeten Landefläche. Durch sein Gewicht drückt es dieses ein wenig nach unten, wodurch der Eingang etwas geöffnet wird. Die rotbraunen Saftmale auf dem blasig aufgewölbten Teil der Unterlippe weisen den Weg unter dem dachförmigen oberen Blütenblatt in das Innere der Blüte. Wenn das Insekt zur süß lockenden Speise im Nektarsporn gelangen will, muss es die in der Mitte der Staubblätter befindliche Narbe passieren (Abb. 25). Diese streift mitgebrachte Pollen vom Besucher ab. Der Lohn ist der im Sporn von Drüsenzellen ausgeschiedene Nektar (Abb. 26). Beim Hinauskriechen werden die beiden zangenförmigen Staubfäden auseinandergebogen. Die nun freigegebenen, sich auf den beiden Theken befindlichen Pollen werden vom Insekt abgestreift und mitgenommen.

Die Pollen sind längsoval und mit Längsfurchen versehen (Abb. 27 und 28). Früchte und Samen der Wasserschlauchart *U. ochroleuca* sind nicht bekannt. Man nimmt an, dass diese Wasserschlauchart steril ist.

### Winterknospen

Es gibt jedoch eine vegetative Art der Fortpflanzung. Die Pflanze bildet außer den Wachstumsknospen (Abb. 29), welche der im aktiven Jahresteil erfolgenden Ausbreitung dienen, zum Ende der Wachstumsperiode dunkle, behaarte Winterknospen, so genannte Turionen aus (Abb. 30). Die restlichen Teile der Pflanze sterben ab. Da die Turionen in den Großzellen noch keine Luft eingeschlossen haben, sinken sie zu Boden, wo sie die Frostperiode überdauern. Im Frühjahr mit beginnendem Wachstum wird in den großen Zellen der Pflanze (Abb. 3) der durch die Assimilation frei werdende Sauerstoff eingelagert und die

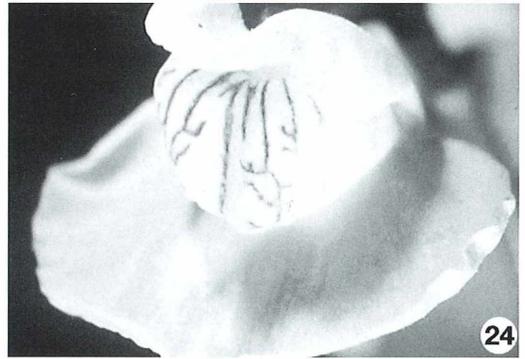


Abb. 24: Blüte von *U. ochroleuca*. – Abb. 25: Griffel mit Fruchtknoten und Narbe. – Abb. 26: Nektar im Inneren des Nektarsporns.

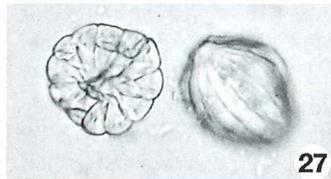


Abb. 27 und 28: Pollen von *U. ochroleuca* in Aufsicht und Schrägansicht sowie in Längsansicht.

Pflanze steigt mit Ausnahme der Erdknospe mit den Erdsprossen, welche die Verankerung im schlammigen Boden bewirken, wieder bis unter die Wasseroberfläche auf.

Wenn man die äußeren, gefiederten Deckblätter der Winterknospe entfernt, kann man erkennen, dass bereits alle Pflanzenteile (Abb. 31) angelegt sind. Im Mikrotomschnitt sind auch die auf kleinen, mehrzelligen Kerbzähnen sitzenden Stachelhaare (Abb. 2) (Art-

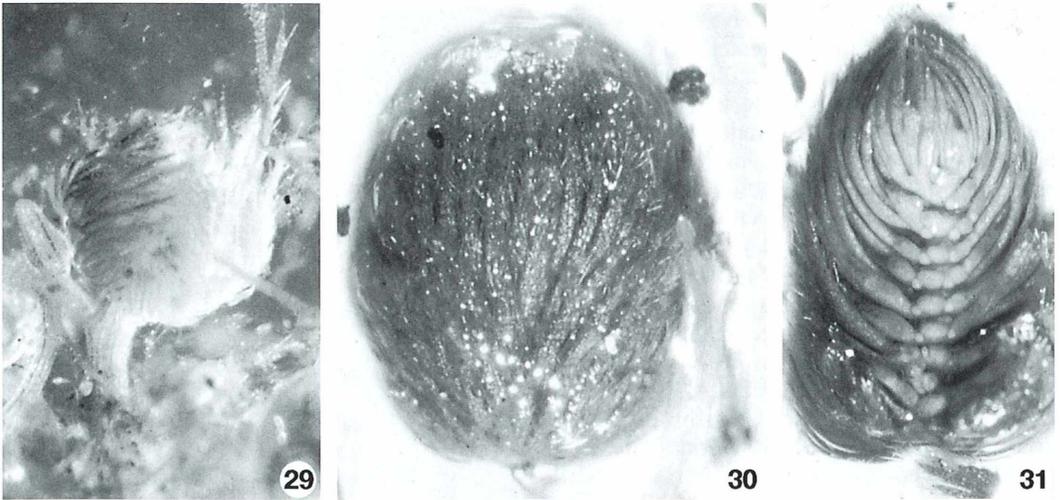


Abb. 29: Wachstumsknospe von *U. ochroleuca*. – Abb. 30: Winterknospe (Turione) von *U. ochroleuca*. – Abb. 31: Turionen-Innenansicht nach Entfernen eines Teils der Deckblätter. Zu sehen sind die Blatt- und Fangblasenanlagen.

merkmal) erkennbar. Ebenso sind die Fangblasen als kugelförmige Sprossen (Abb. 31) in welchen man alle Zellanlagen in ihrer richtigen Anordnung sieht (Abb. 3), vorhanden.

Es ist erfreulich, dass eine als ausgestorben geltende Pflanze wiederentdeckt und neue Erkenntnisse bezüglich der Fangblasenfunktion gesammelt werden konnten. Der Wasserschlauch ist mit all seinen bei uns vorkommenden sechs Arten unter Schutz gestellt.

#### Literaturhinweise

- Adler, W., Oswald, K., Fischer, R.: Wasserschlauchgewächse. In: Fischer, M. A. (Hrsg.): Exkursionsflora von Österreich. Verlag Ulmer, Stuttgart 1994.
- Aichele, D., Schwegler, H.-W.: Die Blütenpflanzen Mitteleuropas, 4. Band, 2. Auflage. Franckh-Kosmos Verlagsgesellschaft, Stuttgart 2000.
- Casper, S. J., Krausch, H. D.: Süßwasserflora von Mitteleuropa, Pteridophyta und Anthophyta 2. Teil: Saururaceae bis Asteraceae. Verlag Gustav Fischer, Stuttgart 1981.
- Glück, H.: Biologische und morphologische Untersuchungen über Wasser- und Sumpfpflanzgewächse. 2. Teil: Untersuchungen über die mitteleuropäischen *Utricularia*-Arten, über die Turionenbildung bei Wasserpflanzen, so-

wie über *Ceratophyllum*. Gustav Fischer Verlag, Jena 1906.

- Hegi, G.: Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Band VI, 1. Hälfte, Dicotyledones V. Teil. A. Pichler's Witwe & Sohn, Wien 1906.
- Heimerl, A.: Schulflora von Österreich und die angrenzenden Gebiete der Alpen- und Sudetländer, sowie des Küstenlandes bis Triest, 3. Auflage, CXVI. Lentibulariaceae, Wasserschlauchgewächse. Hölder – Pichler – Tempsky (Hrsg.), Wien 1923.
- Leins, P.: Blüte und Frucht, Morphologie, Funktion und Ökologie. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 2000.
- Leunis J.: Synopsis der Pflanzenkunde. Band 2/1. Hahn'sche Buchhandlung, Hannover 1877.
- Meierhofer, H.: Einführung in die Biologie der Blütenpflanzen. Verlag K. G. Lutz, Stuttgart 1907.
- Neilreich, A.: Flora von Wien, LVIII. Ordnung Utricularieen. Friedrich Beck's Verlagsbuchhandlung, Wien 1868.
- Taylor, P.: The genus *Utricularia* - a taxonomic monograph. Coode, M. J. E. (ed.): Kew Bulletin Additional Series XIV, Royal Botanic Gardens. Kew, London 1972.

Verfasser: Peter Pavlicek, Zollernspargasse 8/2/11, A-1150 Wien, Austria  
e-mail: peter.pavlicek@chello.at

# Beleuchtungsverstärkung bei der Frilux-Leuchtröhren-Mikroskopbeleuchtung

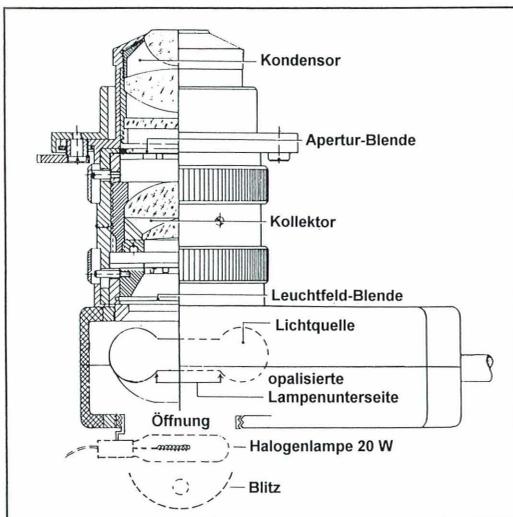
Werner Nachtigall

**Besitzer der im Titel genannten Beleuchtungseinrichtung werden diese mit gemischten Gefühlen verwenden. Zum einen ist die Beleuchtung für die Beobachtung sehr angenehm; Lichtführung und Kondensorgüte sind erstklassig (Reinert, 1977). Zum anderen ist diese Einrichtung bereits bei mittleren Vergrößerungen schlicht zu lichtschwach, was die Augen beim Dauermikroskopieren stark belastet.**

**D**as Abdeckkästchen der Beleuchtungseinrichtung ist unten offen und lässt einen kreisförmigen Ausschnitt der flachgedrückten Beleuchtungsröhre von etwa 3 cm Durchmesser frei (Abb. 1).

Ich habe nun die im MIKROKOSMOS (Nachtigall, 2001) beschriebene unkonventionelle Beleuchtungseinrichtung zur Lichtverstärkung eingesetzt. Eine Niedervolt-Hochintensitätslampe 50 W mit geringem Abstrahlwinkel von nur 10° und vorgesetztem Wärmefilter und leichtem Blaufilter (KB 3 bzw. 82b) strahlt die Leuchtfläche der Beleuchtungsröhre über einen Umlenkspiegel von unten an. Die beiden

Leuchtquellen überlagern sich. Man kann die Niedervoltlampe dimmen und damit feinfühlig einstellen. Ich finde aber, dass es ausreicht, bei mittleren Vergrößerungen die Lampe einfach mit Vollast zuzuschalten und die Helligkeit über den im Frilux-Gerät eingebauten Regler anzupassen. Die Spezialbirne trägt die Bezeichnung Paulmann GX 5,3, 51 mm Durchmesser, Artikel-Nr. 8833.509, Spot 10° EXT und kostet etwa DM 12,-. Das Lampengehäuse heißt Bühnen-Spot (Conrad-Katalog, DM 29,-). Blaufilter vom Fotohandel, Wärmeschutzfilter als Ersatzteil für Dia-Projektoren erhältlich. Einen auch bei höheren Vergrößerungen praktisch ausreichenden Effekt bringt bereits die Zuschaltung einer 20 W Halogenlampe direkt unter der unteren Gehäuseöffnung (Typ: Stiftsockellampe 12 V 20 W 511220, Fassung Halo-Rohrclip 590029, Stecktrafo AC Adapter AEN 542222 für 12 V 19 W; Conrad-Katalog). Das hat auch den Vorteil, dass man einen Blitz ohne weiteren Aufwand direkt darunter montieren kann. Er strahlt die flache Leuchtstoffröhre aus, die ihrerseits genau so als Lichtquelle wirkt wie bei Eigenbetrieb: So, wie man das Bild sieht, kommt es geblitzt auch auf den Film. 20 W-Birnchen und Blitzreflektor sind in der Abbildung 1 gestrichelt eingezeichnet; der Leuchtwendel sollte möglichst nahe an die Lampenunterseite herangeführt werden (Birnen eventuell schräg einbauen).



**Abb. 1:** Längsschnitt durch die Frilux-Beleuchtung mit Ergänzungen (nach Reinert, 1977).

## Literaturhinweise

Conrad-Katalog „Elektronik Welt“, Klaus-Conrad-Str. 1, 92240 Hirschau. Tel.: 01 80/531 21 11, Fax: 01 80/531 21 10.

Nachtigall, W.: Kritische Beleuchtung mit Opal-Birnen und Blitzanpassung. *Mikrokosmos* 90, 117–119.

Reinert, G. G.: Kaltlichtbeleuchtung in der Mikroskopie. Eine neuartige Durchlichtbeleuchtung. *Mikrokosmos* 66, 180–194 (1977).

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

## Kurze Mitteilung

### Hilfe bei der Zellteilung

Asexuelle Zellen sind normalerweise in der Lage sich durch Zweiteilung zu vermehren. Wenn sich Amöben teilen, dann bleiben die beiden entstehenden Tochterzellen noch eine gewisse Zeit lang miteinander in Kontakt. Bei den Amöben der Art *Entamoeba invadens* bleibt aber etwa ein Drittel der in Teilung befindlichen Zellen bei der Abschnürung stehen, so dass sie zwar gefurcht sind, aber sich nicht vollständig trennen können. Man hat nun beobachtet, dass die miteinander verbundenen Tochterzellen für die vollständige Trennung Hilfe sozusagen herbeirufen können, um selbstständig zu werden. Auf chemotaktischem Weg wird für diese mechanische Intervention eine Zelle angezogen; sie vollbringt die endgültige Trennung, indem sie sich als eine Art Keil zwischen die gefurchten, aber noch nicht getrennten Zellen schiebt. Diese Helferzelle wird auf einen Abstand bis zu 200  $\mu\text{m}$  herbeigerufen. Sie bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von  $0,54 \pm 0,08 \mu\text{m}$  pro Sekunde auf die Trennungsfurche zu. Nach der Trennung bewegen sich die drei Zellen dann wieder unabhängig voneinander weiter. Dass die Anlockung der Helferzelle, die also als eine Art Hebamme fungiert, auf chemischem Wege (chemotaktisch) erfolgt, konnten israelische Untersucher dadurch beweisen, dass sie unter dem Mikroskop mit einer Mikropipette in der Nähe der Teilungsfurche Flüssigkeit aus dem Medium aufsogen und dann in der Nähe einer anderen Amöbe in Trennungsschwierigkeiten wieder abgaben. In 41 Experimenten wurde eine positive chemotaktische Reaktion von 37% beobachtet: die Amöbe bildete in Richtung auf die Flüssigkeit Pseudopodien aus und folgte der zurückweichenden Pipette auf einen Abstand von der dreifachen Länge der Amöbe. Auch

wenn sich die Richtung der Pipettenspitze änderte, folgten die Amöben auf einem Abstand von einigen hundert Mikrometern der Pipettenöffnung.

Die chemische Identifizierung eines Lockmittels, von dem man nur etwa 10 Pikoliter gewinnen kann, ist schwierig. Man konzentrierte sich daher auf junge, 3–4 Tage alte Kulturen, in denen sich täglich über eine Million Teilungen abspielen. Mit Hilfe von Filmaufnahmen konnte eine starke chemotaktische Anziehung der jungen Zellen nachgewiesen werden. Kontroll-Lösungen von zellfreiem, drei Tage alten Kulturmedium riefen keine Reaktionen hervor. Das Molekulargewicht des diffundierenden Chemotaktikums konnte mit 50 bis 100 KD ermittelt werden; es bleibt auch aktiv nach einer Erhitzung von 20 Minuten auf 95 °C, ist aber empfindlich gegen Oxydation mit 0,24 M Metaperjodat. Glykokonjugate, insbesondere die Lipophosphoglykan-ähnlichen Moleküle der Membran, welche diese Eigenschaften haben, gelten daher als Kandidaten für die chemotropische Anziehung von Helferzellen bei der unvollständigen Trennung von Amöben.

Kürzlich wurden solche Helferzellen auch bei der Teilung von Amöben des Schleimpilzes *Dictyostelium discoides* beobachtet. Es könnte sich daher um einen mehr allgemein vorkommenden Mechanismus handeln, mit dem bei nicht ganz funktionierenden Teilungsvorgängen Hilfe geleistet wird.

#### Literaturhinweis

Biron, D., Libros, P., Sagi, D., Mirelman, D., Moses, E.: 'Midwives' assist dividing amoeba. *Nature* 410, 430 (2001).

H. F. Linskens, Nijmegen

# Protozoen auf Briefmarken

Wolfgang Schneider

**Abbildungen von Protozoen auf Briefmarken sind sehr selten, wodurch auch das kaum vorhandene Interesse an diesen Lebensformen zum Ausdruck kommt. Nach mühevoller Durchsicht aller in Frage kommenden Briefmarkenkataloge fanden sich weltweit – ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben – nur rund 40 Marken mit einschlägigen Motiven.**

Unser Hauptwerkzeug, das Mikroskop hingegen, ist auf über 300 Postwertzeichen abgebildet. Die Beschreibung der Protozoen-Motive wird relativ knapp ausfallen, um den Bildern mehr Raum geben zu können.

## Phytoflagellaten

Ziemlich häufig sind Dinoflagellaten auf Marken abgebildet, auf mindestens elf Briefmarken sind sie zu finden. *Noctiluca miliaris* (= *scintillans*) (Abb. 1), das durch seine Fähigkeit zur Biolumineszenz einer der Verursacher des eindrucksvollen Meeresleuchten ist und eine Größe von bis zu 2 mm erreichen kann, ist ebenso wie *Dinophysis acuta* (Abb. 2), deren Gattung mit circa 50 Arten im Plankton der Meere vertreten ist und eine eigenartige Flügel- leiste aufweist, auf einem Briefmarkensonderblock aus Portugal abgebildet. Anlass für die Ausgabe war die Expo 1998. In etwas kleinerem Format und in leicht geänderten Farben kamen die Marken etwas später als selbstklebende Variante heraus.

Monaco wiederum hat 1992 zur Feier des Ozeanographischen Museums die beiden Panzergeißler *Ceratium ranipes* (Abb. 3) und *Ceratium hexacanthum* (Abb. 4), die beide im Meer vorkommen, auf Briefmarken gewürdigt. Ein weiterer Vertreter der etwa 80, meist marine Arten zählenden Hornalgen, nämlich *Ceratium vultur*, ist auf einer Ausgabe von Wallis und Fortuna aus dem Jahr 1981 zu sehen. Auch auf einer Emission der Insel Man, erschienen 1992, können wir neben diversen Diatomeen zusätzlich noch drei weitere *Ceratium*-Arten erkennen. Ebenso auf einer Ausgabe aus Polen von 1987, die neben stilisier-

tem Plankton *Proto-peridinium* zeigt. Dieses ist auch auf einer Marke der australischen Gebiete in der Antarktis von 1973 abgebildet.

Auf einem Briefmarkenblock, der 1991 von den Palau-Inseln herausgebracht wurde und der Aufzucht der Riesenmuschel *Tridacna gigas* gewidmet ist, können wir die Zooxanthelle *Symbiodinium microadriaticum* erkennen, die als intrazellulärer Symbiont der Muschel ihren Panzer verloren hat und für die bräunliche Färbung des Wirtes verantwortlich ist.

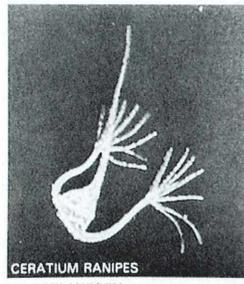
*Euglena* (Abb. 5) ist auf einer Marke Frankreichs abgebildet, welche zur Würdigung des Fortschrittes in Wissenschaft und Technik 1981 herausgebracht wurde. Recht gut zu erkennen ist der Strudel, der durch den Schlag der Geißel verursacht wird.

Schließlich zu einer weiteren Portugal-Ausgabe, ebenfalls 1998 zur Expo erschienen, auf der wir den zu den Haptophyceen gehörenden Coccolithophoren *Calcidiscus leptoporus* (Abb. 6) mit seinem faszinierenden Schuppenkleid sehen.

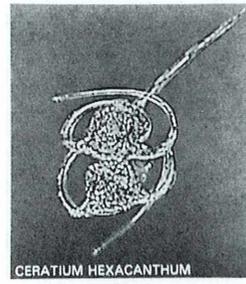
Von den Zooflagellaten gibt es nur Abbildungen von Trypanosomatiden, sie werden im Anschluss unter den Krankheitserregern behandelt.

## Rhizopoda

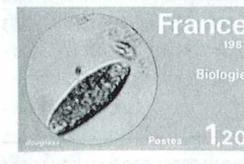
Eigene Briefmarken mit Abbildungen von Amöben habe ich nicht gefunden. Vereinzelt Amöben sind aber auf einigen wenigen Marken mit Planktondarstellungen zu finden, so auf der schon erwähnten Ausgabe von Polen 1987 und auf einer Marke der Falkland-Inseln, herausgegeben 1982 (Abb. 7). Hier können wir neben diversen niederen Lebensformen gleich zwei Arten von Amöben finden.

1  
MONACO 2.202  
MONACO 2.50

3



4



5



6

Kaum häufiger können wir Foraminiferen, die ja neben den ebenfalls beschalteten Radiolarien wichtige Meeresbewohner sind, auf den kleinen bunten Wertzeichen entdecken, nämlich gezählte vier Mal. Eine Ausgabe Tunesiens, erschienen zum 6. Afrikanischen Kolloquium für Mikropaläontologie 1974, zeigt nur einen winzigen Ausschnitt einer Foraminifere. Es dürfte sich um einen fossilen Vertreter der Globigerinaceen handeln. Auf einer Marke der Französischen Gebiete in der Antarktis aus dem Jahr 1991 (Abb. 8) sehen wir einen Vertreter der Rotaliina, es könnte sich um *Lamarkina erinacea* handeln, sowie eine weitere Globigerina-Art. Da ich leider keine umfangreiche Bestimmungsliteratur mit vergleichbaren Abbildungen zur Verfügung habe, kann hier eine exakte Zuordnung nicht erfolgen.

Leichter ist die Sache da schon bei zwei Briefmarken aus Slowenien, die 1993 und 1995 erschienen sind. Sie zeigen *Schwagerina carniolica* (Abb. 9), laut Beschreibung in der Teufelschlucht in Trzin/Slowenien aufgefunden und

zu den Fusulinen gehörig, sowie auf dem Wert zu 70 Tolar *Karavanina schellwieni* (Abb. 10), ebenfalls ein Vertreter der fossilen Fusulinen.

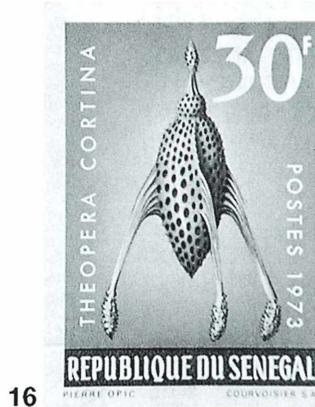
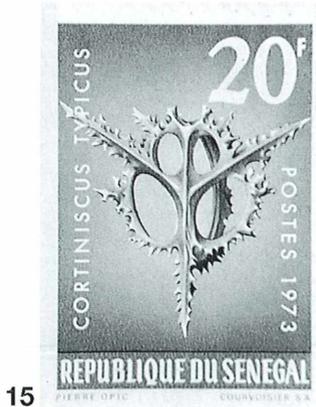
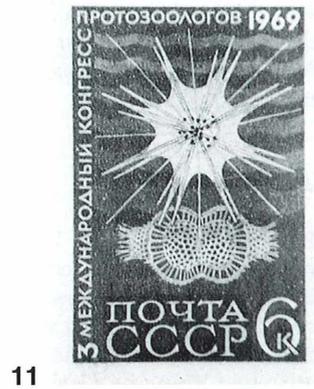
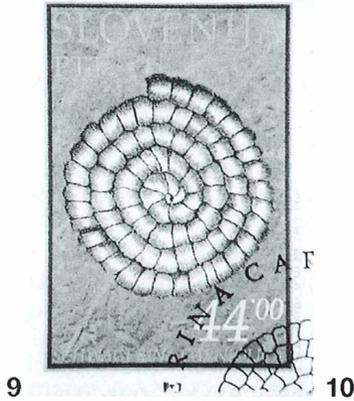
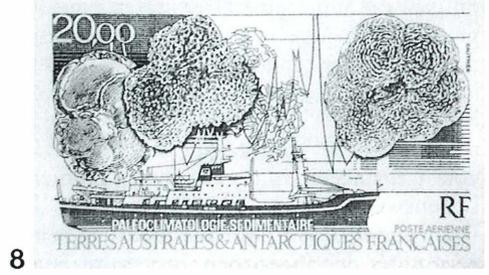
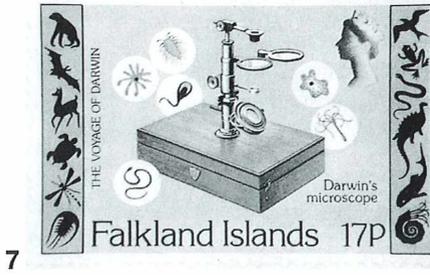
## Actinopoda

Eine Russland-Sondermarke, ausgegeben am 10.6.1969 anlässlich des 3. Protozoologenkongresses in Leningrad (St. Petersburg) (Abb. 11) zeigt zwei Radiolarien, einen Vertreter der Acantharia, nämlich eine *Acanthometron*-Art, sowie *Panicium coronatum*, das zu den Polycystinea, Untergruppe Spumellaria, gehört. Der große Naturforscher Haeckel beschreibt es folgendermaßen: Es besteht aus einer vierkammerigen Gitterschale, ist 0,22 mm lang und weist im Unterschied zu dem ähnlichen *Panartus diploconus* zwei flach lappenförmige polare Kammern mit einem starken Strahlenkranz (Name!) auf. Im Senegal sind in den Jahren 1972 und 1973 zwei Serien mit wunderschönen Radiolariendarstellungen erschienen, die Höchstwerte zeigen jeweils die größten Tiere der Meere, nämlich Wale. Auf den fünf Wertstufen von 5 bis 30 Francs sind durchweg Vertreter aus der Gruppe der Nassellaria, der zweiten Untergruppe der Polycystinea, abgebildet, und zwar in aufsteigender Reihenfolge: *Amphicraspedum murrayanum*, *Pterocanium tricolpum*, *Ceratospyris polygona*, *Cortiniscus typicus* und *Theopera cortina* (Abb. 12–16). Sie alle weisen ein sehr unterschiedliches und höchst bemerkenswertes, konisch geformtes Skelett auf. Die Nassellaria oder Korbstrahlige haben nur eine Öffnung in der Zentralkapsel und werden daher auch Monopyleen genannt.

## Ciliophora

Sehr spärlich sind leider die Abbildungen von Ciliaten (Wimpertierchen) auf Briefmarken. Ich habe nur eine einzige Marke gefunden, die ein Wimpertier zeigt. Es handelt sich um eine Ausgabe der Französischen Gebiete in der Antarktis, erschienen 1990 (Abb. 17).

Da sehen wir einen Vertreter der früher zu den Holotricha, jetzt zu den Phyllopharyngea zählenden Chonotricha, und zwar eine mit *Spirochona gemmipara* verwandte Art, jedenfalls einen Vertreter der Exogemmina mit äußerer Knospung. Er besiedelt episympi-



ontisch die hinteren Extremitäten eines Copepoden. Chonotricha sind im adulten Zustand nahezu unbewimpert (bis auf eine Restciliatur im trichterförmigen Kragen, die zum Herbeistrudeln der Nahrung dient). Sie sind wirts- und oft auch standortspezifische Bewohner von Crustaceen mit einer ektokommensalen Lebensweise.

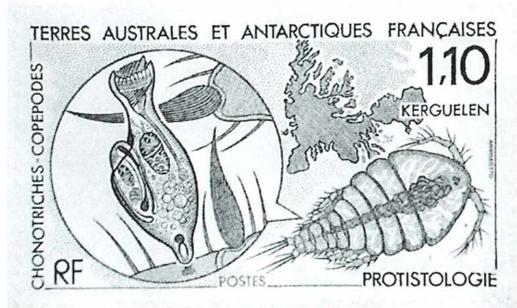
Doch nun zu den parasitären Krankheitserregern unter den Protozoen. Insgesamt 16 derartige Einzeller sind auf Briefmarken abgebildet, sie gehören teils zu den Zooflagellaten, teils zu den Apicomplexa. Wir finden darunter vier Marken mit Trypanosomen und acht mit Plasmodien.

### Zooflagellaten

Hierher gehören die Trypanosomatiden, die man auf insgesamt sechs Marken erkennen kann. *Trypanosoma brucei*, das von der *Glossina*-Mücke übertragen wird und eine gefährliche Rinderseuche auslösen kann, finden wir auf einer Ausgabe Kenias anlässlich des VII. Internationalen Protozoenkongresses in Nairobi im Jahr 1985. Der Erreger der Schlafkrankheit beim Menschen, *Trypanosoma gambiense* ist auf Marken von St. Tome und Principe (1967), Zentralafrika (1968) und Polen (1978) festgehalten. *Leishmania donovani* findet sich ebenfalls auf der Kenia-Serie 1985 (Abb. 18), die aus vier Werten besteht und außerdem noch Vertreter der Apicomplexa zeigt. *Leishmania donovani* kann die Kala-Azar-Krankheit, das Dum-Dum-Fieber und die viszerale Leishmaniasis übertragen. Der Lebenszyklus von *Leishmania tropica major* ist zusammen mit Saul Adler, dem Erforscher dieses Krankheitserregers, auf einer Marke mit Zierfeld (Tab) von Israel, ausgegeben 1994, dargestellt. Auch diese Art ist für den Menschen pathogen (Orient- oder Aleppobeule). Das Erregerreservoir bildet sich hier neben dem Menschen auch in Nagetieren und Hunden. Auf der Marke ist der Überträger *Phlebotomus*, eine Sandmückenart sowie der Zyklus in der Ratte dargestellt.

### Apicomplexa

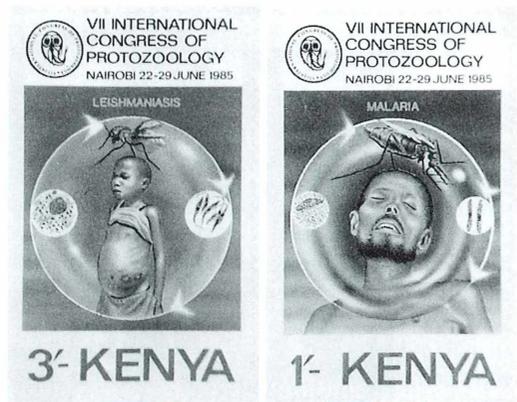
Vertreter der Apicomplexa (früher den Sporozoa zugeordnet) sind auf mindestens zehn



17

Briefmarken abgebildet, am häufigsten natürlich der Malaria-Erreger *Plasmodium*. Der zu den Haematozoea (Blutparasiten) gehörende Parasit zierte gleich sieben Ausgaben, nämlich Polen (1962 und 1978), Kenia (1985) (Abb. 19), Kuba [1962 (Abb. 20) und 1976], Malaysia (1976) und Brunei (1988). Zu sehen sind intrazelluläre Ausbildungen von Trophonten in Erythrocyten (z. B. das Siegelringstadium) und die Bildung von Merozoiten im Wege der Schizogonie. Mehr als zwei Millionen Menschen, vor allem Kinder, sterben jährlich allein in Afrika an einer Malaria-Infektion.

Weiter sehen wir auf einer Marke der schon bekannten Kenia-Serie den Piroplasmiden *Babesia canis*, der ebenfalls zu den Blutparasiten gerechnet wird und, wie der Name schon sagt, vornehmlich Hunde befällt. Auf einer Ausgabe Südamerikas von 1991 ist neben dem Namensgeber auch ein Vertreter der Gattung *Theileria* (Abb. 21) abgebildet. Sir Arnold Theiler (Veterinärmediziner und Mikrobiologe) hat diese, die roten Blutkörperchen parasitierenden Krankheitserreger erforscht. Auch sie werden



18

19

zu den Piroplasmiden gestellt, die im Unterschied zu den Haemosporidien einen reduzierten Apikalkomplex aufweisen und nur wenige Mikrometer groß sind. Überträger sind in beiden Fällen Schildzecken, in denen die Massenvermehrung stattfindet.

Abschließend möchte ich festhalten, dass das Verfassen dieses Berichtes neben der Freude am Schreiben die Verbindung von drei meiner Lieblingsbeschäftigungen darstellt, nämlich der Protozoologie, der Philatelie und nicht zuletzt der Fotografie.

Mangels technischer Ausrüstung hat mir bei den Aufnahmen ein Kollege vom hiesigen Fo-



20



21

toklub geholfen, wofür ich mich herzlich bedanken möchte.

*Verfasser:* Wolfgang Schneider, Wassergasse 22, A - 7210 Mattersburg, Österreich

## Kurze Mitteilung

### Trägt die Carnivorie des Wasserschlauchs wesentlich zur Energiebedarfsdeckung dieser Pflanze bei?

Der Wasserschlauch (*Utricularia*) wird allgemein als eine tierfangende (carnivore) Pflanze betrachtet. Sie gehört damit zu den teilweise heterotrophen Kormophyten, die als Ernährungsspezialisten in nährstoffarmen Substraten überleben können, weil sie Einrichtungen zum Fangen kleiner Tiere haben. Als solche Fangapparate findet man bei allen submers vorkommenden *Utricularia*-Arten an den Zipfeln der fein zerteilten, geschlitzten Blätter kleine grüne Blasen. Diese sind unter Spannung stehende, mit Wasser gefüllte Tierfallen, die nach Berührung der hebelartigen Borsten einen Mund öffnen, so dass kleine Wassertiere eingeschluckt werden können.

Neuerlich hat ein amerikanischer Untersucher sich die Frage gestellt, ob die Investierung, welche die *Utricularia*-Pflanzen in den Bau und die Entwicklung der Fangblasen stecken, um aus dem Fang und der Verdauung kleiner Wasserorganismen Vorteil zu haben, sich wirklich lohnt. Dazu hat er zahlreiche Messungen an den Blättern und Fangblasen an einer in den Everglades von Florida vorkommenden Art,

*Utricularia purpurea*, gemacht. Diese Art hat in Quirlen stehende Blätter am Stängel, die unterteilt sind in ebenfalls in Wirteln stehende, fädige Fiederblättchen, welche an den Spitzen die Fangblasen tragen (Abb. 1). Man fand im Mittel fünf Blätter pro Wirtel, von denen jedes im Mittel etwa 370 Fangblasen trägt. Sie machen damit 26% der Biomasse der Pflanze aus. Die Blasen sehr junger Blätter enthielten im Innern kein allochthones Material. Alle ausgewachsenen Blätter enthielten in ihren Fangblasen fremdes Material, dessen Menge mit dem Blattalter zunahm.

Der Blaseninhalt konnte mikroskopisch ermittelt werden und bestand aus einem Gemisch von lebenden grünen Algen, Blaualgen, Diatomeen und photosynthetisierenden Protisten. Zahlreiche Blasen enthielten auch Rädertierchen (20,2%), während Copepoden (0,5%), Ostracoden (0,6%) und Cladoceren (5,1%) nur gelegentlich gefunden wurden. Vielzellige Evertrebraten wurden nur in 0,9% der Fangblasen beobachtet. Dies kommt in etwa überein mit der prozentualen Investierung, welche Landpflanzen in nährstoffarmen Substraten für ihre Wurzeln machen.

Wenn man annimmt, dass 25–50% des Blaseninhaltes zu der Stickstoff- und Phosphor-Versorgung der Pflanzen beitragen, dann ist dies weniger als 1% des wirklichen Bedarfs. Es

wird daher angenommen, dass die Wirtspflanze eher an den Nebenprodukten der Lebensgemeinschaft in den Fangblasen profitiert. Das heißt aber, dass die Wirtspflanzen mehr Nutzen aus den Abfallprodukten der mutualistischen Gemeinschaft in den Blasen ziehen, als aus der Carnivorie, wie bisher angenommen wurde. Das würde dann auch erklären, warum *Utricularia*-Pflanzen, die in einem nährstoffreichen Medium treiben, noch mehr in die Blasen investieren. Der Profit würde dann für sie auch in der zusätzlichen Kohlenstoffversorgung aus Abbauprodukten des Blaseninhaltes bestehen können, deren Diffusion ins freie Wasser durch die umschließende Blasenwand verhindert wird.

Der Autor kommt zu dem Schluss, dass es sich bei den Fangschläuchen von *Utricularia* mehr um eine mutualistische Anpassung, als um ein semiparasitisches Verhältnis handelt.

Es wäre wünschenswert, wenn auch bei den bei uns einheimischen Wasserschlauch-Arten (*Utricularia australis*, *U. vulgaris*, *U. minor*, *U. bremii*, *U. intermedia*, *U. ochroleuca*) mehr über die „einwohnende“ Gesellschaft aus lebenden und abgestorbenen Organismen, sowie den Anteil von Debris bekannt wäre. Die Untersuchung der Fangblasen ist mikroskopisch einfach, weil die Wand der Fangblasen nur eine Zelllage dick, also relativ transparent ist.

#### Literaturhinweis

Richards, J. H.: Bladder function in *Utricularia purpurea* (Lentibulariaceae): Is carnivory important? *American Journal of Botany* 88, 170–176 (2001).

H. F. Linskens, Nijmegen

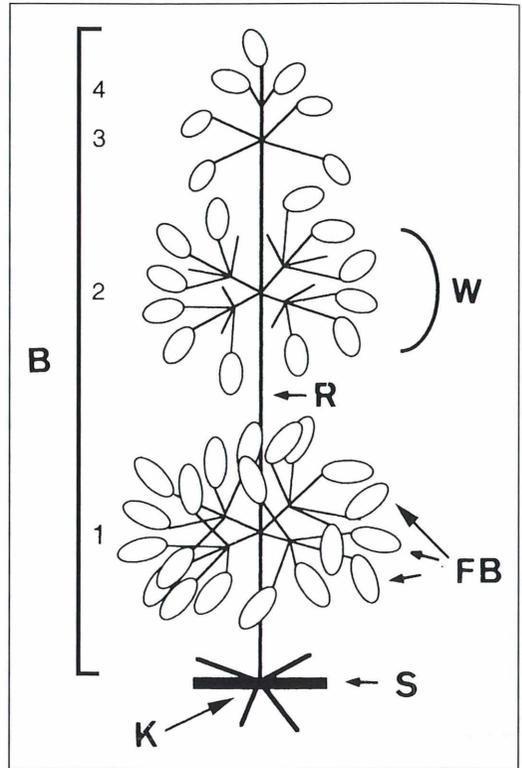


Abb. 1: Einzelnes Blatt (B) eines Blattwirtels von *Utricularia purpurea*, das im Knoten (K) eines Stängels (S) entspringt. Das Blatt (B) ist unterteilt in vier Wirtel 1–4 (W) von photosynthesierenden Filamenten (Fiederblättchen), an deren Spitze sich jeweils eine Fangblase (FB) befindet. Die Fiederblättchen entspringen auf der Blattspindel (Rachis; R), welche dem Mittelnerv eines einfachen Blattes entspricht. Die gabelig einfach gefiederten Blättchen tragen abgeflachte Fiedern 2. Ordnung oder Fangblasen (nach Richards, 2001).

## Nachricht

### 23.–30. September 2001: 14. Planktonwoche in Bodman

Auch in diesem Jahr findet unter der bewährten Leitung von Dr. Heinz Strebler, Stuttgart, in Bodman am Bodensee das traditionelle Treffen der Planktonfreunde statt. Es werden die Planktonorganismen des Bodensees sowie der Teiche und Tümpel der näheren Umgebung beobachtet und bestimmt.

Wer Interesse an dieser Planktonwoche hat, melde sich bitte bis spätestens zum 31. August 2001 bei Erwin Kaspar, Marchwartstr. 55, CH - 8308 Zürich; Tel.: (+41) 01 481 59 69.

# Beobachtungen an den parasitär lebenden Arten der Suktorgattung *Podophrya*

Philipp Mayer und Martin Kreutz

**In Proben aus unterschiedlichen Habitaten (Gewässern und Moosen) sind wir des öfteren Sauginfusorien der Gattung *Podophrya* begegnet, die nicht nur als Wegelagerer auf Beute lauerten, sondern auch parasitisch an oder in anderen Ciliaten lebten, dort ihre Nahrung aufnahmen und sich auch vermehrten. Die Ergebnisse unserer Beobachtungen, die sich über vier Jahre erstreckten, haben wir in unserem Bericht zusammengefasst, um den Lesern einen kleinen Einblick in den Lebensablauf von parasitisch lebenden Sauginfusorien zu geben.**

Die Suktorien sind räuberische, meist sessile Ciliaten. Von allen anderen Ciliaten unterscheiden sie sich dadurch, dass die adulten Suktorien keinerlei Bewimperung zeigen. Anstelle eines Mundapparates tragen sie Tentakel mit kugeligen Knöpfchen, die Haptocysten, die zum Beutefang dienen. Nur die Schwärmer sind bewimpert. Sie entstehen meist nach reichlicher Nahrungsaufnahme durch exogene (äußere) oder endogene (innere) Knospung. Die Schwärmer setzen sich nach einer Schwimmphase wieder fest. Einige davon bilden dann erneut einen Stiel aus und setzen sich auf einem Substrat fest. Bei ungünstigen Bedingungen kann sich ein adulter Suktorgattung als Ganzes in einen Schwärmer verwandeln (reaktive Schwärmerbildung). Von der räuberisch saugenden Nahrungsaufnahme ist der Weg zum Parasitismus nicht weit; diese Arten leben ektoparasitisch auf oder endoparasitisch in anderen Ciliaten.

In unserem Bericht möchten wir einige parasitierende *Podophrya*-Arten beschreiben, die wir von 1996–2000 an verschiedenen Orten gefunden haben und über einen längeren Zeitraum beobachten konnten. Es sind sechs parasitisch lebende Arten von *Podophrya* beschrieben worden (Matthes, 1988), die entweder streng wirtsspezifisch auf nur einer Ciliartenart leben oder unspezifisch verschiedene Ciliatenarten befallen können. Alle parasitierenden *Podophrya*-Arten sind Ektoparasiten, auch wenn der erste Eindruck eines befallenen Wirtes einen Endoparasiten vermuten lässt, da der Parasit scheinbar im Plasma liegt. Tatsächlich hält er aber immer eine Verbindung zur Außenwelt offen. Der Suktorgattung veranlasst, dass der Wirt (z.B. *Stylonychia lemnae* oder *Paramecium putrinum*) eine pelliculäre Einstülpung bildet (Dieckmann, 1985; Matthes, 1971). Das heißt, der Suktorgattung sitzt in einer Art flaschenförmiger Tasche auf der Pellicula des Wirtes. Das ungestielte, kugelige ektoparasitische Stadium haftet sich mit einigen seiner Tentakel an der Wirtszelle fest und nimmt mit ihnen seine Nahrung auf. Durch äußere Knospung werden Schwärmer gebildet, die sich nach einer Schwimmphase wieder in einen kugeligen Ektoparasiten verwandeln. Der Parasit kann auch zu einem Totschwärmer werden. Die reaktive Schwärmerbildung wird in der Beschreibung von *Podophrya spec.* (an *Steinia platyostoma*) erläutert. Die Schwärmer besitzen Cilien und auch kurze Tentakel. Einige parasitisch lebende *Podophrya*-Arten können zu einem nicht parasitischen Stadium übergehen und auch einen Stiel bilden, wie zum Beispiel *P. urostylae*. Der freilebende Suktorgattung kann sich auch encystieren und zur typischen *Podophrya*-Cyste werden, die sich durch eine artspezifische Zahl von Ringleisten auszeichnet und auf einem Stiel sitzt.

### Möglichkeiten der Zuordnung

Bei der Sichtung unseres gesammelten Materials mussten wir uns immer wieder mit der Zuordnung des Parasiten und auch des Wirtes beschäftigen. Die Unterscheidung der einzelnen Arten von *Podophrya* ist nach Matthes (1988) letztendlich nur anhand der Cystenform möglich, da die ektoparasitischen Formen am Wirt ohne Ausbildung von Tentakel oder Stiel vergleichsweise unspezifisch sind. Der signifikante Zusammenhang zwischen einem parasitären Befall eines Wirtes und der gefundenen Cyste von *Podophrya* ist uns nur einmal bei *P. sol* gelungen, der *Paramecium putrinum* parasitiert. In allen anderen Fällen mussten wir die Zuordnung vom Wirt ausgehend vornehmen. Dies ist prinzipiell jedoch nur dann möglich, wenn eine bewiesene Wirtsspezifität vorliegt. Im Falle von *Urostyla grandis* war dies möglich, denn nach Matthes (1988) wird dieser Ciliat ausschließlich von *P. urostylae* befallen. Wir fanden noch zwei weitere Ciliaten mit Befall durch *Podophrya*, welche noch nie in der Literatur als Wirte dieser Suktorgattung beschrieben wurden. Dabei handelt es sich um die beiden hypotrichen Ciliaten *Uroleptus piscis* und *Steinia platyostoma*, die wir beide in einem nordwestlich von Konstanz gelegenen Braunwassertümpel fanden. Hier wären wir auf

Mutmaßungen über die parasitierende *Podophrya*-Art angewiesen, jedoch wollen wir auch diese Funde zur Vervollständigung der Kenntnis über diese Gattung hier vorstellen.

### Der unsichere Fall: *Podophrya* als Parasit von *Steinia platyostoma*

Bei der hier beschriebenen *Podophrya*-Art konnte nicht einwandfrei bestimmt werden, ob es sich um einen Räuber, der auf Beute lauert (*Podophrya fixa*), oder um einen parasitisch lebenden Suktor handelt (eventuell *Podophrya parasitica*). Dies lag darin begründet, dass es sich bei dem mutmaßlichen Wirt um *S. platyostoma* (Abb. 1) handelt, welcher noch nicht als Wirt von *Podophrya* beschrieben wurde, und wir definitiv keine ektoparasitischen Stadien beobachten konnten. Vielmehr fanden wir mitunter mehrfach befallene Exemplare von *S. platyostoma* (Abb. 4 und 5), an denen sich die Suctorien bevorzugt im Mundbereich des Ciliaten festhefteten (Abb. 3). Dies ist der typische Einstiegsbereich für parasitische *Podophrya*-Exemplare. Andererseits konnten wir bei den dort angehefteten Tieren noch einen Stielansatz erkennen (Abb. 4 und 5), was für abgerissene, nicht parasitäre Formen sprechen könnte. Wenn der Wirt von mehreren *Podophrya*

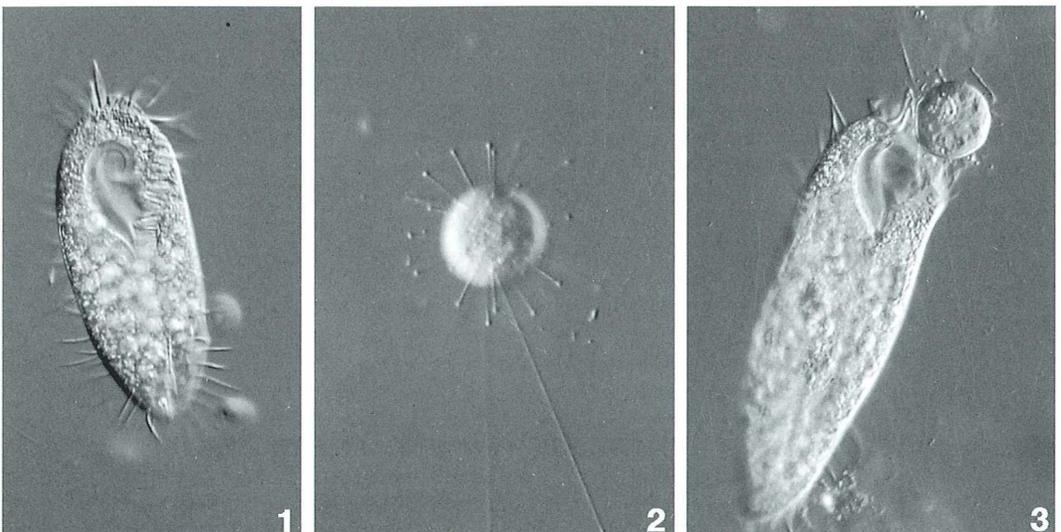


Abb. 1: Der Ciliat *Steinia platyostoma* ohne parasitären Befall. Das Exemplar ist 120 µm lang. - Abb. 2: *Podophrya* spec. Größe 28 µm, Tentakel 20 – 120 µm. - Abb. 3: *S. platyostoma* wird von *Podophrya* spec. parasitiert. Der erste Kontakt am Wirt erfolgt meist in der Mundregion.

Abb. 4: *S. platyostoma* wird von mehreren *Podophrya* spec. parasitiert. An zwei Exemplaren sind noch Stielansätze zu erkennen (Pfeilköpfe). - Abb. 5: *Podophrya* spec. mit kurzen Tentakel; der runde Makronucleus (Pfeil) und die kontraktile Vakuole (Pfeilkopf) sind gut zu erkennen.

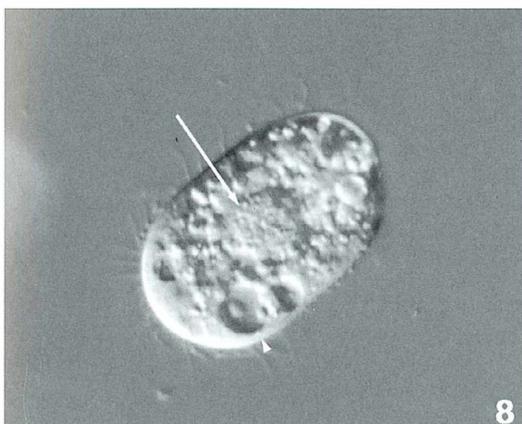
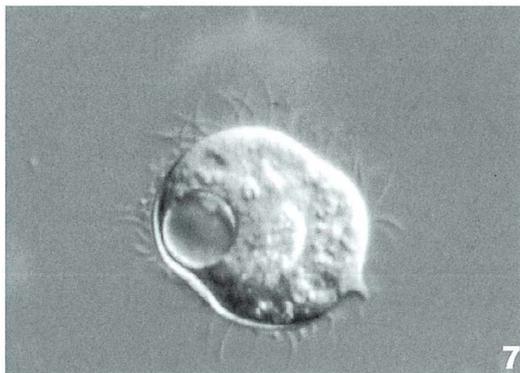
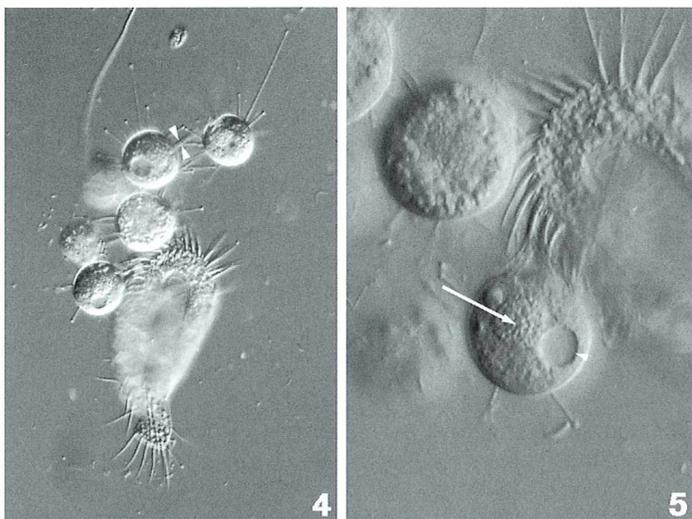


Abb. 6: Beginnende reaktive Schwärmerbildung von *Podophrya* spec. Der Suctor sitzt auf einem Stiel (Pfeilköpfe) und im apikalen Bereich der Zelle werden Cilien gebildet (Pfeil). - Abb. 7: Der Schwärmer hat sich nach etwa 60 Minuten vom Stiel gelöst. Das Exemplar ist  $40 \times 30 \mu\text{m}$  groß. - Abb. 8: Der Schwärmer von *Podophrya* spec. nach weiteren 15 Minuten; Größe  $48 \times 30 \mu\text{m}$ . Der Makronucleus (Pfeil) und die kontraktile Vakuole (Pfeilkopf) sind gut zu erkennen. - Abb. 9: Nach etwa 1h 45 Minuten seit Beginn der Schwärmerbildung hat sich der Schwärmer von *Podophrya* festgesetzt und bereits wieder Tentakel gebildet; Größe  $38 \times 30 \mu\text{m}$ .

*phrya*-Individuen befallen wurde, ist er nach kurzer Zeit zugrunde gegangen.

Die an *S. platyostoma* saugende *Podophrya*-Art wurde auch frei in der Probe gefunden (Abb. 2). Der Ciliat ist mit einer Länge von 120–125 µm um ein Mehrfaches größer als der Suktors (Abb. 1). Der Zellkörper dieser *Podophrya*-Art ist kugelig, und der Durchmesser lag bei 28–32 µm (Abb. 2). Die geköpften Tentakel sind 20–120 µm lang und über die gesamte Zelloberfläche verteilt. Der Stiel ist etwa 70 µm lang. Der Makronucleus ist kugelig und befindet sich etwa im Zentrum der Zelle (Abb. 5). Die kontraktile Vakuole liegt etwas vom Körpernd entfernt (Abb. 4 und 5).

Die Vermehrung der *Podophrya* aus *S. platyostoma* erfolgt durch exogene Knospung. Es konnte auch eine reaktive Schwärmerbildung beobachtet werden (Abb. 6–9). Der 40 µm große adulte Suktors sitzt dabei auf einem 70 µm langen Stiel und bildet im apikalen Bereich Cilien aus (Abb. 6). Die Tentakel werden eingezogen und das Tier löst sich vom Stiel ab (Abb. 7). Auf der Abbildung 8 sieht man den fertig ausgebildeten 48 × 30 µm großen Totalschwärmer freischwimmend. Der Makronucleus und die kontraktile Vakuole sind gut zu erkennen. Nach einiger Zeit schmilzt der Totalschwärmer die Cilien ein und bildet wieder Tentakel aus, um sich dann am nächsten Wirt oder auf dem Substrat festzusetzen (Abb. 9).

### ***Uroleptus piscis* als Wirt einer weiteren *Podophrya*-Art**

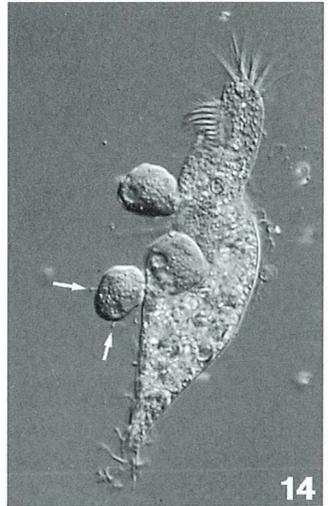
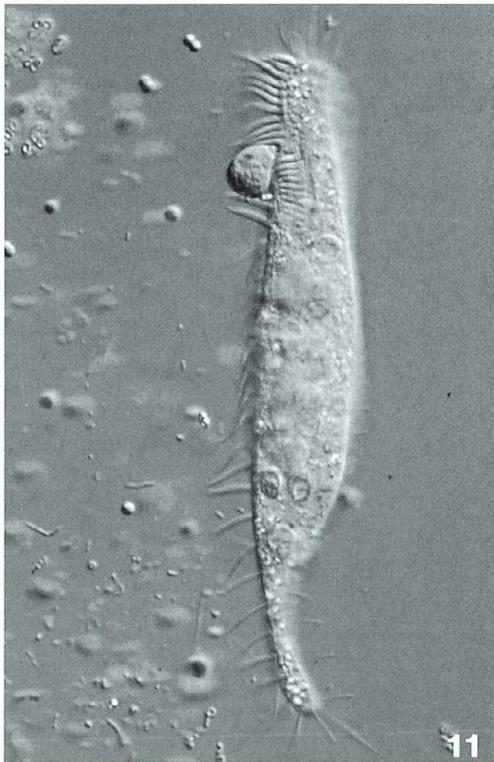
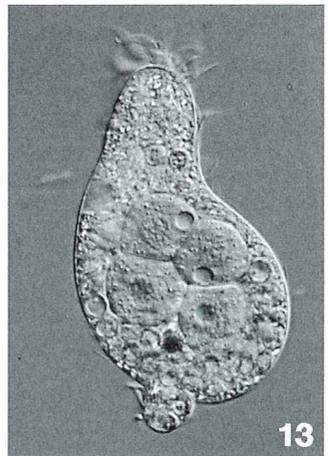
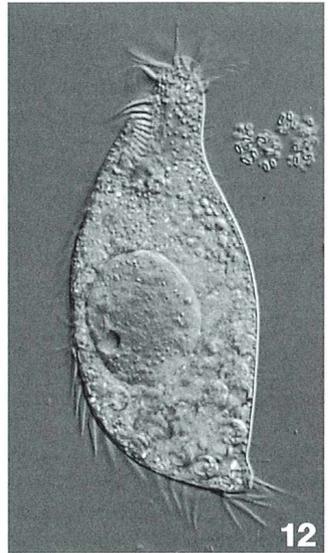
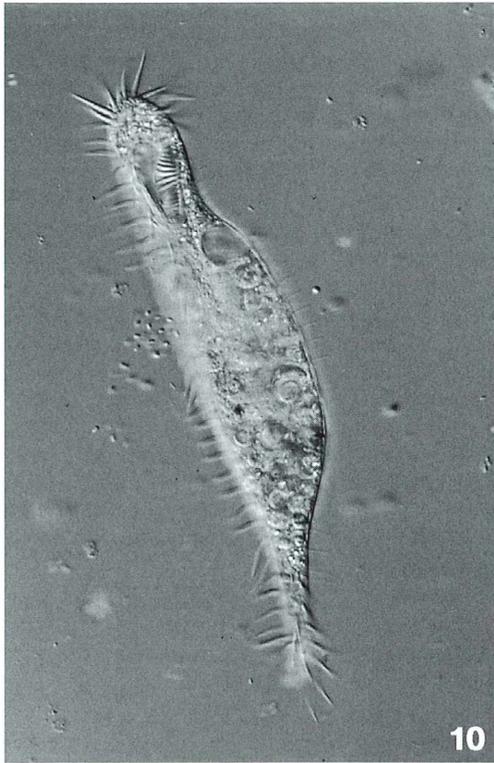
Neben *S. platyostoma* wurde von uns ein weiterer hypotricher Ciliat als noch nicht beschriebener Wirt von parasitären Formen des Suktors *Podophrya* gefunden. Es handelt sich um *U. piscis* (Abb. 10). In einer Herbstpopulation des Konstanzer Braunwassertümpels zeigten circa 10 % aller Individuen einen Befall mit *Podophrya* (Abb. 11–14). Um welche *Podophrya*-Art es sich handelt, bleibt auch hier ungeklärt, da wir keine Cysten oder Schwärmer fanden. Deshalb möchten wir auch hier, wie bei *S. platyostoma*, von *Podophrya* spec. sprechen. Wie in Abbildung 11 dokumentiert ist, dringt der Suktors bevorzugt im Bereich der Mundöffnung von *U. piscis* ein und wächst am Wirt auf ein Mehrfaches seines Ausgangsvolumens heran (Abb. 12). Da-

bei nimmt er Plasma des Wirtes auf und sendet offensichtlich Substanzen aus, die zu Auflösungserscheinungen des Makronucleus des Wirtes führen (Abb. 12). Jedenfalls ist der zweiteilige Makronucleus von *U. piscis* in befallenen Exemplaren nur noch sehr schwer oder gar nicht mehr auszumachen. Schließlich finden exogene Knospungen des Parasiten im Wirt statt (Abb. 13) und die Tochterzellen werden freigesetzt (Abb. 14). Erst jetzt kann man die kurzen Tentakel ausmachen, mit denen diese *Podophrya*-Art in der pelliculären Einstülpung seine Nahrung aufgenommen hat.

### ***Podophrya sol* parasitiert *Paramecium putrinum***

Aus den Moospolstern der Bewässerungsrinnen einer Gärtnerei wurden mehrfach Proben entnommen und über einen längeren Zeitraum untersucht. Insgesamt wurden darin fünf verschiedene Suktorsarten gefunden, darunter *P. sol*, *P. urostylae*, *Discophrya colini* und *D. copernicana*, die sicher bestimmt werden konnten. Die zwei erstgenannten Suktors sind parasitische Formen. So konnte *P. sol* an seinem Wirt *Paramecium pu-*

►  
Abb. 10 – 14 zu *Uroleptus piscis* als Wirt von *Podophrya* spec. – Abb. 10: *Uroleptus piscis* ohne parasitären Befall. Das Exemplar ist 240 µm lang. – Abb. 11: *Podophrya* setzt sich in der Nähe der Mundgrube von *U. piscis* fest. Der Suktors hat einen Durchmesser von 12 µm. – Abb. 12: Gequetschtes Exemplar von einem parasitierten *U. piscis*. Im Wirt nimmt der Durchmesser des Parasiten erheblich zu. Hier zu einer Größe von 27 µm (im ungequetschten Zustand). Der Makronucleus des Wirtes ist kaum noch erkennbar. – Abb. 13: Das ektoparasitische Stadium von *Podophrya* nimmt im Wirt exogene Knospungen vor. Nach zwei Knospungen entsteht eine kleblattähnliche Struktur. Jedes Exemplar der Tochterzellen hat nun einen Durchmesser von 21 µm (im ungequetschten Zustand). – Abb. 14: Bei der Freisetzung der Tochterzellen erkennt man die sehr kurzen Tentakel, mit welchen *Podophrya* spec. an *U. piscis* parasitiert hat (Pfeile).



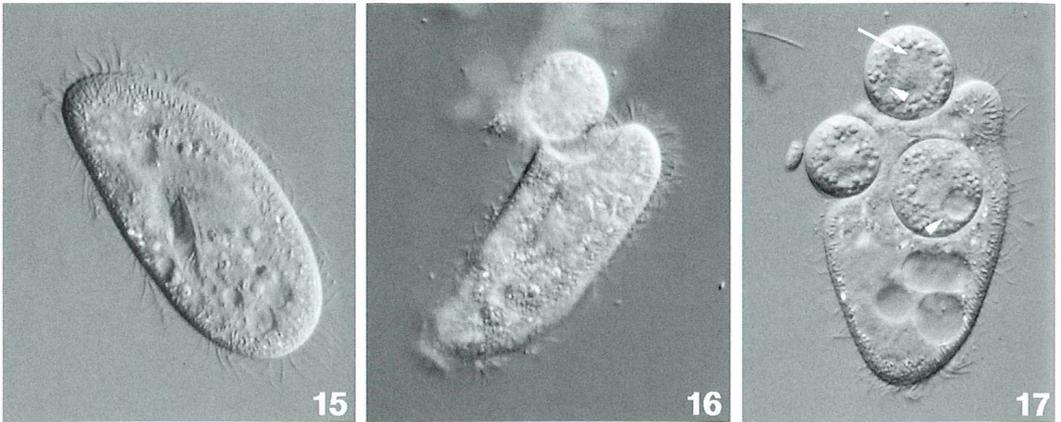


Abb. 15: Der Ciliat *Paramecium putrinum* war 85  $\mu\text{m}$  groß. – Abb. 16: *Podophrya sol* beim ersten Kontakt an *Paramecium putrinum* in dessen Mundgrube. – Abb. 17: *Paramecium putrinum* wird von drei *P. sol* parasitiert. Gut zu erkennen sind der runde Makronucleus (Pfeil) und die kontraktile Vakuole (Pfeilköpfe) des Parasiten.

*trinum* gefunden werden und *P. urostylae* an *Urostyla grandis*. Die von uns untersuchten *P. sol* waren durchschnittlich 20–25  $\mu\text{m}$  groß und von kugeliger Gestalt (Abb. 16 und 17). *P. sol* besitzt einen runden Makronucleus und einen Mikronucleus. Es konnte nur eine kontraktile Vakuole beobachtet werden, die sich seitlich am Zellkörper befindet (Abb. 17). Bei einem Kontakt mit seinem Wirt *P. putrinum* (Abb. 15) heftet sich *P. sol* an dessen Pellicula fest. Der erste Kontakt von *P. sol* am Wirt er-

folgte auch hier meist in der Mundregion (Abb. 16) und veranlasst den Wirt zu einer pelliculären Einstülpung. Die Tentakel der *P. sol*, die bereits am Wirt parasitierten, waren mit etwa 10–20  $\mu\text{m}$  Länge sehr kurz. In Abbildung 17 kann man sehr schön erkennen, dass es sich bei *P. sol* tatsächlich um einen Ektoparasiten handelt, und um keinen Endoparasiten, denn der Parasit bleibt durch eine weite Öffnung mit der Außenwelt in Verbindung.

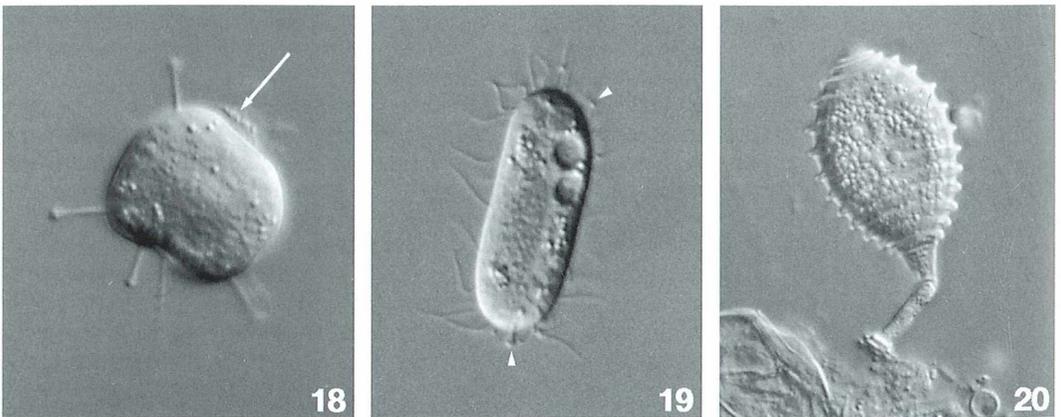


Abb. 18: Der Beginn einer reaktiven Schwärmerbildung von *P. sol*. In der ersten Phase werden Cilien gebildet (Pfeil). – Abb. 19: Der typische Schwärmer von *P. sol* nach etwa 10 – 15 Minuten. Größe 35 x 15  $\mu\text{m}$ . Die Cilien sind über den ganzen Zellkörper verteilt und es sind nur wenige sehr kurze Tentakel vorhanden (Pfeil). – Abb. 20: Eine typisch gestielte Cyste mit 12 Ringleisten von *P. sol* war 42 x 25  $\mu\text{m}$  groß. Der Stiel war 15  $\mu\text{m}$  lang.

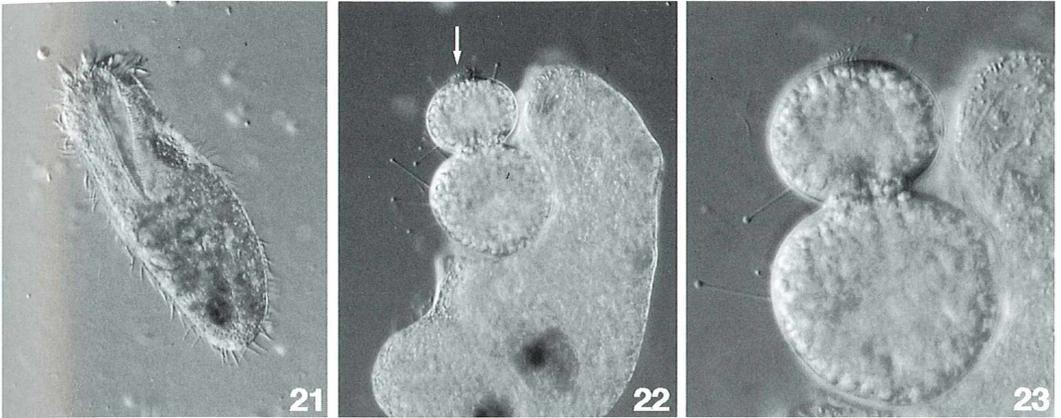


Abb. 21: Der Ciliat *Urostyla grandis* war 260  $\mu\text{m}$  groß. – Abb. 22: *Podophrya urostylae* veranlasst den Wirt *U. grandis* zu einer pelliculären Einstülpung. Es findet bereits eine exogene Knospung des Suktors statt und es wird ein Schwärmer gebildet. Cilienbildung am Schwärmer (Pfeil). – Abb. 23: Die Schwärmerbildung ist schon weiter fortgeschritten.

Auf der Abbildung 18 ist die erste Phase einer reaktiven Schwärmerbildung von *P. sol* zu sehen, welche außerhalb des Wirtes stattfindet. Der adulte Suktör wandelt sich dabei zum typischen 25 x 20  $\mu\text{m}$  großen Totalschwärmer um; er bildet Cilien aus, verkürzt die Tentakel und verändert dann seinen Standort. Nach wenigen Minuten wird er zum typischen *P. sol* Schwärmer mit Cilien, einem länglich ovalen Makronucleus, zwei

kontraktilen Vakuolen und wenigen, kurzen Tentakel; Größe 35 x 15  $\mu\text{m}$  (Abb. 19). Alternativ zur Schwärmerbildung kann der adulte Suktör bei ungünstigen Lebensbedingungen auch eine Cyste bilden, welches wir in angelegten Mikroaquarien auch beobachten konnten. Die typische gestielte Cyste von *P. sol* war 42 x 25  $\mu\text{m}$  groß, sitzt auf einem 15  $\mu\text{m}$  langen Stiel und besitzt 12 Ringleisten (Abb. 20).

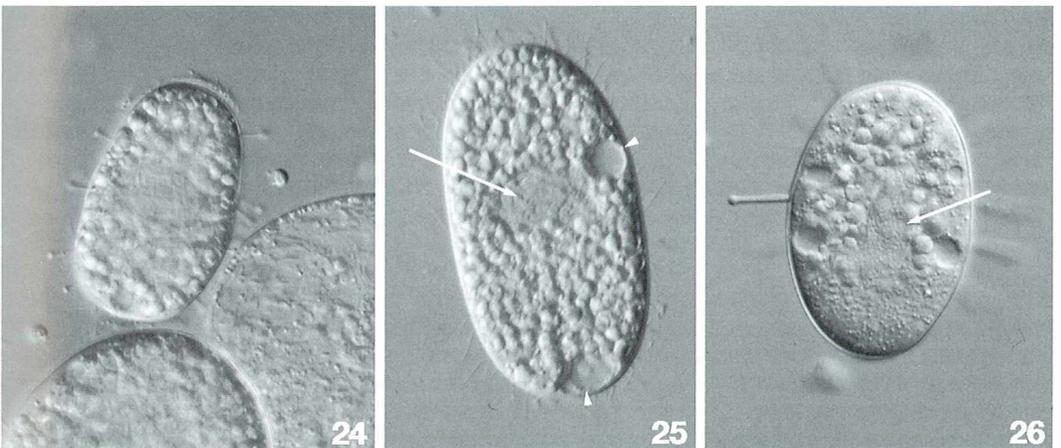


Abb. 24: Der Schwärmer von *P. urostylae* löst sich vom adulten Suktör und ist 60 x 48  $\mu\text{m}$  groß. – Abb. 25: Der Schwärmer von *P. urostylae* schwimmt nun frei und ist jetzt 75 x 40  $\mu\text{m}$  groß. Der Makronucleus (Pfeil) und die zwei kontraktilen Vakuolen (Pfeilköpfe) sind gut zu erkennen. – Abb. 26: Der Schwärmer von *P. urostylae* setzt sich fest und bildet wieder Tentakel. Größe des Schwärmers 60 x 40  $\mu\text{m}$ . Der Makronucleus war länglich-oval und 25 x 11  $\mu\text{m}$  groß (Pfeil). Es waren mehrere kontraktile Vakuolen vorhanden.

## *Urostyla grandis* als Wirt von *Podophrya urostylae*

*P. urostylae* wurde wie *P. sol* in den Moospolstern aus der Bewässerungsrinne einer Gärtneerei gefunden. Die Zuordnung als *P. urostylae* begründen wir mit der in der Literatur (Matthes, 1988) angegebenen Wirtsspezifität dieses Suktors für *Urostyla grandis*. Der Wirt, *Urostyla grandis*, war 260 µm groß (Abb. 21). Der an *U. grandis* parasitierende *P. urostylae* war meist 30–40 µm groß und der Zellkörper kugelig. *P. urostylae* hatte einen kugeligen Makronucleus und einen Mikronucleus sowie eine kontraktile Vakuole (Abb. 22). Als Ektoparasit sitzt *P. urostylae* in einer pelliculären Einstülpung von *Urostyla grandis* (Abb. 22). Nach reichlicher Nahrungsaufnahme wird ein Schwärmer durch exogene Knospung gebildet (Abb. 22 und 23). Auf der Abbildung 24 ist der Schwärmer kurz vor der Ablösung vom adulten Suktors und hat eine Größe von 60 x 48 µm. Der adulte Suktors nimmt während der exogenen Knospung weiterhin Nahrung auf, wodurch sich der Schwärmer von *P. urostylae* auf 75 x 40 µm vergrößert (Abb. 25). In diesem Zustand sind der runde Makronucleus und die zwei kontraktile Vakuolen gut zu erkennen. Vom Beginn der Schwärmerbildung bis zur Ablösung vom adulten Suktors waren etwa 35 Minuten vergangen. Nach weiteren 15 Minuten bildete der Schwärmer wieder Tentakel aus, um sich dann an einem weiteren

Exemplar von *U. grandis* anheften zu können (Abb. 26).

Der Schwärmer hatte in diesem Stadium eine Größe von 60 x 40 µm erreicht. Der Makronucleus hatte nun eine länglich ovale Form und eine Größe von 25 x 11 µm. Mit der Bildung der Tentakel wird die Anzahl der kontraktile Vakuolen auf 4–5 erhöht (Abb. 26).

### Literaturhinweise

- Dieckmann, J.: *Podophrya grelli* n. sp., ein wirtsspezifisches Suktors, parasitierend auf *Stylonychia lemnae* Ammermann und Schlegel 1983. Arch. Protistenkd. 129, 155-170.
- Foissner, W., Berger, H., Kohmann, E.: Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band IV: Gymnostomatea, Loxodes, Suctorina. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 1/95 (1995).
- Matthes, D., Guhl, W., Haider, G.: Suctorina und Urceolariidae (Peritricha). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1988.
- Matthes, D.: Parasitische Suktors. Zool. Anz. Leipzig 186, 272 – 291 (1971).
- Reukauf, E.: Über Sauginfusorien. Mikrokosmos 12, 185 – 188 (1933-34).

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

## Neue Medien

### Mikroskope und Zubehör von Carl Zeiss online bestellen

Als erster Mikroskopanbieter hat Carl Zeiss einen komfortablen Online-Shop für Mikroskope eingerichtet, in dem seit Mai 2001 eingekauft werden kann. Unter der Adresse <http://mikro.shop-zeiss.de> bietet Carl Zeiss Mikroskope sowohl für den Privat- als auch Geschäftskunden an. Den Weg zum passenden Mikroskop findet der Interessent sehr leicht über den Klick auf den Button für Schule und Kurssaal, Labor und Routine im biomedizinischen Bereich, aber auch für Qualitäts-

sicherung, Numismatik, Philatelie und eine Vielzahl anderer Einsatzgebiete. Rund um die Uhr sind aktuelle Informationen in Wort und Bild über die Produkte, Bestellnummern und vieles andere mehr abrufbar. Die Bestellung von Mikroskopen ist ebenso einfach wie die von Zubehör, Verbrauchsmaterialien. Entsprechend der spezifischen Applikation kann sich der Nutzer seine Mikroskopausrüstung selbst zusammenstellen und bei Bedarf zur Begutachtung per Mausclick zu Carl Zeiss schicken. Er profitiert damit vor dem Auslösen der Bestellung von einer kompeten-

ten fachlichen Beratung. Damit kann er sicher sein, wirklich die richtige Ausrüstung zu bestellen. Einen weiteren Gewinn an schneller und umfangreicher Information bietet die Möglichkeit, Broschüren jetzt sofort online lesen oder als PDF-Datei herunterladen zu können. Das komplette Angebot des Unternehmensbereichs Mikroskopie einschließlich der Mikroskopsysteme und Forschungsmikroskope, die aufgrund ihrer Komplexität nicht im Online-Angebot enthalten sind, ist unter <http://www.zeiss.de/mikro> abrufbar.

Redaktion MIKROKOSMOS

## Ein Fläschchen Immersionsöl – Immersionsöfläschchen

Gerhard Teichert und Klaus Hausmann

Jeder Mikroskopiker benötigt es irgendwann, das Immersionsöl. Man greift dann, ohne groß zu überlegen, das Fläschchen, das beim Kauf des Mikroskops oder Objektivs mitgeliefert wurde. Da normalerweise nur kleine Mengen dieses Öls benötigt werden, reicht ein solches Fläschchen möglicherweise ein (Hobby-)Forscher-Leben lang. Daher dürfte den meisten Lesern gar nicht bewusst sein, dass diese Immersionsöfläschchen in einer großen Formenvielfalt in Gebrauch waren und sind (Abb. 1). Vor diesem Hintergrund ist es durchaus reizvoll, diese Behältnisse einmal vergleichend zu betrachten.

**E**in Fläschchen mit sechseckigem Querschnitt und einem roten Etikett mit der handschriftlichen Aufschrift: *Ol. Ligni Cedri 20,0* (20 g Zedernholzöl) war der Anlass, einmal über alle uns erreichbaren Immersionsöl-Behälter zu berichten. Dieses Fläschchen zeigt, dass man - zumindest früher - einfach in die nächste Apotheke gehen und dort Immersionsöl in kleiner Menge kaufen konnte. Heute geht das grundsätzlich auch noch; man bekommt dann allerdings in der Regel eine fertig gefüllte Flasche irgendeiner Firma für Laborbedarf.

### **Nur äußerlich, ganz bestimmt nicht innerlich anwenden**

Das sechseckige Fläschchen (Abb. 2 rechts, und Titelbild, zweites von rechts), von dem

hier die Rede ist, weist ein rotes Etikett auf, welches am oberen und unteren Rand bedruckt ist. Oben liest man: *Scherings homoeopath. Zentral-Offizin*; unten steht geschrieben: *Grüne Apotheke, Berlin N 4, Chausseestr. 24, Fernruf 41 65 15*. Diese Apotheke war die Keimzelle der unterdessen weltweit bekannten pharmazeutischen Firma Schering.

Die sechseckige Form des Fläschchens und das rote Etikett weisen darauf hin, dass es sich um einen nicht innerlich anzuwendenden Stoff handelt. Die Beschriftung ist in lateinischer Sprache abgefasst. Das Fläschchen wurde mit einem Kork verschlossen. Die Entnahme erfolgte wahrscheinlich mit einem Glasstab.

Mikroskophersteller lieferten zu ihren Instrumenten immer schon kleine Flaschen mit Immersionsöl. Entweder waren diese mit Kork verschlossen oder – später – mit einer Schraubkappe versehen.



**Abb. 1:** Verschiedene ältere Immersionsöflaschen.



**Abb. 2: Unterschiedliches, teilweise aufwändiges Design von Immersionsölfaschen.**

### **Der Bedarf schafft Formenvielfalt**

Durch die praktische Arbeit der Mikroskopiker kamen die verschiedensten Formen dieser Behälter in Gebrauch. Es waren immer Glasfläschchen, entweder mit einem eingeschliffenen Glasstopfen oder auch noch zusätzlich mit eingeschliffener Glaskappe (Abb. 2). In den Stopfen ist entweder ein Glasstab integriert oder eine Drahtschlinge eingeschmolzen. Ein ehemals weit verbreitetes Modell ist eine Doppelflasche, welche zusätzlich zur Aufnahme des Öls mit einem Behälter für Benzin zum Reinigen des Objektivs vereint war.

Die heute üblichen Immersionsölfäschchen, meist aus plastischem Kunststoff gefertigt (Abb. 3), sind sicher im Gebrauch ganz praktisch. Aber im Design waren die früheren deutlich schöner.



**Abb. 3: Immersionsölfaschen für den aktuellen Einsatz am Mikroskop sind heutzutage in der Regel aus Plastik gefertigt; größer dimensionierte Vorratsflaschen hingegen bestehen immer noch aus Glas.**

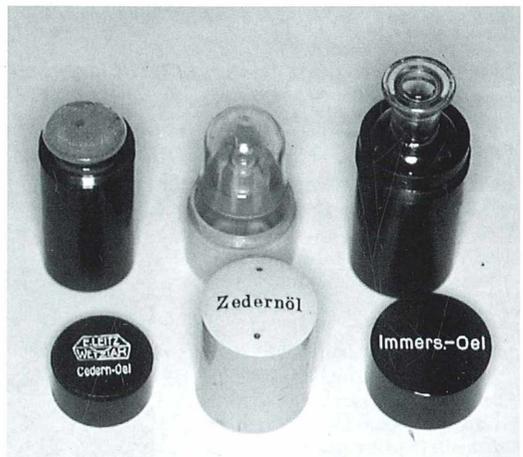
### **Auch auf Reisen wird geölt**

So genannte Reisemikroskope - durch Gelenke zusammenlegbare Instrumente - wurden in schönen Holzkisten oder auch Lederkoffern angeboten. In der Regel wurde auch hier ein Fläschchen Immersionsöl beigelegt. Die notwendigerweise klein dimensionierten Behälter waren dann zum Schutz in Objektivhülsen sicher untergebracht (Abb. 4).

### **Ideen-Übernahme**

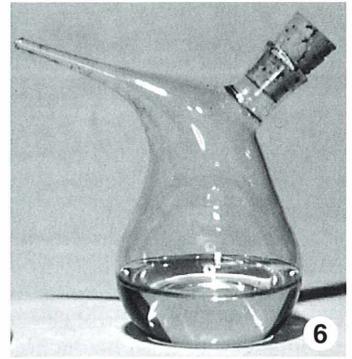
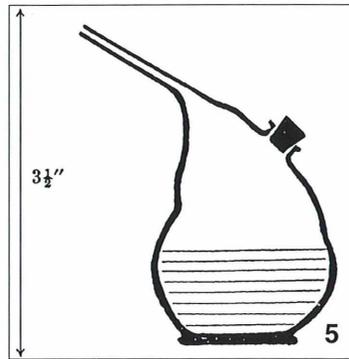
Eine Besonderheit soll noch erwähnt werden: Im Band 39 des MIKROKOSMOS fand sich unter der Überschrift „Kleine Mitteilungen“ ein Hinweis auf „Ein neues zweckmäßiges Immersionsölfäschchen“. Die Originalarbeit, die diesem Referat zugrunde liegt, weist auch eine etwas unbeholfene Strichzeichnung dieses angeblich neuen Fläschchens auf (Abb. 5), das seinerzeit offenbar Schuster-Flasche genannt wurde und das der Autor für die Dosierung von Immersionsöl für besonders zweckmäßig sowie sparsam hielt.

Die Überraschung war bei Einsicht der Originalarbeit groß, handelt es sich doch um ein in Ophthalmologen-Kreisen wohlbekanntes Augenspülgefäß nach Schuster, das von diesen Fachleuten unter dem Namen Undine



**Abb. 4: In den Holzkästen oder Lederkoffern der Reisemikroskope bewahrte man die Immersionsölfaschen zum Schutz in speziell gefertigten Dosen auf.**

Abb. 5: Schuster-Flasche (aus Pijper, 1947); – Abb. 6: Augenspülgefäß Undine.



benutzt wird und auch heute noch im Fachhandel erhältlich ist (für 50 bzw. 100 ml Inhalt). Die Höhe des empfohlenen Gefäßes, in der Arbeit von 1947 mit 3,5 Zoll angegeben, stimmt genau mit der heute noch zum Kauf angebotenen Undine überein (Abb. 6). Offensichtlich hat der Autor diese Augenspülflasche für seine Öl-Zwecke umgewidmet. Warum auch nicht?

#### Literaturhinweise

Anonymus: Ein neues zweckmäßiges Immersionsölfläschchen. *Mikrokosmos* 39, 286 (1949/1950).  
 Pijper, A.: A new way of applying immersion oil. *J. Path. Bact.* 59, 486 (1947).

Verfasser: Dr. Gerhard Teichert, Preußenallee 42, D-14052 Berlin und Prof. Dr. Klaus Hausmann, Freie Universität Berlin, Institut für Biologie / Zoologie, Königin-Luise-Str. 1-3, D-14195 Berlin, beide BMG

## Kurze Mitteilung

### Direktbeobachtung der Exozytose von Vesikeln in lebenden Zellen

Unter Exozytose versteht man die Ausschleusung von intrazellulären Kompartimentinhalten. Vesikel, die sich zum Beispiel am Golgi-Apparat gebildet haben, die so genannten Golgi-Vesikel, die in Richtung Plasmamembran wandern, verschmelzen mit ihr und ergießen dann ihren Inhalt nach außen. Der Exozytose-Prozess beruht also auf Membranfluss und erfolgt in mehreren, aufeinander folgenden Schritten. Dabei wird ein Proteinkomplex aufgebaut, der die Verschmelzung mit der Zellmembran katalysiert. Bislang konnten nur die Folgereaktionen der Exozytose, wie zum Beispiel die Ausschüttung von Hormo-

nen, oder die Vergrößerung der Zelloberfläche, beobachtet werden. Nun gelang es der Forschungsgruppe von Professor Dr. Wolfhard Almers den Vorgang der Fusion der Vesikel mit der Zellmembran direkt zu beobachten.

Da der Prozess der Exozytose sehr schnell abläuft und sehr kleine sekretorische Vesikel betrifft, musste eine neue Methode entwickelt werden. Bei Verwendung der Totalreflexionsmikroskopie (Abb. 1) wird eine dünne Schicht des nicht fortgeleiteten Lichts, das so genannte evaneszente Feld benutzt, das an der Grenzfläche zwischen einem hochbrechenden Glas und einer kaum lichtbrechenden Zelle entsteht (Abb. 1B). Diese dünne, nicht fortgeleitete Lichtschicht beleuchtet die Randzone einer aufliegenden Zelle selektiv. Sie dringt nur etwa 80 µm tief

in die Zelle ein. Die vom Objekt eingefangenen Fluoreszenz-Photonen werden zur Abbildung der Vorgänge nahe der Zellmembran verwendet. Natürlich müssen zusätzlich Lichtverstärker verwendet werden. Mit Hilfe einer Videokamera lassen sich aber bis zu 60 Bilder pro Sekunde aufnehmen. Um freien Zugang zur Zelle zu bewahren, wurde die Totalreflexion direkt durch das bildgebende Objektiv erzeugt (Abb. 1A). Das Objektiv braucht allerdings eine sehr hohe numerische Apertur, die höher ist als der Brechungsindex der beleuchteten Zelle. Ein neues, extrem hochaperturiges Objektiv der Firma Olympus ist hierzu besonders geeignet.

Mit dieser neuen Methode der Totalreflexionsmikroskopie (TR-M) gelang es nun erstmals zu beobachten, wie einzelne Vesikel zur Zellmembran wandern, dort andocken und bei Reizung eine Exozytose ausführen. Es zeigte sich, dass Aktin-Filamente den Transport nahe der Zellmembran vermitteln, während der Transport im Innern der Zelle im Wesentlichen entlang von Mikrotubuli verläuft.

Die Vesikel wurden dadurch sichtbar gemacht, dass sie mit grün-fluoreszierendem Protein (GFP) beladen wurden, so dass die Einzelvesikel als fluoreszierende Punkte im mikroskopischen Bild aufleuchten. Das Austreten der Proteine aus den Vesikeln bei der Exozytose kann in Bruchteilen von Sekunden dann als eine Art Wolke sichtbar werden, die dann wegdiffundiert.

Die bereits 1997 von Professor Almers veröffentlichte Methode findet bereits breite Anwendung und ist sehr vielversprechend.

#### Literaturhinweis

Almers, W.: Beobachtung an einzelnen sekretorischen Vesikeln in lebenden Zellen. Jahrbuch 2000 der Max-Planck-Gesellschaft, München 2000, S. 260–265.

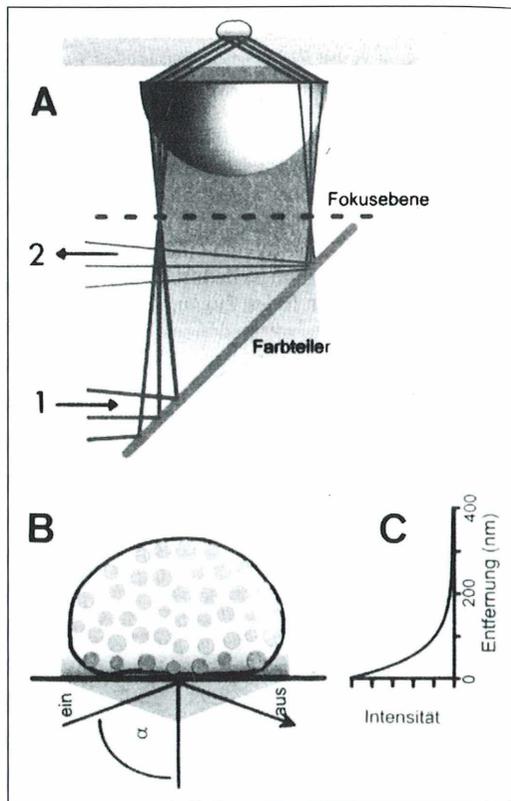


Abb. 1: Das Prinzip der Totalreflexionsmikroskopie (TR-M).

A. Totalreflexion im Aufsicht: Von oben nach unten: Zelle, Glasplättchen und Objektiv, vereinfachend durch eine Linse dargestellt; das Anregungslicht (1) wird von einem Farbteller ins Objektiv geworfen und in der hinteren Fokalebene des Objektivs zu einem Punkt fokussiert. Je weiter der Brennpunkt von der optischen Achse entfernt ist, desto flacher ist der Austrittswinkel (B  $\alpha$ ) des Anregungslichtes und desto geringer ist die Eindringtiefe des evaneszenten Feldes. Bei speziell hochbrechenden Glasplättchen dringt das Licht nur etwa 80  $\mu\text{m}$  weit in die Zelle ein (B). Fluoreszenzlicht (A 2) passiert den Farbteller, während total reflektiertes Anregungslicht (A 1) aus dem Strahlungsgang gelenkt wird. B. Die zu beobachtende Zelle liegt auf einem dünnen Glasplättchen, das durch Totalreflexion beleuchtet wird. C. Der Beleuchtungsabfall nimmt mit der Entfernung von der Grenzfläche exponentiell ab. (Nach Almers, 2000; Abb. 1).

# Hemmung des Wurzelwachstums und Nährstoffmangel-Symptome einer Pflanze in einer durch Elektrolyse beeinflussten Hydrokultur

Oskar R. Weber

**Jede Pflanze benötigt zu ihrer Entwicklung in erster Linie Pflanzennährstoffe (Makro- und Mikronährstoffe), als Lösungs- und Transportmittel Wasser sowie eine ausreichende Energiezufuhr. Die Wurzel ist das normalerweise unterirdisch wachsende Grundorgan des Cormus, das der Verankerung der Pflanze im Boden und der Versorgung mit Wasser und Ionen dient.**

In einem Langzeitversuch will ich der Frage nachgehen, ob die Anlegung einer Spannung in einer Hydrokultur das Wurzelwachstum fördert oder hindert, beziehungsweise wie sich eine Pflanze bei einer elektrostatischen Wechselwirkung verhält (Wasserelektrolyse).

## Versuchsanordnung

Für den Versuch benötigte ich vorerst drei runde Glasbehälter (Präparategläser) mit einem Fassungsvermögen von jeweils einem halben Liter Leitungswasser. Ich besorgte beim Installateur drei passende Plastik-Überwurfmuttern, die innerhalb der Präparategläser circa 2 cm unterhalb des oberen Randes mit einem 2-Komponentenkleber befestigt wurden. Damit ist zwischen der Glaswand und den Plastikringen genügend Raum für das Einbringen der entsprechenden Elektroden und der Messinstrumente. Als Versuchsobjekte kommen eine gewöhnliche Küchenzwiebel sowie zwei Exemplare der hier in den Tropen wachsenden Pflanze der Aronstabgewächse, *Syngonium podophyllum* (Purpurtute, Eselskopf), die circa 40 cm hoch wird, zum Einsatz. Die Purpurtute ist unempfindlich und spricht sehr gut auf Hydrokulturen an. Sie findet auch als Zimmerpflanze Verwendung, ist allerdings giftig. Küchenzwiebeln haben den Vorteil, dass sie bereits innerhalb kurzer Zeit beim Aufsetzen auf ein mit Wasser gefülltes Glas ohne Nährlösung Wurzeln treiben. Es muss streng darauf

geachtet werden, dass die beiden Elektroden nicht mit den Pflanzen in Berührung kommen. So verändert sich zum Beispiel die Epidermis der Zwiebel bei Berührung mit den Elektroden (Schwarzverfärbung). Man hat nun drei Versuchsbehälter mit den Aufsetzringen für die Zwiebel, sowie die Halterung für die beiden Pflanzen; auf der anderen Seite aber auch genügend Abstand zwischen der Außenseite der Kunststoffringe und der Gefäßinnenwand. Setzt man nun die Zwiebel auf die Kunststoffhalterung, so soll so viel Wasser eingefüllt werden, dass die Spitze der Zwiebel eben noch die Wasseroberfläche erreicht, mehr nicht. Bei den Pflanzen wird so viel Wasser eingefüllt, dass der Wasserspiegel gerade die obere Kante der Ringe erreicht.

In die drei Hydrokulturen bringen wir als Dünger ein genau abgewogenes Quantum Nährsalzgemisch nach Knop (beziehbar z. B. über Chroma, Münster) ein. Als Wasser für die Hydrokultur verwenden wir reines destilliertes Wasser. Zwischen dem Haltering und der Glasinnenwand müssen wir nun die beiden Elektroden einbringen. Am Besten eignen sich Platinelektroden, die aber sehr teuer sind. Wir behelfen uns mit Kohlestäbchen. Im Ersatzfall können wir auch etwas dickere Bleistiftminen (Graphit) verwenden. Elektroden aus anderen Materialien, besonders aus Metallen, wie Kupfer, sollen nicht genommen werden, da beispielsweise gelöste Kupferteilchen das Wasser der Hydrokultur innerhalb kürzester Zeit kontaminieren werden. Diese beiden Elektroden verbinden wir mit einer Stromquelle. Wir haben

also zwei Versuchsgefäße mit Elektroden (Zwiebel und eine Pflanze); die weitere Kultur mit einer Pflanze bleibt zum späteren Vergleich ohne Anlegung einer Spannung. In meiner Versuchsanordnung verwendete ich einen Transformator mit einer Ausgangsleistung von 12 Volt Gleichstrom und einer Leistung von 2,5 Ampere.

Bevor ich die Pflanzen in die Hydrokultur einsetzte, sollten sie vorher mit Leitungswasser gewaschen werden, um eine Kontaminierung mit eventuell anhaftendem Erdreich auszuschließen. Die Zwiebel muss in ihrem Naturzustand belassen werden, also keinesfalls die äußeren Zwiebelschalen entfernen. Da der spätere Ionenaustausch auch temperaturabhängig ist, habe ich die Versuchsanordnung in eine Pflanzenaufzuchtskammer eingestellt, die automatisch die Temperatur sowie die Lichtmenge und den Tagesrhythmus einhalten konnte. Die tägliche pH-Messung wurde mit einem Gerät, das potentiometrisch die Werte ermittelt, durchgeführt. Die Temperaturmessung des Wassers wurde mit einem elektronischen Thermometer vorgenommen. Alle Werte habe ich täglich in einem Diagramm aufgezeichnet.

Die Nährlösungen hatten bei Beginn des Versuchs in allen drei Fällen einen pH-Wert von 7,4 bis 7,5; die Wassertemperatur betrug konstant 24 °C. Der pH-Wert fiel bei der Elektrolyse in den ersten 14 Tagen auf 6,8 und stieg dann konstant bis 7,6, dann auf 8,0, und bei Beendigung des Versuchs lag er bei 8,1. Die Messungen wurden unter kurzzeitiger Ausschaltung der Spannung jeweils in der Mitte der Versuchsgefäße durchgeführt. In einem Vorversuch hatte ich festgestellt, dass eine Zwiebel, deren Hydrokultur bereits von Beginn an mit einer angelegten Spannung versehen wurde, überhaupt keine Wurzeln austrieb. Um die Wurzeln nach Beendigung des Versuchs einer mikroskopischen Untersuchung zugänglich machen zu können, habe ich also beim beschriebenen Versuch die Spannung erst dann angelegt, als die Zwiebelwurzeln bereits eine Länge

von mehr als 5 cm hatten. Eine Spannung wird nun an dem Versuchsgefäß mit der Zwiebel, die andere Spannung an einem Gefäß mit einer *Syngonium*-Pflanze angelegt.

### Physikalische Grundlagen der Elektrolyse

Die Elektrolyse bezeichnet die Gesamtheit aller Vorgänge, die sich beim Anlegen einer elektrischen Spannung besonders an wässrigen Lösungen, aber auch an anderen Lösungen in anderen Lösungsmitteln und an manchen festen Körpern abspielen.

Die Elektrolyse ist eine scheinbare chemische Molekülzerlegung durch einen elektrischen Strom; sie spaltet zum Beispiel Wasser in 2 Volumanteile Wasserstoff und 1 Volumanteil Sauerstoff auf. Reinstes Wasser hat einen sehr hohen spezifischen Widerstand. Durch Lösung von Salzen, Säuren oder Laugen wird er um Zehnerpotenzen herabgesetzt, weil mit ihnen freie elektrische Ladungen in das Wasser gebracht werden, welche bei angelegter Spannung durch die an ihnen angreifende elektrische Kraft in Bewegung gesetzt werden. Unter dem Einfluss angelegter Spannung wandern positive und negative Ionen in entgegengesetzter Richtung und entladen sich an den Elektroden.

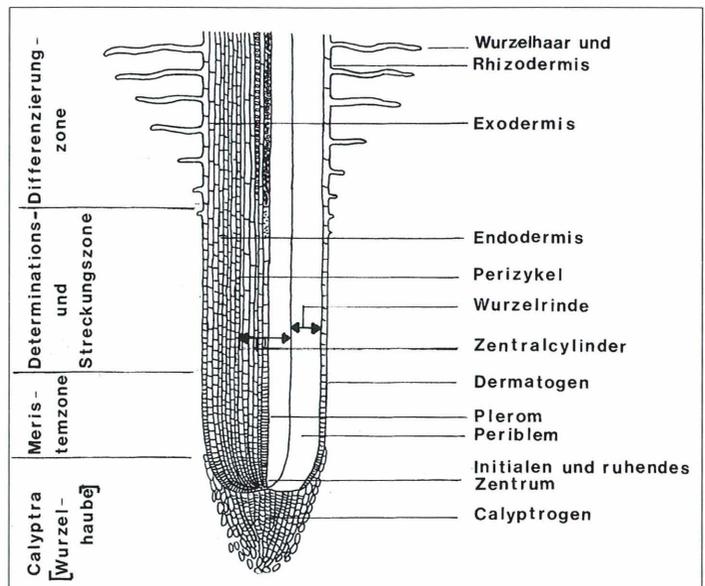


Abb. 1: Schematischer Aufbau einer Wurzelspitze im Längsschnitt (aus Kull, 1993).

## Wurzelwachstum und Wurzelmorphologie

Die Wurzel hat verschiedene Funktionen (Mengel, 1991; Strasburger, 1991). Sie verankert die Pflanze im Boden, entzieht dem Boden Nährstoffe und Wasser, ist Syntheseorgan verschiedener essentieller Verbindungen wie Aminosäuren und Hormonen und dient vielfach auch als Speicher für Reservestoffe. Wurzelverzweigungen, Wurzellänge, Besatz mit Wurzelhaaren und Wurzeltiefgang sind primär genetisch fixiert, können aber durch äußere Faktoren deutlich beeinflusst werden. Für das Wurzelwachstum hat die Nährstoffversorgung, einschließlich der Versorgung mit Sauerstoff, besonders aber die Versorgung mit Stickstoff eine beträchtliche Bedeutung. Zu hohe Ionenkonzentrationen hemmen jedoch das Wurzelwachstum. Abbildung 1 veranschaulicht die Morphologie einer Wurzelspitze.

## Aufnahme der Mineralsalze

Der komplizierte Mechanismus der Ionenaufnahme ist erst zum Teil aufgeklärt (Vogel und Angermann, 1994). Die Anfangsphase beginnt mit der freien Ionenbewegung in den freien Raum, der im wesentlichen aus den kapillaren Räumen der Zellwand besteht. Es schließt sich eine Austauschadsorption von vorwiegend Kationen an die anionischen Strukturmoleküle von Zellwand und Plasmalemma an. Gleichgeladene Ionen werden gegeneinander ausgetauscht, indem ein stärker adsorbierbares Ion aus der Hydrokultur das schwächer adsorbierbare verdrängt und am Anion seinen Platz einnimmt. Die aktive Ionenaufnahme durch das Plasmalemma verbraucht Energie und führt der Zelle entgegen dem Konzentrationsgefälle Ionen zu. Dieses Speichervermögen ist verbun-

den mit einem Wahlvermögen, denn bestimmte Ionen können bevorzugt aufgenommen werden. Die Ionenaufnahme erfolgt bei Landpflanzen durch die Wurzel und hier vorwiegend in der Wurzelhaarzone.

## Vorgänge in der Wurzel

Freie Ionen dringen mit dem Wasser in die Zellwände der Rhizodermiszellen ein und können dort gebunden werden (Abb. 2). An Bodenteilchen adsorbierte Ionen werden durch Ionenaustauschvorgänge verfügbar (Kontaktaustausch). Kationen werden gegen  $H^+$ , Anionen gegen  $HCO_3^-$  beziehungsweise  $OH^-$  ausgetauscht. Entsprechend verändert sich der pH-Wert in der Rhizosphäre. Die erforderlichen  $H^+$ - und  $HCO_3^-$ -Ionen werden durch die Carboanhydrasereaktion ( $H_2O + CO_2 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$ ) in der Zelle nachgebildet.

Mit dem Wasser, das in den Zellwänden der Wurzelrinde wandert, können auch Ionen bewegt werden. Dieser apoplastische Transport im freien Diffusionsraum ist normalerweise bis zur Endodermis hin möglich. An deren undurchlässigen, sogenannten Caspary'schen Streifen enden Wasser- und Ionenbewegung in der Wand.

## Benötigte Nährelemente

Als unbedingt in größeren Mengen notwendig (20 mg/l; Makronährstoffe) haben sich folgende 10 Elemente erwiesen (Strasburger, 1991): C, O, H, N, S, P, K, Ca, Mg und Fe. Die ersten drei Elemente aus dieser Reihe werden in Form von  $CO_2$  und  $O_2$  aus der Luft und als Wasser aufgenommen, während die letzten sieben als Ionen im Nährmedium zugeführt werden müssen. In geringen Mengen von etwa 0,5 mg/l sind unentbehrlich: Mn, B, Zn, Cu, Mo und Cl. Diese Elemente bezeichnet man als Mikronährstoffe oder Spurenelemente. Bestimmte Höhere Pflanzen benötigen außerdem Na, Se, Co, Ni und Si als Spurenelemente.

## Verfügbarkeit der Nährstoffe

Außer Kohlenstoff, Sauerstoff und in speziellen Fällen auch Stickstoff, die als Gase ( $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ) aufgenommen werden, müssen alle

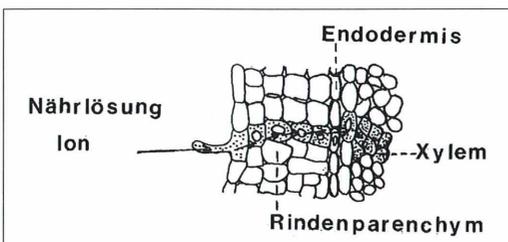


Abb. 2: Wege des Ionentransports in einer Wurzel (nach Mengel, 1991).

benötigten Elemente in der Regel durch die Wurzel in Ionenform aus dem Medium angeliefert werden.

Die mineralischen Nährelemente kommen im Boden in gelöster oder in gebundener Form vor. Gelöst ist nur ein unbedeutender Anteil (0,2 %). Etwa 98 % sind in Mineralien, schwerlöslichen Verbindungen und sonstigem organischen Material festgelegt. Der Rest von etwa 2 % ist adsorptiv an kolloidale Bodenpartikel mit überschüssigen Ladungen gebunden. Diese Ionen sind - im Gegensatz zu den gelösten - nicht ohne weiteres auswaschbar. Sie können von der Pflanze durch Austauschadsorption gegen von ihr abgeschiedene Ionen (z.B.  $H^+$ ,  $HCO_3^-$ ) freigesetzt und dann verwertet werden. Ihre Austauschkapazität hängt von der Ladungsdichte und der aktiven Oberfläche ab. Die Ladung ist bei Tonmineralien und Humusstoffen meist überwiegend negativ, so dass hauptsächlich Kationen gebunden werden. Die Festigkeit der adsorptiven Bindung nimmt bei den Kationen in der Reihenfolge  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  ab; bei den Anionen ist die entsprechende Reihenfolge  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ . Nitrat ist im Boden leicht beweglich,  $K^+$  und vor allem  $PO_4^{3-}$  viel weniger.

Die adsorptive Bindung der Ionen im Boden ist für die Nährelementversorgung der Pflanzen insofern von Bedeutung, als dadurch ihre Auswaschung verhindert wird, die Bodenlösung aber mit einem Reservoir in Verbindung steht, das laufend und dosiert verbrauchte Ionen nachliefert.

Wesentlichen Einfluss auf die Nährstoffverfügbarkeit im Boden hat der pH-Wert, der auf kleinstem Raum stark schwanken kann. Maßgebend ist der Verwitterungsgrad, die Mineralisierung organischen Materials, hinzu kommt die Bodenstruktur und natürlich die Ionenadsorption und der Ionenaustausch.

### **Elektrolyse im Nährmedium**

Bei der Elektrolyse werden - ähnlich der Elektro-Ultrafiltration - der Suspension durch Anlegen einer Spannung Kationen und Anionen entzogen. Sieht man sich die Nährstoffe an, welche die Pflanze in Form von Ionen aufnehmen kann, so finden wir als Anionen die Elemente N, S, P, Cl, B und Mo, die bei der Elektrolyse zur Anode wandern und dort neutrali-

siert werden, während die Elemente K, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn und Cu als Kationen zur Kathode wandern und dort ebenfalls neutralisiert werden.

Das bedeutet also, dass sich in der Elektrolyse die benötigten Nährstoffe an der Kathode und Anode anreichern und daher der Pflanzenwurzel immer weniger aufnahmefähige Ionen zur Verfügung stehen. Die Nährstoffaufnahme ist eine Austauschabsorption durch Aufnahme von beispielsweise Kationen und gleichzeitige Abgabe von  $H^+$ -Ionen ( $H^+$ -Ionen werden im Wasser sofort zu Hydroniumionen hydratisiert). Werden nun die Kationen durch ein elektrostatisches Feld festgelegt, gibt die Wurzel dennoch  $H^+$ -Ionen bis zum Erliegen des Pflanzenstoffwechsels ab. Demzufolge sinkt der pH-Wert im Wurzelraum bis zu einem bestimmten Punkt.

Tatsächlich ließ sich im Elektrolyse-Versuch zunächst ein Absinken des pH-Wertes von 7,5 auf 6,8 beobachten; er lag aber aus unbekanntem Gründen bei Beendigung des Versuchs bei 8,1.

### **Galvanotropismus**

In einem Artikel in "Bild der Wissenschaft" vom Oktober 1985 wurden unter der Rubrik "Wissenschaft vor 100 Jahren" frühere Experimente zum Galvanotropismus beschrieben. Demnach entdeckte Elfving bereits 1882, dass sich Wurzeln in Wasser, durch welches ein galvanischer Strom geleitet wird, krümmen und zwar die meisten mit ihrer Spitze zur Anode hin. Ich habe hier bei meinem Versuch die gleiche Feststellung gemacht: Alle Wurzeln krümmten sich innerhalb kurzer Zeit (8 Tage) sehr stark in Richtung Anode. Verschiedene Wurzeln krümmten sich so stark, dass sie eine Kehrtwendung um 180 Grad vollführten, das heißt, ein Teil der Wurzeln zeigte nunmehr mit der Wurzelspitze nach oben!

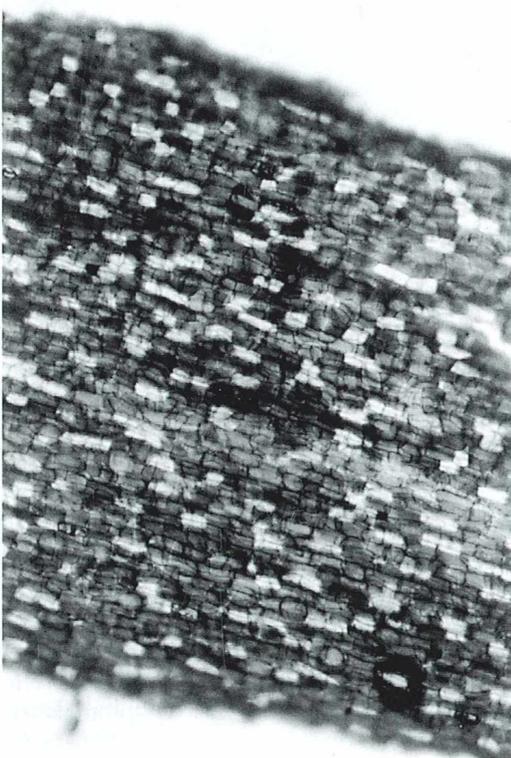
Im gleichen Artikel aus „Bild der Wissenschaft“ wurden Versuche von Herrn Rischawitz erwähnt. Er beobachtete bereits vor über 100 Jahren ein Absterben der Wurzeln, was ich jedoch nicht feststellen konnte. Allerdings stellten die Wurzeln der Zwiebel sofort nach Anlegen der Spannung ihr Wachstum ein. Teilweise kam sogar ein gewisser Schrumpfungsprozess in Gang.

### Beobachtungen an den Pflanzen

In den ersten acht Tagen konnte an den Wurzeln der Zwiebel ein Umschwenken der Farbe von bisher strahlend weiß in ein grau-beiges Farbmuster festgestellt werden. Außerdem zeigte sich eine Hemmung des weiteren Ausstrebens von Wurzeln.

Bei der unter Spannung stehenden Pflanzenwurzel von *Syngonium* konnte keinerlei Veränderung bemerkt werden (Abb. 3). Die Pflanze zeigte auch äußerlich an den Blättern keine Veränderung.

Nach Einführung der Elektroden und nach Anlegen der Spannung bemerkte ich in den ersten Stunden eine graue Trübung der Nährflüssigkeit. Nach zwei Tagen setzte sich am Boden und auf den Wurzeln ein grauer Niederschlag ab. Es wurden Probeentnahmen durchgeführt.

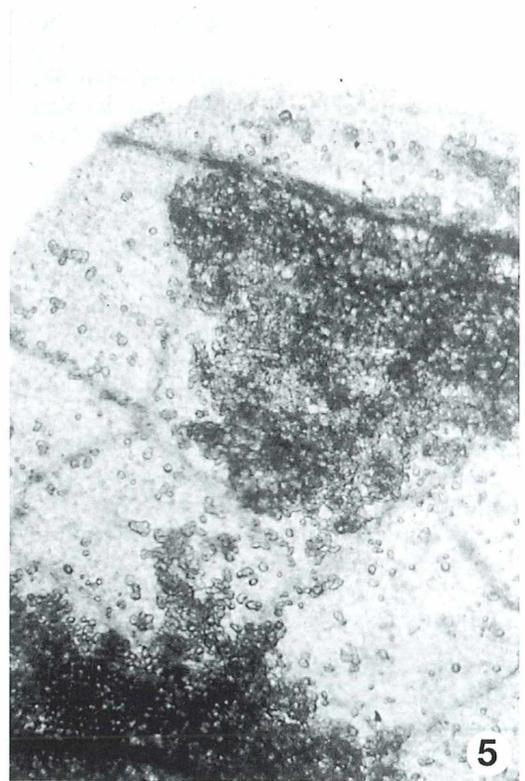
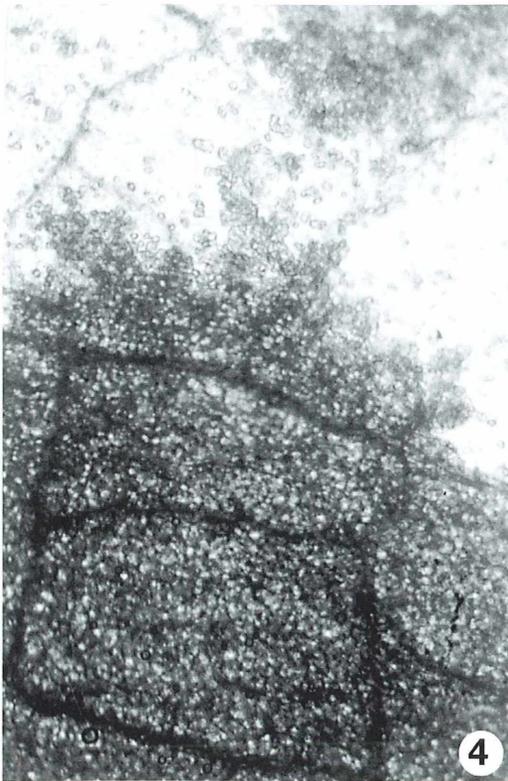


**Abb. 3:** Trotz Kontaminierung der *Syngonium*-Wurzel mit Graphitteilchen der Elektroden zeigt die Zellstruktur keine Veränderung auf die angelegte Spannung. Totalpräparat; Einbettung in ein 1:1 Glycerin-Athanol-Gemisch.

Nach Austrocknung dieses pulverähnlichen Niederschlags führte ich eine Untersuchung mit Salzsäure durch. Das Aufbrausen bewies, dass es sich hier um ausgefälltes Bicarbonat handeln muss. Dieser weiße Niederschlag war dann leicht von den Wurzeln abzuschütteln. Die Niederschlagsbildung ließ sich vermutlich darauf zurückführen, dass ich zu Beginn des Versuchs die Nährlösung mit Leitungswasser hergestellt hatte. Ich tauschte das Leitungswasser gegen destilliertes Wasser aus, außerdem erneuerte ich die Knop'sche Nährlösung. Nach 12 Tagen drohten die Wurzeln der Zwiebel zu verkümmern, so dass ich die Versuchszwiebel aus dem Versuch nahm und sie in reines Leitungswasser setzte. Die vorhandenen Wurzeln verblieben wie bisher. Anschließend trieb dann die Zwiebel neue, kräftige Wurzeln aus. Allerdings zeigt diese Zwiebel - selbst nach acht Wochen - keine Tendenz, Sprossen auszubilden.

Anders verhielt sich die *Syngonium*-Versuchspflanze. Am 11. Tag stellte ich fest, dass sich das Chlorophyll langsam von der Mitte her abzubauen begann. Die bisherige kräftige grüne Farbe wurde rasterförmig, das heißt der Abbau begann entlang der Leitbündel und setzte sich langsam nach außen zu den Blatträndern fort (Abb. 4 und 5). Bemerkenswert blieb aber, dass die Turgeszenz konstant vorhanden war; demnach dürfte die Elektrolyse keinen Einfluss auf die Wasseraufnahme haben. Ich folgerte daraus, dass zumindest während der Versuchsdauer keine gehemmte Wasseraufnahme eintrat. Die Versuchspflanze trieb auch noch in den ersten acht Tagen neue Triebe aus, die sich dann hakenförmig nach unten krümmten. Dies war vermutlich ein Zeichen, dass der Pflanze Calcium fehlte. Die neuen Blätter der Triebe rollten sich nicht mehr gleichmäßig auf wie bei der normal gehaltenen Vergleichspflanze, sondern verkümmerten zu einem unregelmäßigen und wellig aussehendem Blatt. In der ersten Zeit zeigten die neuen, wenn auch verkümmerten Blätter, noch ein zartes Grün, das aber sehr schnell abgebaut wurde. Alle Blätter der Versuchspflanze, bei denen sich Chlorophyll abbaute, fühlten sich wie Herbstlaub an, trocken und allmählich spröde. Die nicht unter Spannung stehende Vergleichspflanze gedieh in der Nährlösung ohne Probleme und trieb weiterhin ganz normal aus.

Nachdem die in der Elektrolyse befindliche Pflanze abzusterben drohte, setzte ich die



**Abb. 4:** Beginnender Abbau des Chlorophylls in den Blättern von *Syngonium* nach 11 Tagen Elektrolyse. – **Abb. 5:** *Syngonium*-Blatt nach 20 Tagen Elektrolyse. Fortgeschrittener Abbau des Chlorophylls besonders an den Blattspitzen und an den Leitbündeln. Die Abbildungen 4 und 5 sind ungefärbte Totalpräparate; Einbettung in Glycerin.

krankte Pflanze ebenfalls in eine reine Nährlösung ohne Anlegung einer Spannung. Ich wollte überprüfen, ob sich die Pflanze wieder erholt. Bei einem Teil der Blätter, bei denen sich der Chlorophyll-Abbau besonders stark ausgeprägt hatte, konnte eine Erholung nicht festgestellt werden. Der Abbau ging rapide weiter; die Blätter starben ab und verdorrten. Bei einem weiteren Teil der Blätter, bei denen sich nach meiner Einschätzung der Chlorophyll-Abbau nur zu etwa 20 % vollzogen hatte, konnte nach einer Phase von rund zehn Tagen eine Erholung bemerkt werden.

Interessant ist, dass die Pflanze, die unter Elektrolyse stand, nach dem Einsetzen in die frische Nährlösung wieder neue Wurzeln austrieb. Bemerkenswert war dies deshalb, da die vorhandenen Wurzeln, die fast drei Wochen unter Elektrolyse standen, schwarz durch aufgenommene und absorbierte Graphitteilchen aus den Elektroden waren. Die neuen Wurzeln trieben

im oberen Bereich der Wurzelregion aus. Ich habe in einem Vorversuch bei einer Pflanze vorerst Kupfer-Elektroden zur Anwendung gebracht; hier färbten sich die Wurzeln innerhalb von Stunden schwarz und starben ab. Bei Graphitelektroden fand dieser Vorgang auch statt, aber erst mit einer zeitlichen Verzögerung von fast 14 Tagen, die Wurzeln starben aber nicht ab.

Die mikroskopische Untersuchung der Wurzeln der Versuchszwiebel zeigte keine krankhafte Veränderung, während sich bei den Pflanzenwurzeln nach 14 Tagen eine sehr starke Kontaminierung mit Graphitteilchen bemerkbar machte.

### **Auswertung**

Vergleicht man nun die Erscheinungen der unter Spannung gestandenen Pflanze mit den

Ausführungen zu Konrad Mengel (1991), so kann man Folgendes feststellen:

*Schwefel:* Hier bestand die Möglichkeit, dass die Pflanze den größten Teil ihres Schwefelbedarfs über die Stomata der Blätter gedeckt hat, denn Mangelerscheinungen durch fehlenden Schwefel wurden nicht bemerkt.

*Phosphor:* Hier liegt mir eine Stellungnahme von Herrn Jürgen Battke, Zittau, zum Thema Phosphat vor: "Durch seine starke Adsorption und geringe Löslichkeit kann Phosphat von der Wurzel nur aus einem sehr eng begrenzten Raum aufgenommen werden. Fällt zusätzlich der pH-Wert und steigt die Elektrolytkonzentration, wird diese Adsorption noch verstärkt, beziehungsweise eine notwendige Desorption verringert. Damit dürfte Phosphat der limitierende Nährstoff sein."

Bei unzureichender Phosphatversorgung werden zahlreiche Prozesse des pflanzlichen Stoffwechsels beeinflusst. Am empfindlichsten dürfte die Nucleinsäure- und Proteinsynthese auf eine ungenügende Phosphatanlieferung reagieren, was direkte Auswirkungen auf die Wachstumsrate hat.

*Kalium:* Kalium ist ein unentbehrliches Osmotikum pflanzlicher Zellen. Es fördert in dieser Funktion die Wasseraufnahme der Wurzelzellen und den Wasserübergang aus den Parenchymzellen des Zentralzylinders in das Xylem. Eine ungenügende K-Versorgung äußert sich zuerst im Turgor. Eine Unterversorgung schließe ich aus, da die Turgeszenz voll erhalten blieb.

*Natrium:* Natrium ist für die meisten Pflanzenarten keine essentieller Nährstoff. Ich schließe daher Natriummangel aus.

*Magnesium:* Magnesium wird passiv und nicht aktiv aufgenommen. Mg-Mangel beginnt immer bei älteren Blättern, und zwar meist nicht am Rande, sondern in der Mitte der Blatthälfte zwischen den Blattadern. Hier entstehen Blattaufhellungen, die immer mehr um sich greifen und von der Mitte her nekrotisch werden. Magnesium-Mangel beginnt an den unteren Blättern. Der beachtliche Chlorophyllabbau bewirkt, dass die Carotinoide besser in Erscheinung treten. Genau diese Erscheinung trat bei der Versuchspflanze ein.

*Calcium:* Calcium dringt passiv durch das Plasmalemma in das Cytoplasma ein. Ca-Mangel ist nicht in jedem Fall durch äußerlich sichtbare Symptome gekennzeichnet. Vielfach bleiben die Pflanzen nur in ihrem Wachstum

zurück. Mit fortschreitendem Mangel sterben sie ab. Die jüngsten Blätter werden chlorotisch, die älteren zeigen dagegen vielfach eine dunkelgrüne Farbe; ihre Blattspreite ist vergrößert. Diese Symptome habe ich in der ersten Zeit bevorzugt bei den älteren Blättern beobachten können.

*Eisen:* Unzureichende Fe-Versorgung äußert sich in einer Aufhellung der Blätter. Sie wird dadurch bedingt, dass die Chlorophyllsynthese beeinträchtigt wird. Bei der Versuchspflanze wurde dies eindeutig festgestellt.

*Mangan:* Von allen Zellorganellen reagieren die Chloroplasten am empfindlichsten auf eine unzureichende Mn-Versorgung. Ihre Ausbildung ist gestört, es kommt an den jüngsten Blättern zu chlorotischen Flecken zwischen den Blattadern. Ich habe diese Auswirkung besonders an jüngeren Blättern feststellen können.

*Kupfer:* Kupfer wirkt auf die meisten anderen Kationen verdrängend; es wird sehr stark an die Pflanzenwurzel gebunden. Da Cu nur in geringen Mengen von der Pflanze aufgenommen wird, erachte ich das Fehlen von Cu während des Versuches als nicht entscheidend. *Zink:* Zink ist von besonderer Bedeutung für den Gehalt an Indolesigsäure. Zn-Mangel wird als wesentlicher Grund für die Wachstumshemmung der Blätter angesehen. Ich konnte dies hier nicht feststellen.

*Molybdän:* Da die wichtigste Mo-Funktion im pflanzlichen Stoffwechsel in der Tätigkeit der Nitratreduktase liegt, äußert sich Mo-Mangel ähnlich wie ein N-Mangel. Die Mangelpflanzen bleiben im Wuchs zurück, die Blätter hellen sich auf und beginnen zu welken. Mo-Mangel zeigt sich zuerst an den älteren Blättern in Form von Chlorosen. Ich konnte dies bei der Versuchspflanze nicht eindeutig feststellen.

*Bor:* Mangelerscheinungen durch Bor machen sich dadurch bemerkbar, dass die Pflanze zu einer überhöhten Transpiration neigt. B-Mangel verursacht auch einen gestörten Wasserhaushalt der Pflanze. Ich konnte das nicht feststellen.

*Stickstoff:* Eine Unterbrechung der Stickstoffversorgung war nicht erkennbar gegeben. Es zeigten sich zwar die vorhergehend beschriebenen Symptome an den Blättern, aber der Gesamteindruck der Pflanze war nicht kümmerlich. Verfärbungen an den Blättern hätten bei Stickstoffunterversorgung an den älteren Blät-



## Nachricht

### **Neue Synchrotronstrahlungsquelle im Forschungszentrum Karlsruhe in den Dienst gestellt.**

Mit einer Synchrotronstrahlungsquelle kann man zwar nicht mikroskopieren, aber man kann mit ihr unter anderem in sehr kleinen Dimensionen zerstörungsfreie Materialuntersuchungen durchführen. Auf diesem Hintergrund denken wir, dass es unsere Leser interessieren könnte, zu erfahren, was sich dahinter verbirgt. Der aktuelle Anlass für diesen Bericht ist, dass im Forschungszentrum Karlsruhe innerhalb des vorgesehenen Finanzrahmens von 70 Millionen DM und des Terminplanes die Synchrotronstrahlungsquelle ANKA (Ängströmquelle Karlsruhe) im Februar dieses Jahres fertiggestellt wurde (Abb. 1). Damit steht nun eine moderne Anlage zur Verfügung, die nicht ausschließlich auf wissenschaftliche Zwecke zugeschnitten, sondern in erster Linie für industriellen Service ausgelegt ist.

Die Nachfrage nach Synchrotronstrahlung wächst bei Industrie und Wissenschaft. Auch im Forschungszentrum besteht ein steigender Bedarf bei Mikrofertigung, Umweltanalytik und Nanotechnologie. Um die Nachfrage nach diesem Super-Strahl auch für industrielle Anwendungen zu befriedigen, wurde im September 1996 im Forschungszentrum Karlsruhe mit der Errichtung der Synchrotronstrahlungsquelle ANKA begonnen. Das Projekt zielt vor allem darauf ab, kleinen und mittelständischen Unternehmen im Land Synchrotronstrahlung für fertigungstechnische und analytische Fragestellungen zur Verfügung zu stellen.

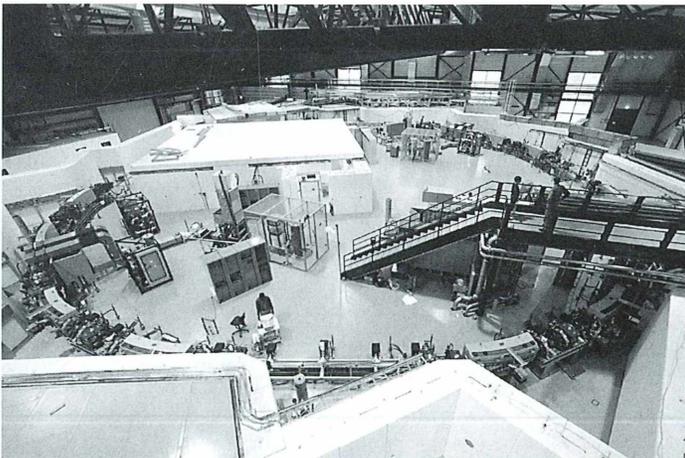
#### **Was ist eine Synchrotronstrahlung?**

In einem Synchrotron werden Elementarteilchen (z. B. Elektronen oder Protonen) auf einer kreisförmigen Bahn auf hohe Energien beschleunigt; in ANKA erreichen Elektronen eine Endenergie von 2,5 GeV (Giga-Elektronenvolt = Milliarden Elektronenvolt). Die Elektronen kreisen dann mit beinahe Lichtgeschwindigkeit in einem ringförmigen Speicherring von 110 Meter Umfang im Hochvakuum.

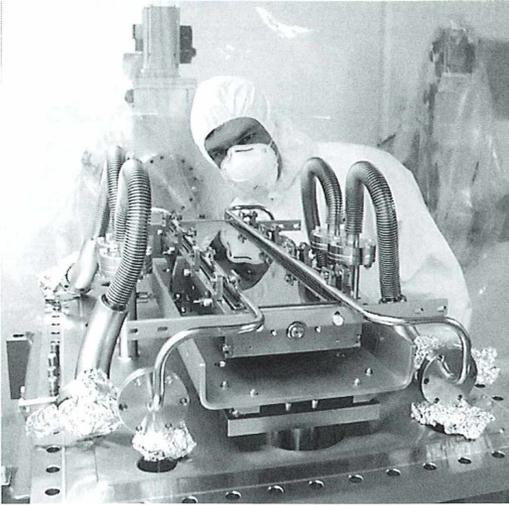
Die Ablenkung der Elektronen auf die Kreisbahn erfolgt durch Magnete. Bei der Ablenkung im Magnetfeld erzeugen die Elektronen die so genannte Synchrotronstrahlung. Synchrotronstrahlung ist elektromagnetische Strahlung wie Sonnenlicht oder Radiowellen. Sie hat aber besondere Eigenschaften, die sie für viele Anwendungen wertvoll macht: Sie überstreicht einen sehr großen Bereich von Wellenlängen von der Röntgenstrahlung über Ultraviolett und sichtbares Licht bis ins ferne Infrarot. Darüber hinaus hat sie eine hohe Intensität und ist hoch parallel ähnlich dem Licht eines Lasers. Für die meisten Anwendungen ist insbesondere der Röntgenanteil der Strahlung von Interesse (Abb. 2).

#### **Nutzen für Industrie und Wissenschaft**

Weltweit herrscht eine große Nachfrage nach Nutzung von Synchrotronstrahlung; dem steht an den



**Abb. 1:** Der komplette Speicherring der Synchrotronstrahlungsquelle ANKA hat einen Umfang von 110 Metern. Durch Ablenkmagnete wird die Synchrotronstrahlung erzeugt, die in Messhütten außerhalb der sternförmigen Beton-Ummantelung für Experimente zur Verfügung steht.



**Abb. 2: Ein Mitarbeiter des Forschungszentrums Karlsruhe justiert einen Röntgenspiegel, der die Synchrotronstrahlung zu den Experimentiereinrichtungen lenkt.**

vorhandenen Anlagen viel zu wenig Strahlzeit gegenüber. Insbesondere für die Industrie war Synchrotronstrahlung nur schwer zugänglich. An den ursprünglich für die Wissenschaft gebauten und dann für industrielle Nutzung sozusagen zweckentfremdeten Anlagen war Strahlzeit nur über einzureichende Projektvorschläge und wissenschaftliche Begutachtungsverfahren zu erhalten. Die Pflicht zur Veröffentlichung der Ergebnisse war oft ein zweiter Hinderungsgrund.

Das Konzept von ANKA ist anders: Im April wurde die Synchrotronstrahlungsquelle an die Betreibergesellschaft ANKA GmbH übergeben, die vom Land Baden-Württemberg und dem Forschungszentrum Karlsruhe als wissenschaftlicher Geschäftsbetrieb gegründet wurde. Synchrotronstrahlung wird dort wie ein Industrieprodukt vermarktet. Im Mittelpunkt steht der Kunde; die ANKA GmbH macht als Lieferant ein Angebot, das den nötigen Zugriff auf die Synchrotronstrahlungsquelle beinhaltet. Je nach Anforderung des

Kunden kann dieses Angebot ein breites Leistungsspektrum umfassen. Falls der Kunde keine eigene Erfahrung mit Synchrotronstrahlung mitbringt, bietet die ANKA GmbH einen Rund-um-Service zur Klärung spezifischer Fragestellungen an. Andere Angebotsvarianten sehen die Bereitstellung eines Mess- oder Fertigungsplatzes an einem Strahlrohr vor, an dem der Kunde selbständig experimentieren kann, oder die Unterstützung beim Aufbau eines eigenen Messplatzes, für den die ANKA GmbH dann die Strahlleistung und die Infrastruktur zur Verfügung stellt.

### **Anwendungsgebiete**

Die Synchrotronstrahlung kann für die Mikrofertigung und für analytische Aufgaben eingesetzt werden. Mittels Synchrotronstrahlung kann man die Oberfläche und das Innere von Bauteilen und Materialien zerstörungsfrei untersuchen. Zusammensetzung, Struktur, chemische, elektronische, magnetische und mechanische Eigenschaften werden so, im wahrsten Sinne des Wortes einsehbar. Beispielsweise lassen sich auch Gläser untersuchen, deren amorphe Struktur mit konventionellen Methoden nicht erfasst werden kann. Damit können Fertigungsprozesse kontrolliert und optimiert werden.

Bei der Mikrofertigung stellt man beispielsweise durch gezielt Bestrahlung von Plexiglas hochgenaue Urformen her, die über daran anschließende Vervielfältigungsverfahren in Mikrobauteile aus Metall, Kunststoff oder Keramik umgewandelt werden können; dadurch werden wissenschaftliche Produktionsverfahren für die mikrotechnische Fertigung in der Industrie möglich. Auf diesem Gebiet nimmt das Forschungszentrum eine weltweit führende Stellung ein, die durch ANKA ausgebaut werden soll.

Detaillierte Informationen zur Synchrotronstrahlungsquelle ANKA kann man dem neuesten Heft der „Nachrichten“, der wissenschaftlichen Zeitschrift des Forschungszentrums, entnehmen, das vom Forschungszentrum Karlsruhe, Stabsabteilung Öffentlichkeitsarbeit, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe, Tel. 0 72 47/82 28 61, Fax: 0 72 47/82 50 80, bezogen werden kann.

Redaktion MIKROKOSMOS

# Untersuchung metallischer Bruchflächen mit Lackabdruck und Lichtmikroskop

Dieter Pohl

**Untersuchungen an Bruchflächen spielen in der Schadensanalytik von Metallen und anderen Materialien eine wichtige Rolle, weisen doch viele Merkmale, die dabei gefunden werden können, auf Umstände hin, die beim Bruchvorgang geherrscht haben. Man unterscheidet dabei zwischen makro- und mikrofraktographischen Untersuchungen.**

**M**akrofraktographie erfolgt mit dem unbewaffneten Auge, allenfalls mit einer Lupe. Sie schließt aus dem Bruchverlauf auf den Spannungszustand (zum Beispiel Normalspannung, Schubspannung, mehrachsige Spannung), der den Bruch ausgelöst hat, sowie auf die Art der Spannung (beispielsweise Biegung, Zug, Druck). An vielen Materialien, unter anderem Stahl, kann man auch makroskopisch zwischen Gewalt- und Dauerbruch unterscheiden.

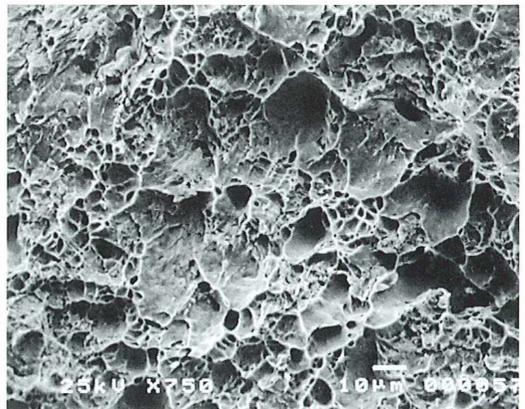
Mikrofraktographie wird fast immer unter Einsatz von Elektronenmikroskopen praktiziert, vorzugsweise Rasterelektronenmikroskopen (REM). Man erkennt auch hier Dauer- und Gewaltbruch und – vor allem bei Letzterem –, ob sich das Material beim Bruch zäh oder spröde verhalten hat. Zähigkeit gibt sich durch eine Wabenstruktur auf der Bruchfläche zu erkennen, Sprödigkeit durch größere glatte Anteile, die Spaltflächen genannt werden. Es gibt auch Mischbrüche in denen Waben und Spaltflächen nebeneinander bestehen. Die REM-Aufnahme einer typischen Mischbruchfläche zeigt Abbildung 1. Solche Untersuchungen sind mitunter insofern wichtig, als ein und dasselbe Material je nach Bedingungen, die beim Bruch herrschten (Temperatur, Kerbwirkung, Beanspruchungsgeschwindigkeit), zäh oder spröde brechen kann.

Die genannten mikrofraktographischen Merkmale lassen sich oft schon bei Vergrößerungen ab 200:1 erkennen. Dies ist eigentlich noch keine Vergrößerung, die unbedingt den Einsatz eines REMs erfordert. Außerdem gibt es auch immer wieder Fälle, in denen das REM nicht eingesetzt werden kann, beispielsweise bei Untersuchungen, die vor Ort durchgeführt werden müssen. Daher wurde versucht, eine an-

dere Möglichkeit zur Bruchflächen-Untersuchung zu finden. So wurde die Lackabdruck-Technik in Verbindung mit dem Lichtmikroskop erprobt, und dies – wie die unten aufgeführten Beispiele zeigen – mit Erfolg.

## Lackabdruck-Verfahren

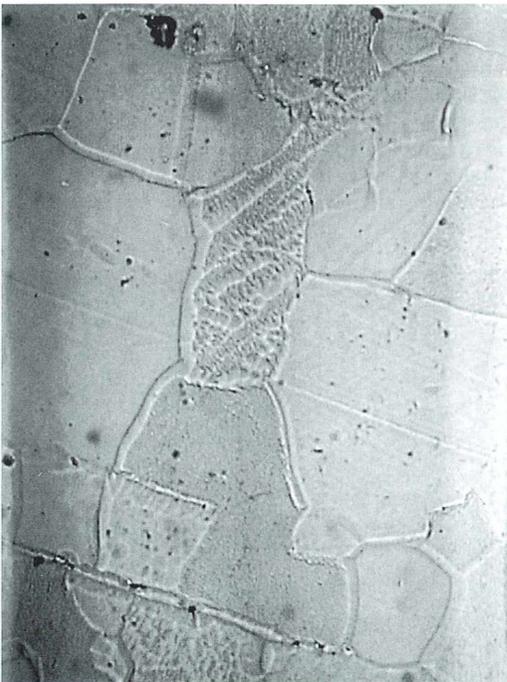
Man stellt von der interessierenden Stelle einen Lackabdruck (La) her, indem man diese mit einem geeigneten lichtdurchlässigen Lack bestreicht (vorzugsweise eine 4 %ige Kollodiumlösung; Lösungsmittel: 1:1 Mischung aus Äther und Alkohol). Das nach dem Trocknen entstehende Häutchen wird vom Objekt abgelöst und mikroskopiert. Weitere Einzelheiten dazu wurden schon früher beschrieben (Pohl, 1999).



**Abb. 1:** Mischbruch aus Spalt- und Wabenbruch (REM); Vergr. 450 $\times$ .

Solche Abdrücke lassen noch sehr kleine Einzelheiten erkennen. Abbildung 2 zeigt den Lackabdruck von einem im Glimmlampen-Spektrometer auf weichem Stahl erzeugten Brennfleck. Man erkennt gut nicht nur die Korngrenzen der Kristalle, sondern auch Stufen, die sich bei der Materialabtragung innerhalb einzelner Kristalle gebildet haben.

Die Durchlichtmikroskopie kommt auf Vergrößerungen von 1000- bis 1200fach. Man kann so gut wie den ganzen Bereich nutzen, wenn die Abdrücke eben sind. Beim oben genannten Brennfleck ist das weitgehend der Fall. Bei normalen Bruchflächen von Metallen gibt es aber immer größere Unebenheiten. Selbst dem unbewaffneten Auge eben erscheinende Bruchflächen besitzen eine nicht zu vernachlässigende Mikrotopographie. Sind die Unebenheiten größer als die Tiefenschärfe des Objektivs, lassen sich unscharfe Stellen im mikroskopischen Bild nicht mehr gänzlich vermeiden. Dann muss man sich in aller Regel mit kleinerer Vergrößerung zufrieden geben, besonders dann, wenn auch eine enge Einstellung der Aperturblende nicht mehr hilft.



**Abb. 2:** Glimmlampen-Brennfleck auf weichem Stahl (Lackabdruck); Vergr. 150 $\times$ .

### Untersuchung von Bruchflächen

Objekte waren zunächst die Bruchflächen von Zerreißproben aus einem zähen Stahl und von Schlagproben aus einem weiß erstarrten Hartguss, einem Material, das sehr spröde bricht. Abbildung 3 gibt den Lackabdruck des zähen Bruchs in Dunkelfeldbeleuchtung wieder. Infolge der Bruchflächentopographie wird das Bild zum rechten Bildrand hin etwas unscharf. Die linke Bildhälfte aber ist scharf und man erkennt sehr gut, dass die Bruchfläche eine Wabenstruktur aufweist. Glatte Anteile, die auf Spaltflächen hinweisen könnten, wurden an keiner Stelle bemerkt. Insofern gleicht der La-Befund am zähen Bruch dem Befund, den man mit einem REM erhalten würde.

In Abbildung 4 wird der Abdruck der Bruchfläche des spröden Hartguss-Materials gezeigt. Man erkennt gut, dass die Struktur der Bruchfläche aus vielen, unregelmäßig begrenzten Flächenstücken besteht, die teilweise von geraden Linien durchzogen sind. Hierbei kann es sich nur um Spaltflächen handeln. Waben werden überhaupt nicht bemerkt. Offensichtlich können also mit La-Technik und Lichtmikroskop zähe und spröde Gewaltbrüche im Vergrößerungsbereich bis etwa 500fach ebenso sicher unterschieden werden wie mit dem Elektronenmikroskop.



**Abb. 3:** Waben in Bruchfläche von zähem Stahl (Lackabdruck, Dunkelfeld); Vergr. 375 $\times$ .



Abb. 4: Spaltbruch in Bruchfläche von weiß erstarrtem Gusseisen, oben links ein Seitenriss (Lackabdruck); Vergr. 150×.



Abb. 5: Mischbruch (Waben und Spaltflächen) vom Schlauder (Lackabdruck); Vergr. 150×.

### Fallstudie: Schlauder

Ausgelöst aber wurde diese ganze Untersuchung durch ein nicht alltägliches Objekt. Es handelt sich um ein Stück von einer Schlauder. Sie war als Halteband in der Dach- und Kuppelkonstruktion der Klosterkirche Neresheim eingebaut. Diese Kirche ist das letzte sakrale Bauwerk des berühmten Barockbaumeisters Balthasar Neumann (1687–1753) gewesen. Die Schlauder stammt entweder aus der Zeitspanne von 1759 bis 1769, in der der Dachstuhl gebaut wurde, oder aus der Zeit von 1827 bis 1828, in der der Dachstuhl zum einzigen Mal bis zur Jetztzeit repariert werden musste. Ausgebaut wurde die Schlauder zwischen 1966 und 1975. In dieser Zeit wurde die bis dahin hölzerne Kuppelaufhängung durch eine solche aus Stahl ersetzt (Stoffels und Pohl, 2000). Neben einigen anderen Bauartikeln gleicher Herkunft wurde die Schlauder dem Verfasser vom Abt der Benediktinerabtei Neresheim zur freien Verfügung übergeben.

Das Schlauderstück war 320 mm lang, 20 bis 25 mm breit und 3 bis 4 mm dick. An einem Ende war es gebrochen. Der Bruch muss schon vor langer Zeit eingetreten sein. Aufgrund seiner Länge passte das Stück in kein konventionelles Elektronenmikroskop. Weiter zerschnitten sollte es jedoch nicht werden, um das alte Design voll zu erhalten. Die mikroskopische Untersuchung der Bruchfläche musste also auf andere Art erfolgen. Hierzu bot sich die Lack-Technik an, die sich auf dem schmalen Bruchquerschnitt denn auch leicht praktizieren ließ. Abbildung 5 zeigt das Ergebnis. Man erkennt größere Felder mit Bruchwaben, die immer wieder von glatten Spaltflächen unterbrochen sind. Es liegt also ein Mischbruch vor.

Die Schlauder war aus Schmiedeeisen hergestellt, wie es dem Stand der Technik in der Zeit des Spätbarock entsprach. Dies war ein ziemlich reines Eisen, dessen Gefüge vollständig aus sogenannten Ferritkristallen besteht. Von einem solchen Material würde man heute einen durchweg zähen Bruch erwarten. Da aber Mischbruch festgestellt wurde, müssen ver-

spröden Einflüsse geherrscht haben. Überbelastung kann nicht die Schadensursache gewesen sein, da das Stück in diesem Fall an einer anderen Stelle hätte brechen müssen. So bleibt nur der Schluss, dass Material- und Fertigungsfehler, die übrigens zahlreich vorhanden sind und die sich in der damaligen Zeit nicht vermeiden ließen, die eigentliche Bruchursache darstellen.

### Folgerungen

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Bewertung von metallischen Bruchflächen außer mit dem Elektronenmikroskop (REM, TEM) auch gut mit dem Lichtmikroskop unter Zuhilfenahme der Lackabdruck-Technik vorgenommen werden kann. Zwar liefert die lichtmikroskopische Untersuchung nicht so viele Einzelheiten wie das REM, eine erste Einordnung, ob zäh oder spröde Bruch vorliegt, ist aber immerhin möglich. In einigen Punkten hat die Lichtmikroskopie sogar Vorteile zu bieten. So ist die Untersuchung an sehr großen Objekten möglich, ohne dass diese erst in leichter handhabbare Probestücke zerlegt werden müssen. Darüber hinaus ist die Abnahme eines Lackabdrucks an jedem beliebigen Ort möglich, zu dem Zugang besteht. Es ist fast überflüssig zu erwähnen, dass der Lackabdruck an der gleichen Stelle so oft wie nötig abgenom-

men werden kann, ohne dass das Objekt dabei beschädigt oder sein Zustand in irgendeiner Weise verändert wird. Schlussendlich ist auch die Kostensituation der lichtmikroskopischen Untersuchung erheblich günstiger.

### Dank

Der Verfasser dankt Herrn Dr. rer. nat. R. Laag und Frau A. Lange von der Firma Schwäbische Hüttenwerke GmbH in Aalen für Probenmaterial und großzügige Unterstützung bei den Fotoarbeiten. Besonderer Dank aber gilt Herrn Abt N. Stoffels, OSB, Abt der Benediktinerabtei Neresheim, der das Objekt Schlauder aus seiner Sammlung alter Bauartikel aus der Kirche für die Untersuchung zur Verfügung gestellt hat. Darüber hinaus hat er dem Verfasser in zahlreichen, höchst informativen Gesprächen über die Baugeschichte der Klosterkirche geduldig seine Zeit geschenkt und so einen wesentlichen Beitrag zu dieser Arbeit geleistet.

### Literaturhinweise

- Pohl, D.: Mikroskopie lichtundurchlässiger Objekte mittels Lackabdruck. *Mikrokosmos* 88, 277–281 (1999).  
Stoffels, N., OSB, und Pohl, D.: Eine Schraube und ihre Geschichte. *pro Neresheim* 16, 42–44 (2000).

*Verfasser:* Prof. Dr. rer. nat. Dieter Pohl,  
Johann-Sebastian-Bachstraße 17, D - 73430 Aalen

## Kurze Mitteilung

### Lichtmikroskopische Untersuchung von Emulsionen

Öl-in-Wasser-Emulsionen werden vor allem in kosmetischen Produkten verwendet, zum Beispiel in Hautlotionen und Linimenten. Für die Bereitung solcher Präparate ist die Stabilität der Emulsionen, das heißt, ihre Haltbarkeit in der Verkaufskette, über längere Zeiträume von großer Wichtigkeit. Dazu wurden bisher Langzeittests über mindestens drei Monate ausgeführt, in denen die Stabilität der Emulsionen mit komplizierten physikalischen Methoden untersucht werden musste. Nun hat man eine lichtmikroskopische Methode (Olympus BX 60, Hellfeld, CCD-Kamera) entwickelt, bei der

die Tropfengröße als Maßstab für die Stabilität benutzt wurde. Dabei ergab sich, dass die Größenverteilung der Tröpfchen im mikroskopischen Bild sich charakteristisch mit der Temperatur und der Zeit ändert. Die mikroskopischen Daten wurden mit Matrox Software analysiert. So ergeben sich Perspektiven, dass die lichtmikroskopische Untersuchung die aufwendigen Langzeittests ersetzen kann.

### Literaturhinweis

- Meijer, N., Abbes, H., Hansen, W. G.: Particle size distribution and dispersion of oil-in-water emulsions: An application of light microscopy. *International Laboratory* 31, 12–16 (2001).

H. F. Linskens, Nijmegen

# Einsatz der Digitalkamera Nikon Coolpix 990 in der Mikroskopie

Eckart Hillenkamp

**Immer mehr Firmen bieten Digitalkameras an, die langsam auch für den Amateur preislich erschwinglich werden. Von Seiten der Hersteller werden allerdings kaum Lösungen für den Einsatz am Mikroskop angeboten. Hier ist wieder einmal die Basistfreude unserer Leser gefordert. Eckart Hillenkamp aus Oberhausen erläutert im folgenden Bericht seine Adaptationsvariante an das Mikroskop und nimmt eine Bewertung der Ergebnisse vor.**

**D**ie Firma Nikon bietet für einen Preis von 2499,00 DM eine Digitalkamera an, welche von ihren technischen Daten und Möglichkeiten bestens für den Einsatz in der Mikroskopie geeignet ist. Die Kamera mit der Bezeichnung Nikon Coolpix 990 vermag Erstaunliches. Es ist eine 3,34-Megapixel-Kamera mit einer Auflösung von 2048 x 1536 Pixel (Bildpunkten) und der Möglichkeit, digitale Filme im Quick-Time-Format (.mov) aufzunehmen. Viele, selbst wesentlich teurere Spezialkameras für die Mikroskopie haben eine deutlich geringere Auflösung. Wenn man bedenkt, dass die normale Fernsehauflösung nach PAL-Norm nur 768 x 576 Bildpunkte beträgt, so bietet die Coolpix 990 das 7,6fache dieser Auflösung. Mikroskopie-Spezialkameras mit einer derartigen Auflösung haben üblicherweise einen Preis von über 12.000 DM. Die Nikon-Kamera, an ein Mikroskop adaptiert, stellt eine wirkliche High-End-Lösung dar. Testbilder sahen auf einem DIN-A3 Farbausdruck noch sehr gut aus. Auch sehr große Ausdrücke mit einem Profidrucker in DIN-A0 Postergröße waren erstaunlich gut.

Die Adaption an ein Mikroskop bereitet keine großen Schwierigkeiten. Es ist nur im Vergleich zur Adaption einer Spiegelreflexkamera ein gewisses Umdenken notwendig. Während bei der Anpassung einer Spiegelreflexkamera üblicherweise die Optik entfernt und das reelle Zwischenbild des Mikroskops direkt auf dem Filmmaterial abgebildet wird, ist dieses bei der Digitalkamera nicht möglich, da deren Optik nicht entfernt werden kann. Eine Adaption er-

folgt hier durch die so genannte Okularprojektion. Das Objektiv der Coolpix 990 wird hierbei auf unendlich eingestellt und über dem Okular platziert. Es tritt dabei an die Stelle des Auges. Sehr von Vorteil ist dabei der kleine Objektivdurchmesser von nur 28 mm. In Verbindung mit einem Weitfeld-Brillenokular ist kaum eine Vignettierung (Unterbelichtung des Bildrandes) gegeben. Verwendung findet in diesem Beispiel ein Okular der Firma Euro-mex, welches günstig zu bekommen ist und alle notwendigen Kriterien erfüllt.

Da die Coolpix auch noch über ein im Inneren des Gehäuses gelegenes Zoomobjektiv verfügt, kann man stufenlos von dem Bereich leichter Vignettierung bei Weitwinkel für Übersichten bis zur vierfachen Nachvergrößerung für Detailaufnahmen bei Zoom-Einstellung in das Präparat hineinfahren.

## Die Adaptation

Schon mit Aufnahmen aus freier Hand lassen sich vortreffliche Ergebnisse erzielen. Eine bessere Lösung stellt ein Repröstativ dar, welches die Kamera vor das Okular hält.

Die perfekte Lösung ist allerdings ein Adapter, welcher auf das Filter-Schraubgewinde der Kamera aufgeschraubt wird und auf der anderen Seite den Steckensatz eines Okulars aufweist. Die Abbildung 1 zeigt eine Kamera mit einem solchen Adapter. Er besteht aus dem schon erwähnten Weitfeld-Brillenokular der Firma Euro-mex, einen M 28 auf M 37 mm Filteradapter der Firma Hama (Artikel-Nr.: 12837) und ei-



1

### **Digitale Filme aus dem Mikrobereich**

Außer Fotos können auch bewegte Bilder aufgenommen werden. Dazu bestehen zwei unterschiedliche Möglichkeiten:

Mit der Coolpix 990 kann man ohne externes Zubehör digitale Filme im Quick-Time-Format (.mov) aufzeichnen. Die maximale Aufnahmezeit der Videosequenz hängt dabei von der Kapazität des Arbeitsspeichers der Kamera ab und liegt bei 40 s. Es werden dabei 12 MB belegt. Die im Lieferumfang enthaltene 16 MB Compact Flash Karte reicht also nur für eine einzige derartige Videosequenz. Es sind aber auch wesentlich größere Compact Flash Medien erhältlich. Selbst winzige Festplatten sind im Compact Flash Format momentan bis zu einer Größe von 1 GB erhältlich, so dass die Kapazität fast nur noch vom Geldbeutel abhängt. Ein Medium mit einer Kapazität von zum Beispiel 128 MB würde also nicht eine Filmsequenz mit 426 s speichern, sondern nur mehrere Sequenzen von je maximal 40 s. Die einzelnen Sequenzen kann man dann nach dem Übertragen in einen PC mit einem Videobearbeitungsprogramm zu Filmen beliebiger Länge zusammenschneiden.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, den mitgelieferten Videoadapter an einen Videore-



2



3

◀ **Abb. 1:** Nikon Coolpix 990 mit aufgeschraubtem Adapter, bestehend aus einem Brillen-Weitfeld-Okular, einem gedrehten Adapterring und einem HAMA-Filteradapter. – **Abb. 2:** Hier wurde die Kamera über einen Lomo-Tubus an ein Zeiss Jenamed Mikroskop angeschlossen. Ein Senkrechttubus ist besser, stand jedoch nicht zur Verfügung. – **Abb. 3:** Gesamtansicht des Aufbaus: Nikon Coolpix 990 an einem Zeiss Jenamed Mikroskop.



Abb. 4: Moospflänzchen durch eine Stereolupe betrachtet. Der Strahlengang wurde mit Hilfe eines Spiegels um 90° abgelenkt.

corder oder besser an eine TV-Card im PC anschließen. Diese Zusatzkarten bekommt man ab 100,- DM im Computerfachhandel. Damit ist es möglich, das von der Kamera gelieferte Videosignal zu digitalisieren und im Rechner abzulegen. Die Aufnahmezeit kann hierbei beliebig sein, da die Daten nicht auf dem Speichermedium der Coolpix gespeichert werden. Anschließend kann man die Filme auf CD brennen, um sie auf dem PC oder einem DVD-Player abspielen zu können.

Ein weiterer Pluspunkt ist die weitreichende Einflussnahme auf die Aufnahmeparameter. Die Kamera ist mit einer Vollautomatik ausgestattet, die auch bei mikroskopischen Aufnahmen sehr gute Ergebnisse liefert. Im Bereich

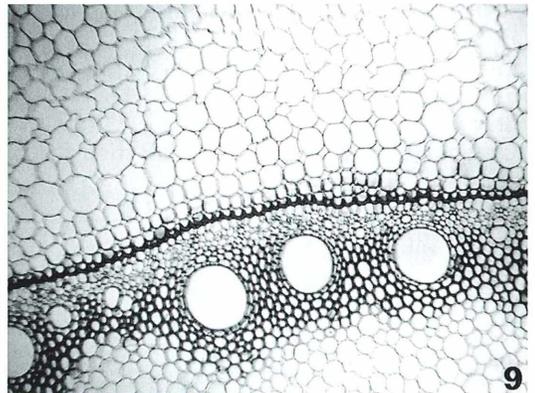
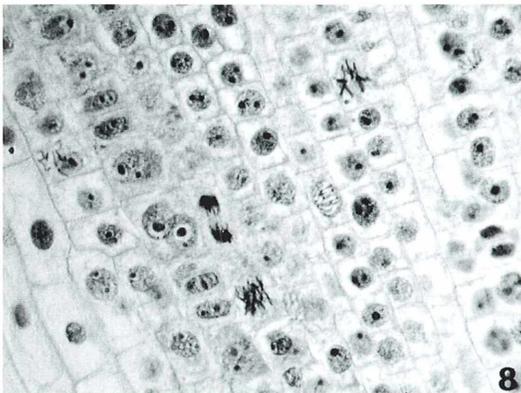
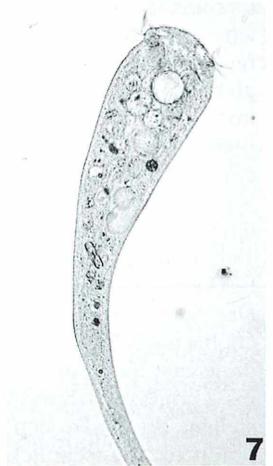
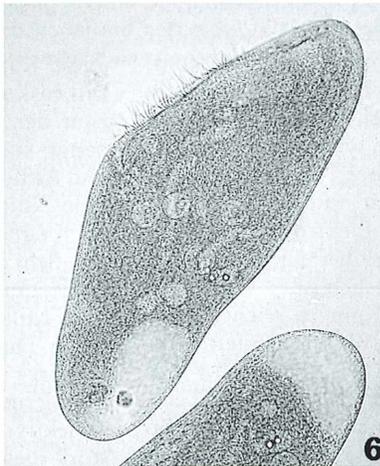
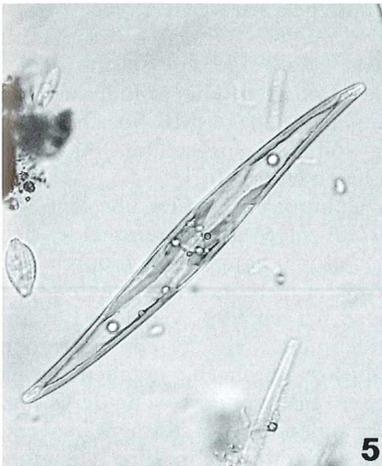


Abb. 5-9: Mikroskopische Aufnahmen mit Hilfe der Nikon Coolpix 990. – Abb. 5: Kieselalge *Gyrodinium aureolum* aus dem „Barranco de los Molinos“, der einzigen Stelle mit Oberflächenwasser auf der Kanaren-Insel Fuerteventura. – Abb. 6: *Blepharisma japonicum*, leicht gequetscht. Aufnahme ohne Blitz. – Abb. 7: *Stentor* aus einer Tümpelprobe. Aufnahme ohne Blitz. – Abb. 8: Mitosepräparat mit verschiedenen Kernteilungsphasen. – Abb. 9: Schnitt durch einen Pflanzenstängel (Dauerpräparat).

**Abb. 10:** Aus der Tabelle ist die Anzahl von Einzelbildern ersichtlich, die je nach Bildqualität und Bildgröße abgespeichert werden können. Bildgrößenangaben in Pixel: Volle Größe = 2048 x 1635, XGA = 1024 x 768, VGA = 640 x 480, 3:2 = 2048 x 1360.

Bildqualität	Bildgröße							
	Volle Größe		XGA		VGA		3:2	
	16 MB	128 MB	16 MB	128 MB	16 MB	128 MB	16 MB	128 MB
Hi	1	13	–	–	–	–	1	14
Fine	10	81	40	319	100	784	11	92
Normal	20	162	79	622	187	1469	23	182
Basic	40	319	151	1181	333	2605	46	360

der Automatik ist es beispielsweise möglich, Aufnahmen gezielt stufenweise über- oder unterzubelichten, um bessere Ergebnisse zu erzielen. Der auch durch das Mikroskopokular recht gut arbeitende Autofokus lässt sich komplett manuell bedienen. Eine Halbautomatik unter Vorgabe der Belichtungszeit oder der Blende ist ebenso möglich wie das Anschließen eines externen Blitzgerätes. Durch die sehr hohe Lichtempfindlichkeit erübrigt sich allerdings der Einsatz eines Elektronenblitzes an vielen Stellen, an denen er bei einer Spiegelreflexkamera schon unerlässlich ist.

Der Schärfbereich der Kamera reicht von 0 cm bis unendlich. Der Autofokus reagiert allerdings erst ab 2 cm fehlerfrei. Im Bereich von 0 bis 2 cm lässt sich die Schärfe nur manuell einstellen. So lassen sich auch ohne Mikroskop schon recht ansehnliche Makroaufnahmen erstellen. Insbesondere Aufnahmen, die unter Einbeziehung einer Stereolupe (Abb. 4) beziehungsweise mit Hilfe eines Mikroskops (Abb. 5-9) gemacht wurden, belegen die hohe Qualität der Kamera. Ein Beispielbild (Mitose) in Originalgröße (Dateigröße: 885 kB) findet sich

im Downloadbereich meiner Homepage <http://www.mikroskopieren.de> und kann von dort aus heruntergeladen werden.

Diese Kamera ist wie für den Einsatz in der Mikroskopie geschaffen. Die Aufnahmekapazität der mitgelieferten 16 MB Speicherkarte hängt stark von der eingestellten Bildgröße und Auflösung ab (Abb. 10).

Eine Nikon Coolpix 950 kostet übrigens nur noch circa 1.300,- DM und unterscheidet sich von dem Modell 990 hauptsächlich durch eine Auflösung von 2,1 Millionen Bildpunkten statt 3,34 Millionen bei der 990. Versuche mit anderen Digitalkameras, welche ein wesentlich größeres Objektiv besitzen, ergaben große Schwierigkeiten. Insbesondere wenn der Zoom Objektivteile außen an der Kamera bewegt, stört dies die Adaption sehr. Eine vignettierungsfreie Darstellung ist hier meist nicht ohne unmäßig teure, herstellereigenspezifische Spezialadapter zu erreichen.

*Verfasser:* Eckart Hillenkamp, Koppenburgstr. 55, D-46117 Oberhausen



**Gesundheit ist ein Menschenrecht**

Wenn auch Sie der Meinung sind, dass jeder Mensch ein Recht auf medizinische Versorgung und lebensnotwendige Medikamente hat, **helfen Sie mit!**

ÄRZTE OHNE GRENZEN e.V.  
Am Köllnischen Park 1  
10179 Berlin  
[www.aerzte-ohne-grenzen.de](http://www.aerzte-ohne-grenzen.de)

Bitte schicken Sie mir unverbindlich

- allgemeine Informationen über ÄRZTE OHNE GRENZEN
- Informationen für einen Projekteinsatz
- Informationen zur Fördermitgliedschaft
- die Broschüre „Ein Vermächtnis für das Leben“

Name

Geb.-Datum

Straße

PLZ/Ort

Spendenkonto 97 0 97  
Sparkasse Berlin  
BLZ 100 500 00



# Mobile Mikroskopie – Der Einsatz von weißen Leuchtdioden an Exkursions- und Reisemikroskopen

Hans-Jürgen Voß

Wer bislang glaubte, dass in der Lichtmikroskopie kein Platz für Neuerungen ist, musste sich durch die Möglichkeit, weißes Diodenlicht als Mikroskopbeleuchtung nutzen zu können, eines Besseren belehren lassen. Göke (2000a, b) hat in seinen Beiträgen ausführlich die Vorteile von weißem Leuchtdiodenlicht und die verschiedenen Möglichkeiten der Integration von Leuchtdioden in das mikroskopische System beschrieben. Hendel (2001) hat über die Adaptationsmöglichkeiten einer käuflich zu erwerbenden Diodenbeleuchtung berichtet. Der vorliegende Beitrag gibt Anregungen für den Einsatz dieser käuflichen und von selbstgebauten Diodenbeleuchtungen an klassische Exkursionsmikroskope und an solche, die sich aufgrund ihrer Größe und ihres Aufbaus gut als Reise- oder Exkursionsmikroskope eignen würden.

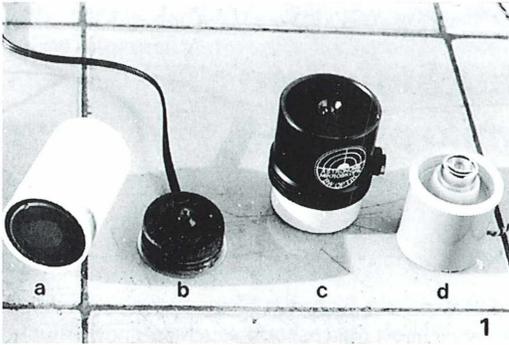
Die hier gezeigten Diodenbeleuchtungen haben ein gemeinsames Merkmal: Sie verfügen über einen Magneten, der einerseits die Befestigung am Mikroskopstativ auf einfache Weise bewerkstelligen kann und andererseits die Zentrierung und Ausrichtung des Beleuchtungstopfes ermöglicht (Abb. 1). Wer kleine Lötarbeiten nicht scheut, kann sich einen Beleuchtungstopf auch leicht selbst herstellen. Die Leuchtdiode (5 mm) wird samt Fassung (mit oder ohne Linse) mit wenig Aufwand in den Boden oder Deckel einer Kleinbildfilmdose eingesetzt. Boden und Deckel der meisten Film Dosen haben herstellungstechnisch bedingt im Zentrum jeweils eine kleine Vertiefung, die man als Bohrhilfe gut nutzen kann! Ein handelsüblicher Haftmagnet für metallene Pinwände ( $\varnothing$  circa 28-29 mm) wird dann in die Dose eingeklebt und das Stromzuführungskabel seitlich aus der Dose herausgeführt. Film Dosen lassen sich - je nach Mikroskoptyp und Anpassungsart - mit einem Bastelmesser auf die notwendige Höhe zurechtschneiden. Muss die Diodenbeleuchtung aus anpassungstechnischen Gründen einmal sehr flach ausfallen, so kann man auch runde Holz-scheibchen verwenden, die man entweder in einem Bastelladen fertig kauft oder sich mit einer Lochkreissäge selber herstellt. In diese Holz-scheiben lassen sich die Leuchtdioden ebenfalls einpassen. Die Stromzuführungskabel

können in einer kleinen Nut auf der Scheibenunterseite verborgen herausgeführt werden, eine darüber geklebte Unterlegscheibe dient zur Befestigung am Magneten. Diese Anregung geht auf Herrn Dr. Klaus Meyer, Soest, zurück.

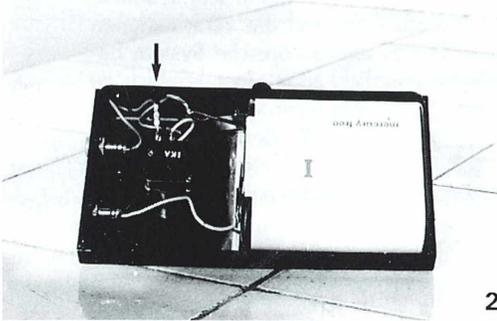
Bei Exkursions- und Reisemikroskopen ist man auf eine netzunabhängige Stromversorgung angewiesen. Die zum Betrieb der Leuchtdiode notwendige Batterie und der Diodenvorwiderstand sowie ein Potentiometer zur Regulierung der Licht-helligkeit lassen sich mit wenig Löt-aufwand in einem kleinen Kunststoffge-häuse von der Größe einer Zigarettenschachtel unterbringen, welches das Exkursions- oder Reisegepäck kaum belastet (Abb. 2 und 3).

## Exkursionsmikroskop von Meopta

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen das von der tschechischen Firma Meopta hergestellte und von der Firma Mikrothek-Jungner, Hamburg, bis in die 80er Jahre vertriebene Exkursionsmikroskop AZ-2. Nutzt man das Gerät beispielsweise vor Ort zur Untersuchung von Planktonproben, so braucht das Stativ nicht gekippt zu werden. Der Beleuchtungsspiegel wird entfernt und auf einer auf den Stativfuß geklebten Unterlegscheibe (Doppelklebeband!) befestigt man eine ungekürzte Film-dose mit einer

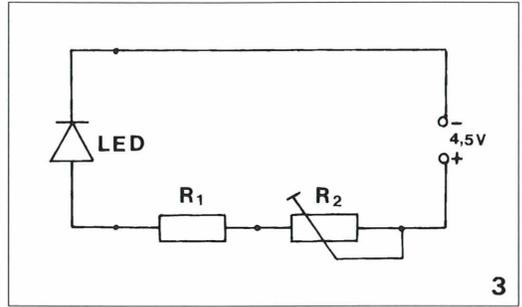


1



2

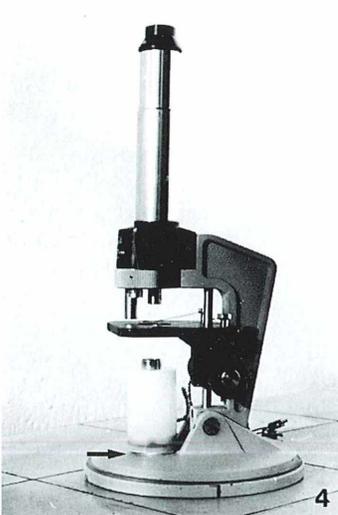
Abb. 1: Verschiedene Diodenbeleucher. a: Filmdose als Beleuchtungstopf mit eingeklebtem Magnet. b: Leuchtdiode in Holzscheibenhalterung mit Unterlegscheibe (Fecit Dr. K. Meyer, Soest). c: Beleucher 501 der Firma BW-Optik, 48683 Ahaus. d: gekürzte Filmdose mit Leuchtdiode in Linsenfassung. - Abb. 2: Stromversorgungskästchen mit 4,5-V-Flachbatterie. Der Pfeil weist auf den Vorwiderstand der Leuchtdiode.



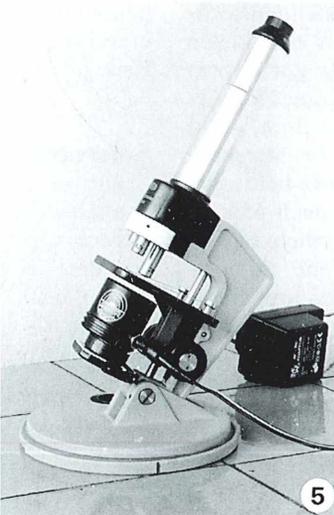
3

Abb. 3: Schaltskizze zur Diodenbeleuchtung. LED Leuchtdiode (153745), R1 Vorwiderstand 1/4 W, 100  $\Omega$  (403130), R2 Drehpotentiometer, linear, 1000  $\Omega$  (445851). Die Ziffern in den Klammern kennzeichnen die jeweilige Bestellnummer der Firma Conrad Electronic GmbH, Klaus-Conrad-Str. 1, 92240 Hirschau.

Leuchtdiode in Linsenfassung. Diese Anordnung liefert für alle drei vorhandenen Objektivaperturen ein homogen ausgeleuchtetes Gesichtsfeld. Legt man jedoch Wert auf den Erhalt der Kippfunktion des Stativs, befestigt man die Diodenbeleuchtung mittels Haftmagnet verschiebbar auf der Rückseite des Spiegels. Zur Ausleuchtung homogener Gesichtsfelder bei Exkursionsmikroskopen ohne Kondensor sollte man die Diodenbeleuchtung (mit oder ohne Linsenfassung) möglichst nah an die Tischöffnung anordnen!



4



5

Abb. 4 und 5: Meopta-Exkursionsmikroskop AZ-2 mit Diodenbeleuchtung am geraden und geneigten Stativ. Der Pfeil in Abbildung 4 weist auf die Unterlegscheibe, die den Film Dosenbeleuchtungstopf mittels Magnet am Fuß befestigt.

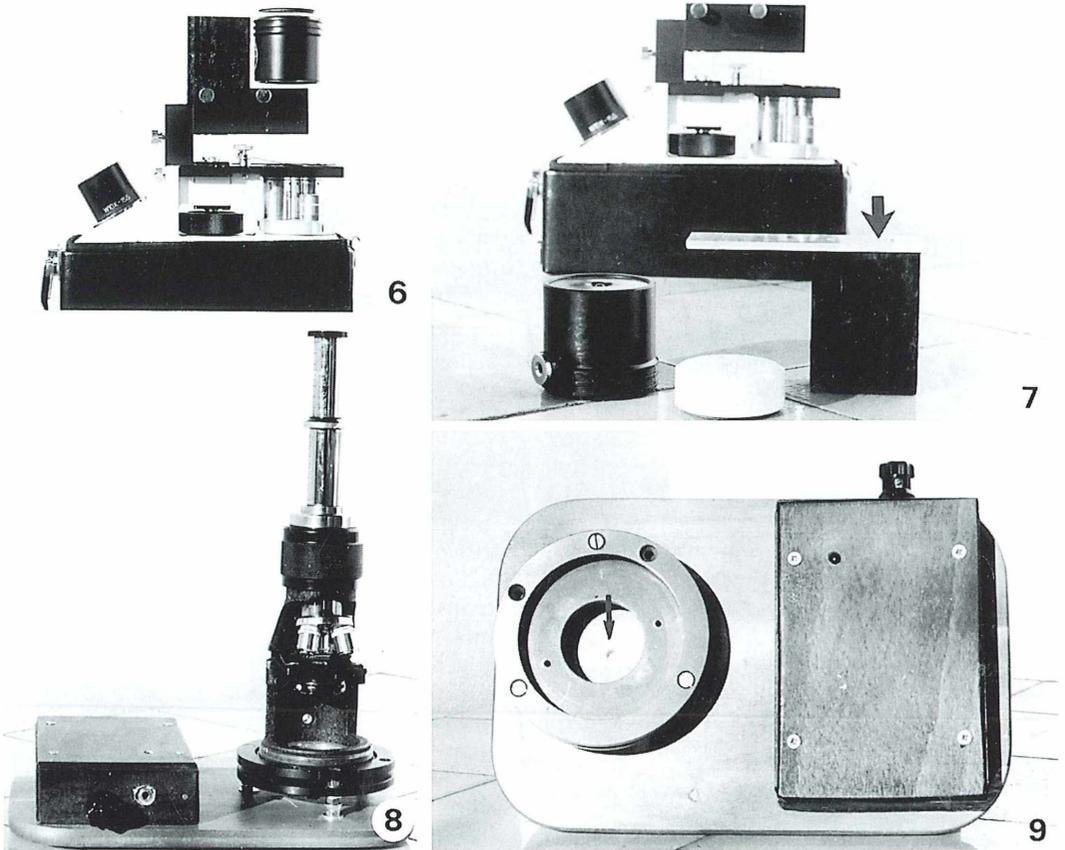


Abb. 6-9: Diodenbeleuchtung am Exkursionsmikroskop der Firma Swift (Abb. 6 und 7) und am Protami der Firma Hensoldt (Abb. 8 und 9). Der Pfeil in Abbildung 7 weist auf den Kunststoffstreifen, an dem der Beleuchter B 501 der Firma BW-Optik, Ahaus, mit Hilfe des Magneten befestigt wird. Abbildung 8 zeigt das Protami auf einem Untersatz, der das Stromversorgungskästchen, die Mikroskophalterung und die Leuchtdiode trägt. Der Pfeil in Abbildung 9 weist auf die Leuchtdiode; dort kann zur Ausleuchtung homogener Gesichtsfelder ein Kondensator (n. A. 0,9) mit der Frontlinse nach unten eingelegt werden.

### **Exkursionsmikroskop von Swift**

Das ebenfalls von der Firma Mikrothek-Jungner vertriebene Exkursionsmikroskop der Firma Swift erfordert eine andere Lösung für die Anbringung der Diodenbeleuchtung. Da das Gerät in umgekehrter Bauweise gehalten ist, wird das aufgelegte Präparat von oben beleuchtet und von unten mit speziell korrigierten Objektiven durch den Objektträger hindurch betrachtet. Eine Halterung für den Einsatz eines Beleuchtungsspiegels oder einer kleinen Glühlampenbeleuchtung ist an dem Gerät vorhanden. In diese Halterung passt man ein

kleines Holzstück ein, welches mit einem kleinen Kunststoff- oder Plexiglasstreifen als Diodenhalterung versehen ist. Mit Hilfe des Magneten kann der Beleuchtungstopf dann unterhalb dieses Streifens befestigt werden (Abb. 6 und 7).

### **Exkursionsmikroskop von Hensoldt**

Ein Klassiker unter den Exkursionsmikroskopen ist das Protami der Firma Hensoldt (Abb. 8). Die Diodenbeleuchtung ist in diesem Fall in einem Frühstücksbrettchen integriert worden,

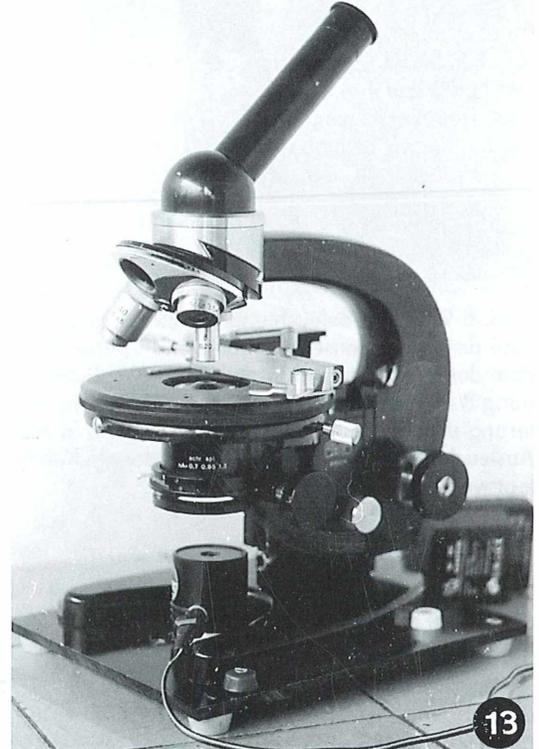
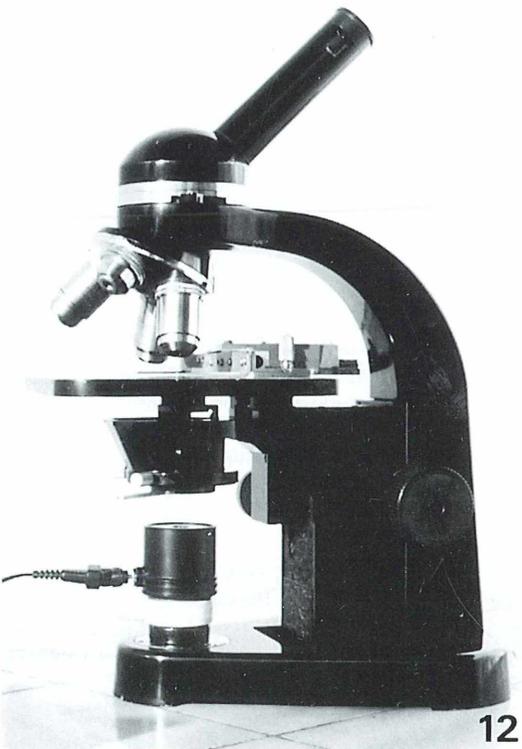
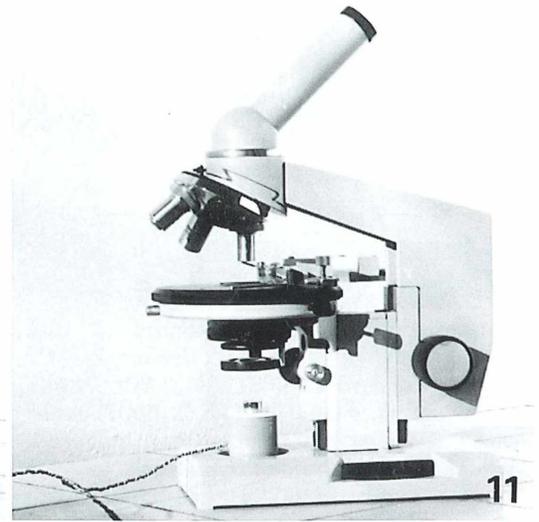
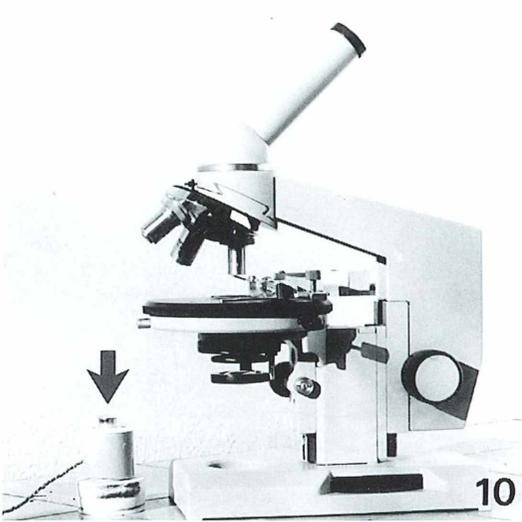


Abb. 10-13: Diodenbeleuchter an Kursmikroskopen. Die Abbildungen 12 und 13 zeigen die Anpassung an das Biolum der Firma Lomo. Der Pfeil in Abbildung 10 weist auf die Befestigung des Beleuchtungstopfes an Holzscheiben hin, die in die Öffnung des Mikroskopfußes (Abb. 11) eingesetzt werden. Abbildung 12 zeigt den Beleuchter B 501 der Firma BW-Optik, Ahaus, am SM-Stativ der Firma Leitz, Wetzlar. Abbildung 13 zeigt die Anordnung des gleichen Beleuchters auf dem Untersatz des Lg-Stativs der Firma Zeiss, Jena.

welches ebenfalls ein Kästchen zur Stromversorgung trägt (Fertigung: Dr. Klaus Meyer, Soest). Damit das Protami einen sichereren Halt bekommt, wird über der Leuchte ein Untersatz befestigt, wie ihn Metzke und Saake (1978) für die Anpassung eines Mikroblitzgerätes an das Protami beschrieben haben. Zur homogenen Ausleuchtung hat es sich bewährt, dass man in den zentralen Raum zwischen Leuchtdiode und Untersatz einen Kondensator der numerischen Apertur 0,9 einlegt, dessen Frontlinse nach unten zeigt (Abb. 9).

### **Exkursionsmikroskop von Lomo**

Das Biolam-Mikroskop der russischen Firma Lomo (Hendel, 1999) lässt sich für Reisezwecke ebenfalls mit Diodenbeleuchtung ausstatten. Der Beleuchtungstopf sitzt auf Holzscheiben mit geeignetem Durchmesser, so dass die komplette Anordnung fest in die Öffnung des Mikroskopfußes eingesetzt werden kann (Abb. 10 und 11). Auch an Kursmikroskope älterer Bauart, die man mitunter günstig erwerben kann, lässt sich die Diodenbeleuchtung problemlos adaptieren. Bei dem SM-Stativ („Bügeleisen“) der Firma Leitz besitzt der Mikroskopfuß eine Öffnung zur Aufnahme des Befestigungszapfens der 220-Volt-Leuchte. Die Unterlage des Beleuchtungstopfes kann dann in einer vorzertierten Stellung mit einer Schraube an dieser Öffnung befestigt werden (Abb. 12). Bei dem Lg-Stativ der Firma Zeiss-Jena ist diese Möglichkeit durch den hufeisenförmigen Fuß nicht gegeben. Das Mikroskop wird daher auf eine Unterlage aus zum Beispiel Holz oder Pertinax gestellt und mit Schrankfachträgern gegen seitliches Verrutschen gesichert. Die Diodenbeleuchtung wird dann in gewohnter Weise mit Magnet und Metallscheibe unterhalb des Kondensators angeordnet (Abb. 13). Bei Mikroskopen mit einem höhenverstellbaren Kondensator sollte die Höhe der Di-

odenbeleuchtung so bemessen sein, dass der Kondensator zur homogenen Ausleuchtung des Gesichtsfeldes nicht zu sehr gesenkt werden muss.

Die letztgenannten Stativ sind keine Exkursionsmikroskope im eigentlichen Sinne. Sie sind aber trotz ihrer Ausbaufähigkeit noch so handlich und leicht ausgeführt, dass man diese Geräte samt Zubehör beispielsweise in einer größeren Fototasche, einem Piloten- oder Werkzeugkoffer (Baumarkt) gut unterbringen kann. Damit sind sie natürlich als Handgepäck für eine Flug- oder Bahnreise zu schwer, aber doch noch handlich genug für eine Reise mit dem eigenen PKW. Diese Geräte haben den Vorteil des größeren Bedienungskomforts verbunden mit der Möglichkeit, vor Ort auch noch Mikrofotografie betreiben zu können.

### **Danksagung**

Ich bedanke mich bei Herrn Dr. Klaus Meyer, Soest, für die Erlaubnis zur Veröffentlichung seiner Leuchtdiodenanordnungen. Herrn Erich Saake, Bochum, danke ich für die Benutzung von Mikroskopen und Zubehör.

### **Literaturhinweise**

- Göke, G.: Leuchtdioden (LEDs) als Lichtquellen für die Mikroskopie. *Mikrokosmos* 89, 33 - 37 (2000a).
- Göke, G.: Das neue Licht in der Mikroskopie. Einsatz und Eigenschaften von LEDs. *Mikrokosmos* 89, 351 - 356 (2000b).
- Hendel, R.: Diodenbeleuchtung für alle Mikroskope – eine preiswerte Lösung ohne Bastelei. *Mikrokosmos* 90, 27 - 28 (2001).
- Hendel, R.: Ein Mikroskop zum Schnäppchenpreis: Das „Biolam“ der russischen Firma Lomo. *Mikrokosmos* 88, 225 - 232 (1999).
- Metzke, G., Saake, E.: Ein Photomikroskop für die Fototasche. *Mikrokosmos* 66, 249 - 253 (1977).

*Verfasser:* Dr. Hans-Jürgen Voß, Am Dornbusch 42, D-46244 Bottrop, e-mail: [tichy-voss@t-online.de](mailto:tichy-voss@t-online.de)

# Über mikroskopisches Zeichnen

Werner Nachtigall

**Es soll hier nicht über die Technik des Mikro-Zeichnens berichtet werden; darüber ist schon viel geschrieben worden, auch der Verfasser hat darüber berichtet (siehe Literatur). Es geht vielmehr um die Notwendigkeit des Zeichnens und einige Hinweise zur Anfertigung einfacher Mikro-Zeichnungen.**

**W**ährend heute jeder Mikroskopiker fotografiert, ist das Zeichnen nicht sehr beliebt. Als Grund wird immer angegeben, man wäre zeichnerisch nicht begabt. Dabei geht es gar nicht um künstlerische Ausschmückung, sondern um einfache Umrisskizzen als Gedächtnisstützen, Bestimmungshilfen oder Basis für eine sauber ausgeführte Tuschezeichnung.

## Die naive Zeichnung

Natürlich kann man, ohne große Vorüberlegungen anzustellen, irgendwie anfangen. Im zarten Alter von 13 Jahren habe ich das auch gemacht, und zwar mit Hilfe eines völlig ungeeigneten dicken Schulfüllers. Einige von den damaligen Skizzen haben sich über die Zeiten hinübergerettet und sind bei meinem 60. Geburtstag wieder aufgetaucht. Sie wirken in der Retrospektive ziemlich mutvoll, um nicht zu sagen unverfroren in ihrer Vereinfachung. Aber trotzdem kann man danach noch bestimmen (Abb. 1A).

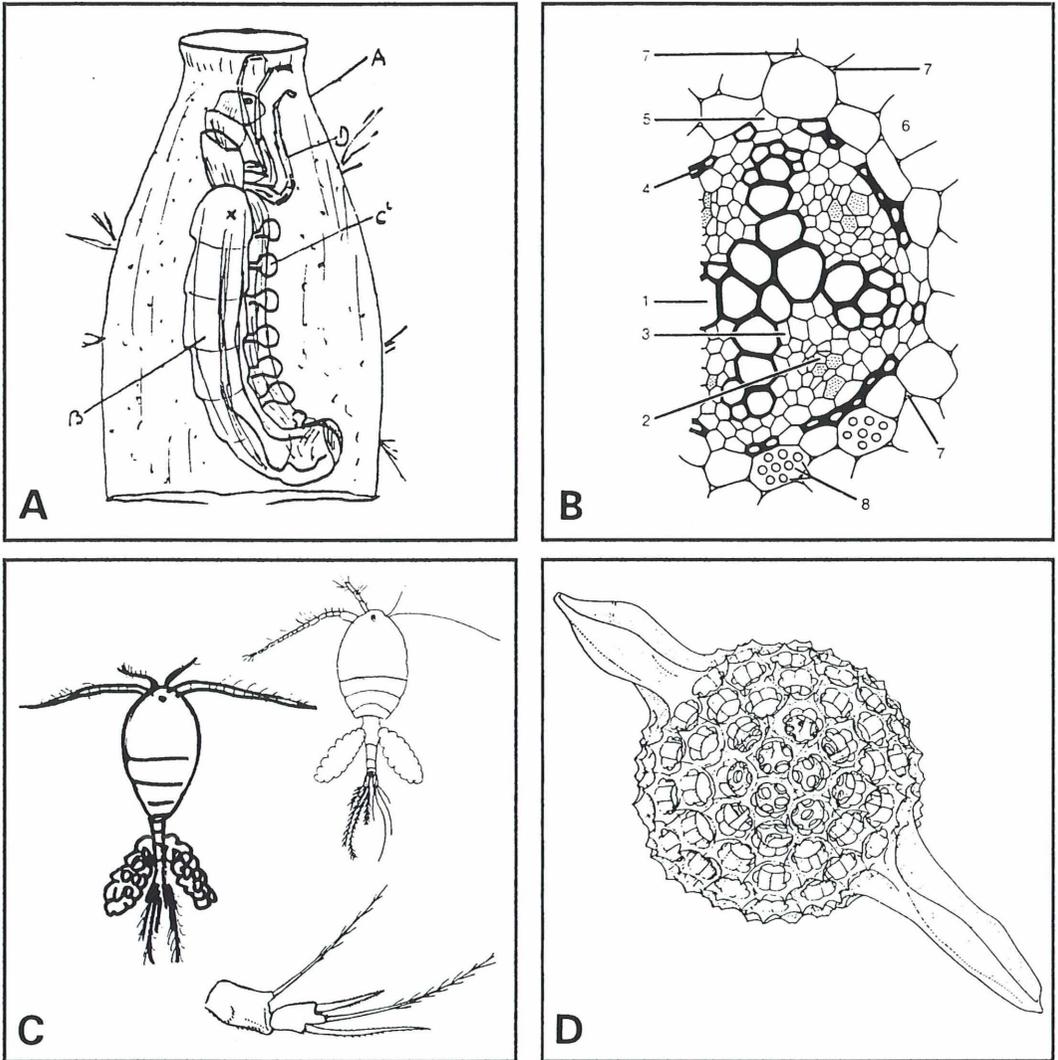
## Die gute Einfach-Zeichnung

Mein Biologielehrer Wassermann (genannt „Waku“), dem ich meine damaligen Zeichnungen leicht verschämt zeigte, war auf der einen Seite sehr begeistert über den mikroskopierenden Schüler, auf der anderen Seite fand er die Zeichnungen – nun, sagen wir mal, entwicklungsbedürftig. Er gab mir drei Regeln mit: Erstens: Die Umrisskonturen müssen genau stimmen. Zweitens: Die Details (Einzeichnungen) müssen die richtigen Größenrelationen haben. Drittens: Es wird nichts schraffiert oder schattiert.

Nach diesen Kriterien ist die abgebildete Zeichnung aus dem Lieder-Atlas (Abb. 1B) vorbildlich. Sie erfüllt alle drei Forderungen, zeigt das Wesentliche in richtigen Konturierungen und Proportionen, aber auch nicht mehr. Hierzu hilft ein Zeichenspiegel, mit dem man die beiden erstgenannten Fliegen mit einer Klappe schlägt, nämlich Konturentreue und Proportionsrichtigkeit. Man zeichnet mit weichem Bleistift vor und dann mit dem mittelfeinen Tuscheschreiber nach. Es empfiehlt sich, Zeichnungen etwa so anzulegen, dass sie ein DIN A5-Blatt gut füllen, und dann xerographisch auf etwa die Hälfte zu verkleinern. Ein Zeichengerät, das etwa halbmillimeterdicke Striche zieht, ist für die Originalausführung richtig. Beim Verkleinern werden die Striche dann so zart, wie man sie direkt gar nicht zeichnen könnte.

## Die wissenschaftliche Zeichnung

Die Abbildung 1C zeigt zum Vergleich eine übersimplifizierte Skizze mit dickem Filzschreiber, eine gute Skizze mit feingespitztem mittelweichem Bleistift und eine wissenschaftliche Teilzeichnung für Nachbestimmungszwecke. Wie erkennbar, ist die Skizze zu grob und zu schlampig. Für die feine Bleistiftzeichnung braucht man mit einiger Übung höchstens zwei bis drei Minuten, aber dafür stimmen die Proportionen und man kann hieran fast schon die Copepoden-Gattung bestimmen. Für eine bestimmungswichtige Teilzeichnung arbeitet man exakt konturentreu (ohne Zeichenspiegel geht es dann nicht), zieht nur diejenigen Linien, die bestimmungswichtig sind und verzichtet auf jede Art von Punktierung oder Schattierung.



**Abb. 1:** Mehr oder minder wissenschaftliche Zeichnungen – von naiver Skizze bis zur hochpräzisen Rekonstruktionszeichnung. Vergleiche den Text. Ausführung D von B. Kresling.

Wie man sieht, kommt es beim mikroskopischen Zeichnen nicht auf die Begabung an; unerlässlich ist nur etwas Übung und der Wunsch, ein sorgfältiges Abbild des Urbilds aufs Papier zu bringen. Selbst eine schlampige Skizze kann noch wesentliche Bestimmungsmerkmale erhalten. Man sollte sie dann nicht publizieren; für die interne Arbeit reichen aber Zehn-Sekunden-Skizzen. Zumindest sagen sie mehr als tausend Worte, wenn man später ein Bestimmungsbuch aufschlägt und vergleicht.

### **Die räumliche Rekonstruktionszeichnung**

Sorgfältige räumliche Rekonstruktionszeichnungen gehören zu den kompliziertesten Zeichenaufgaben. Der Ungeübte kann sie getrost vergessen. Die Abbildung 1D zeigt eine Rekonstruktionszeichnung, die auf Fotoaufnahmen einer Meeresdiatomee in unterschiedlicher Fokussierung basiert. Diese wurde von einer zeichnerisch sehr erfahrenen Architektin gefertigt, die sich in mikroskopische Konstruktio-

nen eingedacht hat. Man merkt das beispielsweise an den Loch-Konturierungen, die die räumliche Anordnung perfekt widerspiegeln.

#### Literaturhinweise

Lieder, J.: Begleitbuch für Schulpräparate, Solitude Allee 59, 71636 Ludwigsburg.

Nachtigall, W.: Mikroskopieren: Geräte, Objekte, Praxis, 2., völlig überarbeitete Aufl. BLV, München 1994.

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

## Nachricht

### Schmetterlingsparadies in Neuenmarkt

Das Idea-Schmetterlingsparadies in Neuenmarkt, Landkreis Kulmbach (Oberfranken), ist eine lohnende Attraktion für alle, die sich von den Schönheiten einer tropischen Tier- und Pflanzenwelt einfangen lassen wollen. Nach dem Guinness Buch der Rekorde (2000) ist es das größte tropische Biotop Deutschlands, entstanden vor etwas mehr als einem Jahr. Seinen Namen Idea erhielt der Park nach seinem asiatischen Wappentier-Falter *Idea leuconoe*, der weißen Baumnymphe (Abb. 1).



Hunderte von freifliegenden Schmetterlingen aus verschiedenen Kontinenten umflattern die Besucher im Schmetterlingsparadies hautnah. Ihr Lebenszyklus ist vom Ei über die Raupen und Puppen beziehungsweise Kokons bis zum Schlüpfen der adulten Falter nachvollziehbar. In der tropischen Vegetation der 600 m<sup>2</sup> großen Halle tummeln sich weitere Exoten wie Weißbüscheläffchen, Sittiche, Reptilien und Zwergwachteln, die es zu entdecken gilt. Ein Besuch ist ein Spaß für die ganze Familie und nicht zu vergessen, ein Paradies für Natur-Fotografen.

Geöffnet ist das Idea-Schmetterlingsparadies von Klaus und Christine Ströhlein (Wirsberger Str. 12 in 95339 Neuenmarkt) täglich außer montags, von April bis Oktober von 9.30 Uhr bis 17.30 Uhr und von November bis März von 10 Uhr bis 17 Uhr. Internet-Adresse: [www.schmetterlingspark.de](http://www.schmetterlingspark.de), e-mail: [idea@schmetterlingspark.de](mailto:idea@schmetterlingspark.de)

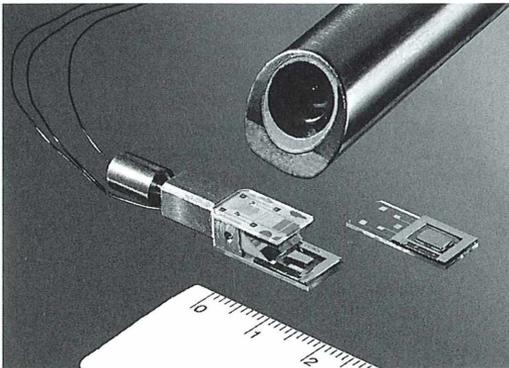
Redaktion MIKROKOSMOS

**Abb. 1:** Der Namensgeber des Schmetterlingsparadieses in Neuenmarkt ist die Weiße Baumnymphe (*Idea leuconoe*) aus der Familie Nymphalidae, verbreitet von Thailand bis nach Malaysia, den Philippinen und Taiwan (in Malaysia vorwiegend an der Küste in Mangrovensümpfen). Der ungewöhnlich große, elegante Tagfalter besitzt vorwiegend milchig weiße Flügel, die zart transparent sind und ein filigranes Muster aus schwarzen Adern, Bändern und Feldern tragen. Leichtes Gelb verläuft über den Ansatz der Vorderflügel. Ihr charakteristisch flatterndes Flugbild macht diese Gattung unverwechselbar (Foto: Ch. Ströhlein, Neuenmarkt).

## Aus der Industrie

### Ein Mini-Mikroskop schaut in den Körper

Wolfgang M. Richter aus Himmelpforten machte die Redaktion auf einen Zeitungsartikel aufmerksam, in dem von einem neuen Mikroskoptyp für die medizinische Anwendung berichtet wurde. Im Internet fanden wir einen Ausschnitt aus der Sparte „Wissenschaft“ der Berliner Zeitung (Ausgabe vom 12. Januar 2000), in dem bereits vor einiger Zeit dieses neue Mini-Gerät vorgestellt wurde: Wissenschaftler sind dabei, ein winziges Mikroskop zu entwickeln, mit dem Ärzte das Gewebe im Inneren des Körpers auf schonende Weise untersuchen können. Die neue Technik soll Patienten Gewebe-Entnahmen ersparen. Das so genannte Laserscan-Mikroskop soll durch Endoskope eingeführt werden (Abb. 1). „Die neue Technik liefert wesentlich kontrastreichere Bilder als herkömmliche Lichtmikroskope“, sagt Klaus Dörschel vom Institut für Medizinische Physik und Lasermedizin des Berliner Klinikums Benjamin Franklin (UKBF). Das Institut ist an der Entwicklung des Geräts maßgeblich beteiligt. Bisher mussten für genaue Diagnosen häufig Gewebeproben genommen werden. Durch die verbesserte Technik sollen diese Eingriffe wesentlich reduziert werden.



**Abb. 1:** Das winzige Laserscan-Mikroskop kann in einen Endoskop-Kopf eingebaut werden und liefert deutliche Bilder aus dem Körperinnern.

### Hohe Bildqualität

Anders als ein Lichtmikroskop erzeugt das Laserscan-Mikroskop Bilder der Gewebeoberfläche durch ein Abtastverfahren. Es erfasst Punkt für Punkt eine Fläche von etwa einem Quadratmillimeter. Die einzelnen Bildpunkte werden dann im Computer zu einem Bild zusammengesetzt. Dadurch entsteht eine hochaufgelöste, kontrastreiche Aufnahme. „Bei den herkömmlichen Mikroskopen verringert die starke Streuung des Lichts im Gewebe die Bildqualität ganz erheblich“, sagt Ulrich Hofmann vom Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie (ISIT) in Itzehoe, das mit dem UKBF kooperiert. Dieser Effekt trete beim Abtasten mit einem Laserscan-Mikroskop nicht auf. Um ein solches Gerät aber überhaupt in ein Endoskop einführen zu können, mussten die ISIT-Forscher die übliche Technik auf Kugelschreibergröße schrumpfen lassen. Dazu entwickelten die Wissenschaftler aus Itzehoe winzige Spiegel aus Silizium, die den Laserstrahl auf das Gewebe lenken. „Bisher waren Laserscan-Mikroskope so groß, dass sie nur auf einem Schreibtisch Platz fanden“, sagt Hofmann.

Neben der Verhinderung von Streulicht hat die neue Technik einen weiteren Vorteil: Das Rotlicht des Laserstrahls kann in das Gewebe eindringen. Bis zu einer Tiefe von etwa 200 Mikrometern (einem Fünftel Millimeter) können die Forscher das Gewebe untersuchen. Hofmann: „Ärzte können so direkt in die Körperzellen hineinschauen.“ Lichtmikroskope liefern dagegen nur Aufnahmen von der ungleichmäßig geformten Gewebeoberfläche. Derzeit testen die Forscher das Mikroskop im Labor. Danach sind klinische Untersuchungen vorgesehen.

Abbildungsnachweis: Das Foto des Laserscan-Mikroskops wurde von der Fraunhofer-Gesellschaft ins Internet eingespeist: [http://www.fhg.de/german/press/md/md2000/md01-2000\\_fo2.html](http://www.fhg.de/german/press/md/md2000/md01-2000_fo2.html)

Redaktion MIKROKOSMOS

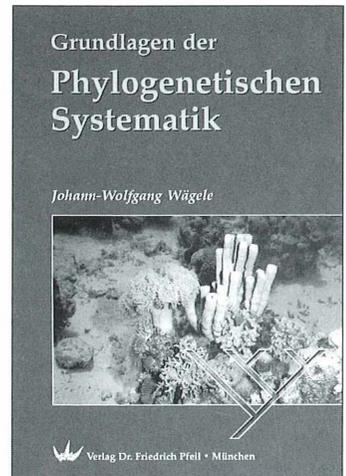
## Buchbesprechungen

**Wägele, J.-W.: Grundlagen der Phylogenetischen Systematik.** Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München 2001, 315 Seiten, DM 78,00, gebunden, ISBN 3-931516-73-3.

In den letzten Jahren hat die Rekonstruktion von Stammbäumen mit Hilfe des Computers und anhand molekularer Daten mehr und mehr an Bedeutung gewonnen. Diese Stammbäume sind inzwischen beinahe allgegenwärtig, und oft werden sie für wahrscheinlicher gehalten als solche auf der Grundlage morphologischer Merkmale. Daher ist es – nicht nur für Systematiker – wünschenswert, etwas mehr über molekulare Systematik und die Methodenvielfalt zur Auswertung entsprechender Daten zu wissen. Einen solchen Wunsch befriedigt das Buch von J.-W. Wägele. Es gibt einen umfassenden, kritischen Überblick über die Prinzipien und Methoden der computergestützten und molekularen Phylogenetik. Wer beispielsweise wissen will, was der bootstrap-Wert aussagt oder wie sich maximum parsimony von maximum likelihood und neighbor-joining Verfahren unterscheiden, findet hier erklärende Darstellungen zusammen mit Warnungen, was solche Werte nicht aussagen beziehungsweise was die Methoden nicht zu leisten vermögen. Der Autor legt daneben großen Wert auf Methoden, mit denen die Aussagekraft eines Datensatzes geprüft werden kann. Für alle Verfahren wird zunächst das Prinzip erläutert; in einem umfangreichen Appendix findet man detailliertere Beschrei-

bungen einschließlich verschiedener Formeln und Hinweise auf die verfügbaren Computerprogramme.

Der bisher geschilderte Teil ist das Herzstück des Buches. Er beginnt allerdings erst auf Seite 182. Davor hat der Autor fünf einführende Kapitel gestellt. Zunächst geht es um Wissenschaftstheorie und Biophilosophie, gefolgt von einem umfangreichen Kapitel, in dem unter anderem auf die Problematik des Artbegriffs, auf den Prozess der Artbildung, auf Evolutionstheorie und Evolutionsmodelle eingegangen wird. Beides zusammen umfasst beinahe 100 Seiten und ist damit deutlich zu umfangreich geraten. Weitere 66 Seiten widmen sich den Merkmalen, die für die Erstellung von Stammbäumen verwendet werden. Sehr ausführlich wird auf eine Gewichtung von Merkmalen und auf das Homologisieren eingegangen. Unglücklicherweise ist dieses Kapitel zum Teil so kompliziert geschrieben (zum Beispiel bei der Erläuterung der Lesrichtungsbestimmung mittels Außengruppenvergleich), dass es selbst dann schwer zu verstehen ist, wenn man mit dem Thema eigentlich gut vertraut ist. Eine Neigung zu komplizierten Formulierungen zieht sich durch das ganze Buch und erschwert das Lesen, zumal erläuternde Grafiken und Beispiele ihren Zweck nicht immer erfüllen. Leider ist auch der Aufbau des Buches nur schwer nachvollziehbar. Am meisten hat mich hier verwundert, weshalb Prof. Wägele in seinem Kapitel zur Rekonstruktion der Phylogenese als erstes die sogenannte phänetische Kladistik abhandelt, obwohl er diese strikt ablehnt.



Inhaltlich nachteilig erschien mir, dass das Buch auf eine zusammenhängende Darstellung der traditionellen henningschen Methode ebenso verzichtet, wie auf einen Abriss der historischen Entwicklung der phylogenetischen Systematik. Abgesehen davon, dass dies angesichts der sonstigen Ausführlichkeit des Buches nicht so recht einzusehen ist, fehlt so die Grundlage, um die Probleme der modernen Phylogenetik und Prof. Wägeles Kritik an bestimmten Vorgehensweisen zu erfassen. Wer nun sollte sich dieses Buch zulegen? Jemand, der es zur Hand nimmt, um sich erstmalig über die Grundlagen der phylogenetischen Systematik zu informieren, wird es wahrscheinlich bald überfordert zur Seite legen. Lesern, die mit der Thematik bereits vertraut sind, sind die Kapitel über die Rekonstruktion der Phylogenese durchaus zu empfehlen, Systematiker schließlich sollten dieses Buch auf alle Fälle besitzen.

Karin Kiontke, Berlin

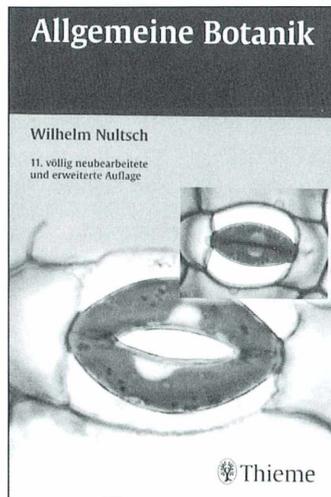
**Barth, F. G.: Sinne und Verhalten: Aus dem Leben einer Spinne.** Springer-Verlag, Berlin 2001, 424 Seiten, 325 Abbildungen und Tafeln, gebunden, DM 129,00, ISBN 3-540-67716-X.

Das Buch ist ein monographisches Werk über eine der größten Spinnen aus Mittelamerika, *Cupiennus salei*, die gelegentlich mit Bananenimporten nach Europa gelangt. Sie wurde in den vergangenen Jahrzehnten zu einem bevorzugten Studienobjekt für Neurobiologen und Verhaltenskundler; auch aus physiologischer und anatomischer Sicht ist sie wohl die am besten erforschte Spinne der Welt. Einführend wird die Entdeckungsgeschichte, die Ökologie, die Giftigkeit, die Verbreitung und die Verwandtschaft der Spinne behandelt. Der Autor schildert vor allem in verständlicher Sprache und mit unübersehbarer Begeisterung für seine Spinne die außerordentlich komplexen Verhaltensweisen, vielfach auch vergleichend mit Hinweisen auf andere Spinnenarten. Die Hauptkapitel handeln von den sensorischen Systemen – also den verschiedenen Sinnen und vom Nervensystem – aus morphologisch-physiologischer Sicht und vom Sinnesleben und Verhalten. Ausführlich werden die vielfältigen wissenschaftlichen Untersuchungen über Orientierung, Beuteerwerb, Biologie der Balz und über Laufen und Bewegungsphysiologie geschildert. Die Thematik reicht von der Verhaltensbeobachtung bis zum zellbiologischen Experiment, der Ultrastrukturforschung und der Biochemie. Das Werk zielt ganz offensichtlich auf zwei Lesergruppen: Auf verhaltenskundlich allgemein interessierte Laien und Biologen und auf neurophysiologische Fachwissenschaftler. Der biologisch interessierte Laie wird die verständliche Sprache bei der Schilderung allgemeinerer Passagen begrüßen; jedoch dürfte

mancher dieser Leser die außerordentliche Fülle an wissenschaftlichen Details als für ihn zu speziell empfinden. Für den Fachwissenschaftler ist das Buch jedoch in seiner monographischen Breite eine unentbehrliche Zusammenstellung des heutigen Wissens über die Physiologie der Webspinnen, beispielhaft an einer Modellart dargestellt.

Gerd Weigmann, Berlin

**Nultsch, W.: Allgemeine Botanik, 11. Auflage.** Thieme Verlag, Stuttgart 2001, 663 Seiten, kartoniert, DM 54,90, ISBN 3-13-383311-1.



Seit der ersten Auflage von 1964 wurde dieses bewährte, kurze Lehrbuch der Botanik immer wieder überarbeitet und mit aktuellem Wissen ergänzt. Die nun vorliegende 11. Auflage des Taschenlehrbuchs ist erstmalig vierfarbig gestaltet und gewinnt dadurch nicht nur an Übersichtlichkeit in Text und Darstellungen, sondern es macht auch mehr Spaß, die über 600 Seiten und 366 Abbildungen zu studieren. In 17 Kapiteln inklusive kurzer Zusammenfassungen werden die wichtigsten Aspekte der

Botanik gut strukturiert dargestellt. Neben strukturell-morphologischen Abschnitten zu den einzelnen Pflanzenteilen werden physiologische Themen, sowie Vererbung, Wachstum und Bewegung erläutert. Der „Nultsch“ ist nicht nur für Biologiestudenten eine ansprechende Selbstverständlichkeit, sondern kann auch mikroskopisch interessierten Laien als praktisches Nachschlagewerk dienen.

Renate Radek, Berlin

**Becker, K., John, S.: Farbatlas: Nutzpflanzen in Mitteleuropa,** 300 Seiten, 281 Farbfotos, DM 49,80, ISBN 3-8001-4134-5;  
**Blancke, R.: Farbatlas: Exotische Früchte, Obst und Gemüse der Tropen und Subtropen,** 286 Seiten, DM 49,80, ISBN 3-8001-3520-5;  
**Böhmer, B., Wohanka, W.: Farbatlas: Krankheiten und Schädlinge an Zierpflanzen, Obst und Gemüse,** 240 Seiten, DM 39,80, ISBN 3-8001-5209-8, alle Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1999, 2000.

Diese drei botanischen Farbatlanten (im gebundenen Taschenbuchformat) aus dem Hause Ulmer werden für jeden eine lohnende Anschaffung sein, der an der Thematik Nutz- und Zierpflanzen interessiert ist. Es handelt sich in erster Linie um Bestimmungswerke, die helfen, vermittels hervorragender Farbaufnahmen die entsprechenden Organismen systematisch zuzuordnen. Darüber hinaus werden aber auch wesentliche Fakten zu den biologischen Charakteristika der jeweiligen Pflanzen und deren Krankheiten sowie Schädlingen vermittelt. Insgesamt liegt eine gelungene Serie vor, die hoffentlich fortgeführt wird.

Wilhelm Wagner, Essen

# Aus den Arbeitsgemeinschaften

## Mikroskopische Gesellschaft Wien



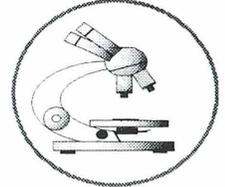
Programm  
Oktober bis Dezember 2001

- 2.10.: Dr. Susanne Steinböck: Reisebericht über China – 2. Teil (mit Dias)  
 9.10.: Herbert Fidi: Botanik (Präparationsabend)  
 16.10.: Dr. Karl Brantner: Süßwasseramöben (mit Dias)  
 23.10.: Dr. Hans Frey - Mag. Richard Zink: Monitoring (Überwachung) der Bartgeier (mit Dias)  
 30.10.: Friedrich Wertl: Botanik (Präparationsabend)  
 6.11.: Univ.-Lektor Dr. Ing. Wilhelm Bauer: Edelmetalle im Gebrauch außereuropäischer Völker (mit Dias)  
 13.11.: Herbert Csadek: Stevns Klint – auf der Spur des Chicxulub-Asteroiden (mit Präparaten von der Kreide-Tertiär-Grenzschrift; mit Film)  
 20.11.: Mag. Walter Ruppert: Histologie (Präparationsabend)  
 27.11.: Alfred Schultes: Mikrodias-Abend über die Entwicklung der Blüte  
 4.12.: OStR Prof. Erich Steiner: Mikropaläontologisches Material (Präparationsabend)  
 11.12.: Weihnachtsfeier

**Anmerkung:** Die MGW bietet gegen Porto- und Versandkostenersatz Lebendmaterial (*Euglena viridis* und *Paramecium caudatum*) an. Lieferzeit circa vier Wochen nach Bestellung.

Alle Vorträge und Kurse finden in den Räumen der Gesellschaft in Wien, Marinelligasse 10a an Dienstagen statt und beginnen um 19.15 Uhr. Gäste sind willkommen.

Kontaktadresse: OStR. Prof. Erich Steiner, A-1120 Wien, Alßmayergasse 11/6; Tel./Fax.: 01/813 84 46.



## Mikrobiologische Vereinigung – MBV – Im Naturwissenschaftlichen Verein zu Hamburg

Programm  
Juli bis Oktober 2001

- Planktongruppe  
 3.7.: R. Kröger: Diatomeenpräparation/  
 Nassveraschung und Präparateanfertigung  
 Sommerpause  
 4.10.: W. Steenbock: Diatomeen/Bestimmungs-  
 und Präparationsübungen

Mikrobiologische Vereinigung

- 28.9.: R. Kröger: Praktikum: Koniferennadeln/  
 Anfertigung von Mikropräparaten

Zu allen Veranstaltungen, die jeweils um 18.00 Uhr im Zentrum für Schulbiologie und Umwelterziehung – ZSU – (hinter dem Botanischen Garten in Klein-Flottbek, Hemmingstedter Weg 142 in 22609 Hamburg stattfinden, sind interessierte Gäste stets willkommen.

Ansprechpartner: Dr. Georg Rosenfeldt, Nigen-Ränge 3 b, D-22159 Hamburg, Tel.: 0 40/6 43 06 77.

## Freundeskreis Botanischer Garten Arbeitskreis Mikroskopie

Programm  
September bis Dezember 2001

- 17.9.: Hartmut Eckau: Brand- und Rostpilze  
 15.10.: Hartmut Eckau: Rinden und Borken  
 19.11.: Albert Peters, Adolf Lohr: Flachs  
 17.12.: Eckart Hillenkamp: Mikroskopie im Internet

Beginn der Arbeitsabende: 19.15 Uhr  
 Treffpunkt: Betriebsgebäude des Botanischen Gartens Köln, Raum 2.1, Amsterdamer Straße 34 (Zugang über den Wirtschaftshof), 50735 Köln (Riehl)  
 Gäste sind herzlich willkommen!

Kontaktadresse: Dr. Hartmut Eckau, Homburger Straße 10, D-50969 Köln, Tel.: 02 21/3 60 15 45.

## Anzeige

Unser Produktsortiment umfasst ca. 1500

Farbstoffe und Farblösungen in den verschiedensten Abpackungen.

Sie können alle Produkte im Internet unter [www.chroma.de](http://www.chroma.de) suchen und sofort bestellen

Jetzt downloaden: Katalog als Excel-Datei



Our product line covers about 1500 dyes and stain solutions in different packaging sizes.

All products can be found under [www.chroma.de](http://www.chroma.de) even under the English names and the users can order directly via our shop software.

Download catalogue as Excel-file.

# Mikro-Markt

**Neu**  
**Mikro-Markt Online**  
 Zum Kombipreis (Print + Online)  
 Anzeigenpreis plus 30% Online-Aufschlag  
 Nähere Infos unter [www.urbanfischer.de/journals/mikrokosmos/markt.htm](http://www.urbanfischer.de/journals/mikrokosmos/markt.htm)  
 oder Tel.: 03641/62 64 45

## Anzeigenschluß für die nächste Ausgabe (5/2001): 27.7.2001

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

Privat DM 3,50      Vorzugspreis für Abonnenten der Zeitschrift  
 Geschäftlich DM 5,-      (nur Privatanzeigen) DM 2,-  
 Chiffregebühr DM 10,-      Preise zzgl. gesetzlicher MwSt.

Senden Sie Ihren Anzeigenauftrag an:

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

Tel.: 0 36 41/62 64 45 · Fax: 0 36 41/62 64 21 · E-Mail: [s.schroeter@urbanfischer.de](mailto:s.schroeter@urbanfischer.de)

**LICHT INS  
 DUNKEL.  
 PRO RETINA.  
 ...UND SIE:**



**Konto-Nr. 54 800-605,  
 BLZ 500 100 60,  
 Postgirokonto Frankfurt.**

### Informationen:

PRO RETINA Deutschland e.V.,  
 Vaalser Str. 108, 52074 Aachen, oder  
 per Fax: 0241 / 87 39 61



FLÜGEL • KOHN STUTTGART

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

**Labormikroskope, Großfeld-Stereomikroskope,** mikroskopische Optik und Zubehör für die Mikroskopie liefern wir zu günstigen Preisen.

**R. Göke - Mikroskopie  
 Am Widey 7, 58095 Hagen,  
 Telefon + Fax 0 23 31/3 17 54**

**Verkaufe** diverse Sammler- u- auch Gebrauchsmikroskope zu günstigen Preisen. Tel. 05965/526.

**Verkaufe** Messmikroskop ULTRA LOMARA 250,- DM, ZEISS Standard Junior KF 950,- DM, Kursmikroskop, orig. verp. 800,- DM; div. **Messingmikroskope**. Tel. 030 / 4 31 59 09.

**Verkaufe „Mikrokosmos“** von Jahrgang 1954 bis 2000 einschließlich; teilweise gebunden. VB DM 500,- für Selbstabholer; Tel.: 0 68 21 / 7 17 54. E-Mail: [Wilh.Rein@t-online.de](mailto:Wilh.Rein@t-online.de)

# LOMO - Die vernünftige Alternative



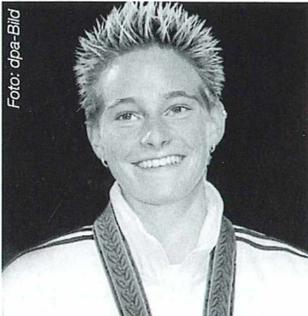
## Großes Zubehör Angebot:

- Neuer LED-Beleuchter 501 DM 120,-
- Köhler-Beleuchtung DM 330,-
- Zeichentubus DM 750,-
- Mono-Fototubus DM 350,-
- Trinokular DM 690,-
- Binokular DM 450,-
- Monokulartubus DM 95,-
- Kondensoren: Abbe, Kardioid usw. DM 350,-
- Diskussionstubus DM 290,-
- Okularschrauben-Mikrometer DM 330,-
- Phasenkontrasteinrichtung DM 650,-
- größtes LOMO Objektivangebot Deutschlands!



**BW = OPTIK**  
 DIREKTVERBAND LANGNER-VOSS  
 48683 AHAUS - BUSSARDWEG 19-B

Katalog: Inland DM 10,-  
 Ausland DM 20,-  
 Internet: [www.bw-optik.de](http://www.bw-optik.de)  
 Tel.: 02561/444562 Fax: 02561444561



**Yvonne Buschbaum**  
**Deutsche Meisterin 2000 im Stabhochsprung:**

**„Der Sport kann Kindern und Jugendlichen – vor allem in der ‚Dritten Welt‘ – sehr viel an Selbstbewusstsein und Selbstdisziplin vermitteln. Deshalb unterstütze ich die Fair-Life-Initiative von ‚Brot für die Welt‘ und möchte meinen Teil zum Gelingen der Aktion beitragen.“**

*Fair Play ist nicht nur ein Motto für den Wettkampf, sondern muss genauso für die Beziehungen zwischen den Ländern des Südens und Nordens (Fair Life) gelten. „Brot für die Welt“ unterstützt Projekte in der „Dritten Welt“, bei denen der Sport eine große Rolle spielt. Mit der Aktion „Fair Play for Fair Life“ greift „Brot für die Welt“ die Sportbegeisterung vieler (junger) Menschen auf und verbindet sie mit Themen wie Fair Play und internationale Verständigung, aber auch mit der weltweiten Kinderarbeit, mit Welthandel oder Gewalt und Rassismus.*

Fordern Sie an: Kostenlose Aktionszeitung „Fair Play for Fair Life“.

BROT FÜR DIE WELT, Postfach 10 11 42, 70010 Stuttgart, Postbank Köln 500 500-500 BLZ 370 100 50

**Brot**  
**für die Welt**

## Impressum

Herausgeber: Prof. Dr. Klaus Hausmann, Institut für Biologie/Zoologie, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Straße 1–3, 14195 Berlin, Telefon: 030/83 85 64 75, Telefax: 030/83 85 64 77, e-mail: [hausmann@zedat.fu-berlin.de](mailto:hausmann@zedat.fu-berlin.de); Redaktionsassistentin: Dr. Renate Radek, Telefon: 030/83 85 63 73, e-mail: [rradek@zedat.fu-berlin.de](mailto:rradek@zedat.fu-berlin.de)

Verlag: Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Löbdergraben 14a, D - 07743 Jena.

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

Anzeigenannahme und -verwaltung: Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Anzeigenleitung: Sabine Schröter, Löbdergraben 14a, D - 07743 Jena, Telefon: 03641/62 64 45, Fax: 03641/62 64 21.

Anzeigenleitung: Media-Service Tischler GmbH, Postfach 30 17 70, D - 10747 Berlin, Telefon: 030/801 10 18, Fax: 030/801 66 61.

Zur Zeit gilt die Anzeigen-Preisliste vom 1. 1. 2000.

Abo-Service und Vertrieb: Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Niederlassung Jena, Zeitschriftenvertrieb: Barbara Dressler, Löbdergraben 14a, D - 07743 Jena, Telefon: 03641/62 64 44, Fax: 03641/62 64 43.

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

Erscheinungsweise (2001): 1 Jahrgang mit 6 Heften.

Abo-Preise (2001): 118,- DM\*; Einzelheftpreis: 24,- DM\*; Vorzugspreis für Schüler, Azubis und Studenten: 79,- DM\*. \*Unverbindlich empfohlene Preise. Alle Preise zzgl. Versandkosten. Preisänderungen vorbehalten.

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

Bankverbindung: Deutsche Bank Jena, Konto-Nr. 390 76 56, BLZ 820 700 00 und Postbank Leipzig, Konto-Nr. 149 249 903, BLZ 860 100 90.

Copyright: Die Zeitschrift sowie alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, insbesondere die Einspielung, Verbreitung oder Wiedergabe in elektronischer Form (online/offline), bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlags.

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

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

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

pH-Wert neutralem, alterungsbeständigem Papier gedruckt.

Printed in Germany

© 2001 Urban & Fischer Verlag

Mitglied der  
 Deutschen Fachpresse



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

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

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

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

4. Bildvorlagen sind Farbdias (für die sw-Reproduktion) jeglicher Größe, kontrastreiche sw-Fotos und druckfertige Strichzeichnungen, Graphiken (vorzugsweise in tiefschwarzer Zeichentusche angelegt oder als Laserprint). 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 DM 50,- und Farbmikrofotos, die auf der Titelseite erscheinen, mit DM 100,-.

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

Mikrokosmos  
Heft 4/2001

1 (6)

510543  
Bibliothek des OÖ.  
Landesmuseums

Museumstraße 14  
4020 Linz

300229

tschrift für Mikroskopie

# MIKROKOSMOS

Die ... den der Biowissenschaften und vieler  
verwandter Nachbardisziplinen. MIKROKOSMOS ist im deutschsprachigen Raum die einzige und weltweit eine der  
ganz wenigen Fachzeitschriften, die über alle Aspekte der angewandten Mikroskopie in Ausbildung, Beruf und Hobby  
berichten. Jedes Heft bietet eine Fülle interessanter Themen - von Grundlagendarstellungen über neuere methodische  
Ansätze vor allem des lichtmikroskopischen Arbeitens bis hin zu Anregungen für die eigene Untersuchungspraxis.

URBAN & FISCHER  
Verlag für Medizin

## Mikrokosmos

Zeitschrift für Mikroskopie  
Mittlungsorgan für mikroskopische [Gesellschaften](#)

ISSN 0026-3680  
Gegründet 1907  
von der Deutschen Mikroskopischen Gesellschaft  
Publikationssprache: Deutsch  
2001: 90. Band (6 Hefte pro Band)  
Format: 170 mm x 240 mm

Kuesten: Mikroskopos

<a href="#">Charakteristik</a>	<a href="#">Anzeigensystem</a>	<a href="#">Beerbung</a>	<a href="#">Druckanfragen</a>
<a href="#">Interessenten</a>		<a href="#">Verfahrenswahl</a>	<a href="#">Medikafahrten</a>
<a href="#">Herausgeber</a>	<a href="#">Abstracts/Inhaltsplan</a>	<a href="#">ToC-Alert</a>	<a href="#">Micro-Market</a>
<a href="#">Bezugsanfragen</a>	<a href="#">Gesellschaften</a>	<a href="#">Ankündigungen</a>	<a href="#">Liste der Zeitschriften</a>

Suchen und Bestellen  
Arzte  
Medizinstudium  
Fachberufe  
Ganzheitsmedizin  
Pflege  
Zahnmedizin  
Nachschlagerwerke  
Neue Medien  
Journals/Zeitschriften  
Englisch  
German  
Eine Anzeigepartners  
Foreign Rights  
Presse  
Service  
Marketing-Service  
UR&F: Der Verlag  
Kontakt

Start Explorer - jwr/2001-4 FireHard 8.0 Leonardo Cyberatagang - Microsoft O. Urban und Fischer Medizin

Register for the free of charge ToC Alert Service at:

[www.urbanfischer.de/journals/mikrokosmos](http://www.urbanfischer.de/journals/mikrokosmos)

URBAN & FISCHER



©ejlott 2001

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mikrokosmos, Zeitschrift für Mikroskopie](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [90\\_4](#)

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: [Mikrokosmos 90\\_4 1](#)